



Versuche über die Automatie des Froschherzens.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde in der Medicin und Chirurgie,

welche mit Genehmigung der

hohen medicinischen Facultät

der

Vereinigten Friedrichs-Universität Halle-Wittenberg

zugleich

mit den beigefügten Thesen

öffentlich vertheidigen wird

am 27. März 1888 Vormittags 11 Uhr

Casimir von Lucowicz

aus Blumfelde W/Pr.



Referent: Herr Prof. Dr. **Bernstein**.

Opponenten: Herr Dr. med. **E. Schwabe**, pract. Arzt.

Herr **Lembeck**, pract. Arzt.



Halle a. S.

S. Schlesingers Buchdruckerei.

1888.

Imprimatur.

Halle a. S., den 13. März 1888.

L. Kraemer,

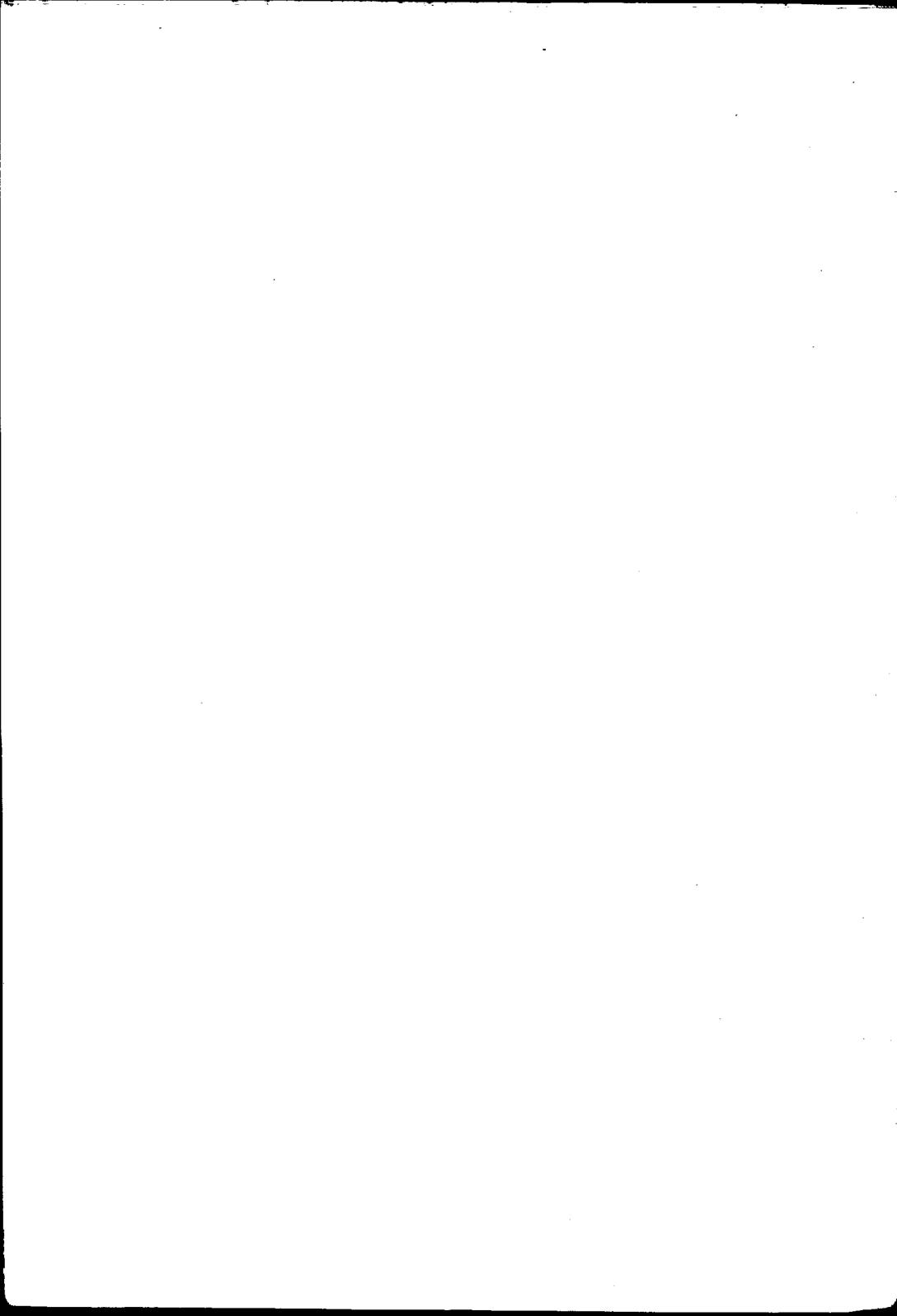
Dekan.

Seiner lieben Mutter

in Liebe und Dankbarkeit

gewidmet

vom Verfasser.



Versuche über die Automatie des Froschherzens.

Als von Bowditch¹⁾ die merkwürdige Thatsache gefunden wurde, dass die ganglienlose Herzspitze (ungefähr die unteren zwei Dritttheile der Herzkammer), die, nachdem sie von der ganglienhaltigen Basis getrennt, ohne eine Reizwirkung von aussen pulslos abstirbt, nach einer durch die Höhle geleiteten Lösung von Blutserum und Delphinin gruppenweise angeordnete Pulsation vollführte, so war mit diesem Befund ein neuer Weg angegeben, auf welchem man vielleicht Licht in das Dunkel der rhythmischen Contractionsform und Automatie des Herzens bringen könnte. Auf jenem Befund basirten die späteren Versuche anderer Forscher, wie Merunowicz,²⁾ Bernstein,³⁾ Aubert,⁴⁾ Ludwig und Luchsinger,⁵⁾ Loewit⁶⁾ und anderer,

¹⁾ Bowditch: Does the apex of the heart contract automatically? Journ. of phys. I. S. 104 f.

²⁾ Merunowicz: Ueber die chemischen Bedingungen für die Entstehung des Herzschlages. Arb. a. d. phys. Anst. zu Leipzig 1875.

³⁾ Bernstein: Ueber den Sitz der automatischen Erregung im Froschherzen. Ctrbl. f. d. med. Wiss. 1876. Nr. 22. S. 385.

⁴⁾ Aubert: Untersuchungen über die Irritabilität und Rhythmieität des nervenhaltigen und nervenlosen Froschherzens. Pfluger's Archiv für die gesammte Physiologie. B. 24. S. 357.

⁵⁾ Ludwig und Luchsinger: Zur Inervation des Herzens. Centrbl. f. d. med. Wiss. 1879. Nr. 23.

⁶⁾ Loewit: Beiträge zur Kenntniss der Inervation des Herzens.

die, wenn sie auch in einzelnen Dingen ihre Präparate modificirten, doch jene Beobachtung nicht nur bestätigen mussten, sondern auch noch andere Bedingungen für die Auslösung der Pulsationen jener aus dem natürlichen Zusammenhange gebrachten Herzspitze auffanden.

Die Versuche, welche jene Forscher an dem Froschherzen angestellt haben, betreffen theils den auf die Canüle aufgebundenen Ventrikel „die Herzspitze“ (Bowditch's Präparat), theils das nach Bernstein's Methode abgeklemmte Froschherz. Bowditch präparirte das Froschherz folgendermassen: Er schnitt den Ventrikel in seinem oberen Drittel durch, so dass die Atrioventricularganglien (Bidder'schen Ganglienhaufen) noch am Stumpfe blieben und band diese abgeschnittene Herzspitze auf eine Canüle, durch die die Höhle mit Flüssigkeit versehen werden konnte. Für manche Versuche vortheilhafter als dieses Präparat war die Abklemmungsmethode von Berstein. Dieser zerquetschte ungefähr in der Mitte die Muskelsubstanz der Kammer mit den Branchen einer feinen runden Pincette und hob so den leitenden Zusammenhang der Herzspitze mit dem nervösen Stumpfe auf. Denn der zerquetschte, jeder Erregung und Leitung baare Muskelring, der dem Resultate nach gleich einem Schnitte ist, bot noch den Vortheil, dass, indem er die Herzspitze mit dem Stumpfe verband, an demselben Objecte das Verhalten des nervenlosen im Vergleich mit dem nervenhaltigen Herzen beobachtet werden konnte, und dass der natürliche Blutstrom in der Herzkammer nicht unterbrochen wurde.

Als dritte Modification könnte man das Präparat wie es Loewit nur allein zu seinen Versuchen gebraucht, erwähnen. Dieser Autor trennte, um ein grösseres ganglienloses Herzpräparat wie Bowditch's Herzspitze zu bekommen, den Ventrikel knapp unter der Ventrikelfurche vom Vorhofe ab und

schnitt dann die Bidder'schen Ganglienhaufen aus. Man kann dieselben schon mit blossem Auge als weisslich schimmernde Gebilde, von denen jedes fast die Grösse eines Stecknadelkopfes hat, bemerken. Nach der Exstirpation dieser Haufen verharret die Spitze ebenfalls wie bei den oben angegebenen Präparaten in Ruhe.

Die von den verschiedenen Autoren aufgefundenen Bedingungen für die Entstehung des Herzschlages sind sowohl chemischer wie mechanischer, thermischer und electricischer Art. Je nach der Grösse der Reizeinwirkung ist oft nur eine jener Bedingungen, oft das Zusammenwirken mehrerer nöthig, um die Pulsationen der Herzspitze auszulösen. Abgesehen von der electricischen Reizeinwirkung wurden die drei anderen Bedingungen, die beim Durchfliessen verschiedener Flüssigkeiten in Betracht kommen können, von jenen oben genannten Autoren bei ihren Versuchen zum Gegenstand ihrer Beobachtungen gemacht, um aus dem Erfolg der einzelnen isolirten Reizeinwirkungen die Beschaffenheit der motorischen Apparate des ganglienlosen Herzmuskels zu ergründen.

Merunowicz constatirte durch eine grosse Anzahl von Versuchen, dass die Herzspitze zunächst beim Hindurchlassen einer 0,6%igen Kochsalzlösung schon nach kurzer Zeit eine Reihe von Contractionen machte, die allmählich nach fortgesetzter Durchspülung schwächer wurden und nach einiger Zeit bis zur Unmerklichkeit herabsanken. Liess er dann durch dieses „durch Salzlösung beruhigte“ Herz eine blutige Kochsalzlösung, die aus einem Theile frischen defibrinirten Kaninchenblutes und 4 Theilen 0,6% Kochsalzlösung bestand, hindurchlaufen, so wurde eine Gruppe von Contractionen ausgelöst, die sich bei jeder neuen Füllung mit jener Mischung wiederholten. Niemals aber begannen die Contractionen so-

gleich nach der Füllung der Spitzenhöhle mit blutiger Kochsalzlösung, sondern es verging zwischen der Füllung und dem ersten freiwilligen Schläge stets ein Zeitraum von 10—60 Minuten, den der Autor die „Stille“ nannte.

Jenes Ergebniss veranlasste ihn zu folgender Annahme: „In dem Bereiche der Herzspitze sind ebenso gut wie in dem des Vorhofes und der unmittelbar an der Quersfurche gelegenen Kammertheile automatische Erreger des Herzschlages enthalten.“

Die mannigfachen Abweichungen in dem Verhalten der abgeschnittenen Spitze und des Herzstumpfes, die nach seiner Annahme sich grundsätzlich nicht von einander unterscheiden sollten, sucht er so zu erklären: „Man könnte entweder zu glauben geneigt sein, dass zwar die Herzspitze nach dem Abschneiden mit der vollen Befähigung zum selbständigen Schläge begabt sei, dass aber die in ihr vorhandene Leistungsfähigkeit durch den Act des Abschneidens unterdrückt werde. Die Dauer der Stille würde demgemäss die Zeit angeben, während welcher der in der Schnittfläche hervorgerufene Zustand befähigt sei, die in der Herzmasse entwickelten Anregungen niederzuhalten. Bei der Abwesenheit eines ernährenden Stoffes könnte möglicherweise diese Zeit genügen, um irgend welches Stück der Kammer zum Absterben zu bringen, was bei der Anwesenheit der blutigen Kochsalzlösung vermieden wird.“ Oder: „Man könnte annehmen, dass in dem abgeschnittenen Ventrikel die Befähigung zum freiwilligen Schlagen nur latent enthalten sei, wesshalb er, um sie zur vollen Entwicklung zu bringen, erst einer Reihe von chemischen Aenderungen bedarf, welche unter anderem durch die blutige Kochsalzlösung herbeigeführt werden könnte.“

Der Ansicht dieses Forschers, der in der Spitze automatische Erreger des Herzschlages und für die Entstehung

desselben nur chemische Bedingungen annahm, steht die von Bernstein gegenüber.

Bernstein machte, um zu unterscheiden, ob unter „möglichst normalen physiologischen Bedingungen“ eine automatische Erregung der Herzspitze vorhanden, seine Versuche an der durch die Branchen einer feinen Pincette unterhalb der Atrioventricularganglien abgeklemmten Froschherzspitze am lebenden Thiere. Nach der Operation verhartete die Spitze in Ruhe und es konnte selbst im Verlaufe von 1—2 Tagen keine Pulsation wahrgenommen werden, trotzdem die noch vorhandenen regelmässigen Contractionen der Vorhöfe und des Ventrikelstumpfes die Höhle der Spitze immerwährend mit einer genügenden Menge sauerstoffreichem Blutes vollfüllten.

Dieser Beobachtung gemäss glaubte Bernstein annehmen zu müssen, dass „unter normalen physiologischen Bedingungen in der Herzkammer des Frosches keine automatische Erregung stattfindet.“ Ebenso seien auch jene Pulsationen, die durch Kochsalz mit Blutserum hervorgebracht würden keine automatischen, sondern nur Contractionen, die durch continuirlich auf gewisse motorische Apparate des Herzmuskels wirkende chemische Reize gelöst werden.

Anderer Ansicht dagegen war Aubert, der seine Versuche an einem nach Bernstein's Methode abgeklemmtem Froschherzen machte. Um Flüssigkeiten hindurchlaufen zu lassen, band er in die Vena cava inferior eine Glasröhre nach dem Herzen zu ein, ebenso eine in die linke Aorta, um den hineingegossenen Flüssigkeiten einen Abfluss zu lassen. Die Aorta dextra und die beiden Venae cavae superiores unterband er.

Beim Durchlassen von Salzwasser und verdünntem Blutserum konnte er nicht nur die Versuche von Merunowicz bestätigen, sondern auch ausserdem noch constatiren, dass farbloses reines centrifugirtes Serum, die durch die oben-

genannten Flüssigkeiten hervorgerufenen Contractionen sogleich unterdrücke. Ebenso blieb auch die Spitze in Ruhe, wenn gleich nach der Abklemmung, ohne vorher die nicht pulsirende Herzspitze durch 0,6%ige Kochsalzlösung zur Contraction zu bringen, reines centrifugirtes Serum hindurchgelassen wurde.

Da also das Serum und das normale Blut keine Contractionen der nervenlosen Spitze hervorbringen können, die Herzmuskulatur aber nach 0,6% Kochsalzlösung doch rhythmischer Bewegungen fähig ist, so muss es nach Aubert „Bedingungen geben, unter denen der nervenlose Herzmuskel rhythmisch pulsirt und Bedingungen, unter denen er, ohne pulsationsfähig zu sein, nicht pulsirt.“

Aubert nimmt also Pulsations- und Hemmungsbedingungen an. Letztere glaubt er deshalb annehmen zu müssen, weil er für den eigentlichen normalen Zustand der Herzmuskulatur die rhythmischen Contractionen hält.

Gegen Aubert's Ansichten tritt entschieden Loewit auf. Zuerst verwirft er die von ihm aufgestellte Hemmungstheorie einzelner Flüssigkeiten und nimmt an, dass Ruhe der eigentlich normale Zustand der Herzmuskulatur sei, der durch das normale Blut, sowie durch das diesem gleiche Serum nicht geändert wird, dass aber durch erregende Flüssigkeiten, wie die von Gaule¹⁾ angegebene alkalische Kochsalzlösung, also Flüssigkeiten, die einen Reiz auf den Muskel ausüben, Contractionen herbeigeführt würden.

Zu seinen Versuchen gebrauchte er das von ihm modificirte Präparat, wie es vorher beschrieben ist. Er band die Spitze auf eine neusilberne Canüle, die die Form eines

¹⁾ Gaule: Die Leistungen des entbluteten Froschherzens. Phys Inst. z. Leipzig. S. 291 ff.

^b
└^c
^a Röhres hatte, am Schenkel *a* fest. Die beiden anderen Schenkel konnten abgesperrt werden. Der Schenkel *b* war mit einem Manometer in Verbindung, um den Druck der in der Kammerhöhle gelassenen Flüssigkeit zu bestimmen und graphisch zu messen, während *c* mit einer Spritze in Verbindung stand, aus der Flüssigkeit in die Ventrikelhöhle gelangen konnte.

Als Flüssigkeit gebrauchte er also die von Gaule angegebene alkalische Kochsalzlösung (0,005 NaHO auf 100 cm NaCl), weil Gaule den bestimmten Nachweis geführt hatte, „dass das wirksame Princip der blutigen Kochsalzlösung (Merunowicz), des Blutserums und des von Stiénon¹⁾ angewandten Gemenges von Na²CO³ und NaCl auf den ganglienfreien Herzmuskel in seinem Alkaligehalte begründet sei.“

Die durch die alkalische Kochsalzlösung hervorgerufenen Erscheinungen lassen sich in zwei Abschnitte zerlegen.

Im ersten Stadium begann nach der Einwirkung der Flüssigkeit die Contractionsfähigkeit des Herzmuskels allmählich zu steigen, bis sie einen gewissen Höhepunkt erreichte, um dann in dem zweiten Stadium wieder allmählich abzunehmen, vollständig aufzuhören, so dass also die Muskelfasern als abgestorben zu betrachten waren.

Die allmählich zunehmende Contractionsfähigkeit controlirte er durch Hinzunahme von mechanischen und electrischen Reizen, da sie sich durch den alleinigen Reiz der alkalischen Kochsalzlösung kaum genau bestimmen liess. Denn während im Anfange des Versuches die Flüssigkeit noch keine Contraction hervorrief, so konnte er doch schon in dieser Zeit bei Einwirkung eines kurzdauernden mechanischen und elec-

¹⁾ Stiénon: Die Betheiligung der einzelnen Stoffe an der Erzeugung des Herzschlages.

trischen Reizes eine Reihe von Pulsationen auslösen. Längere Einwirkung der alkalischen Flüssigkeit steigerte die Erregbarkeit des Herzmuskels so sehr, dass die dann auftretenden Contractionen vollständig spontan zu sein schienen. Nach dieser Spontanität der Pulsationen, dem Höhepunkt der Erregbarkeit, treten die Erscheinungen in das zweite Stadium, in das des allmählichen Absterbens der Muskelfasern, so dass die Erscheinungen in umgekehrter Reihenfolge wieder verschwinden.

Zu erwähnen wäre noch die Arbeit von Ludwig und Luchsinger,¹⁾ die ihr Augenmerk besonders auf die Einwirkung des Füllungsdruckes und der Temperatur der durchfliessenden Flüssigkeit richteten. Dazu veranlasst wurden sie durch die Beobachtung, dass diese beiden Momente von den früheren Forschern fast gar nicht berücksichtigt wurden, weil man einzig und allein den chemischen Einflüssen das Auftreten der Pulsationen der Herzspitze zuschrieb.

Sie banden bei ihren Versuchen die abgeschnittene Herzspitze auf Kroneckers²⁾ doppelläufige Perfusionskanüle, die eine freie Circulation in der Herzspitze gestattete. Eine verdünnte Salzlösung als indifferente Flüssigkeit diente ihnen zur Durchleitung.

Das Resultat ihrer Untersuchungen entsprach vollkommen ihren Erwartungen. Denn die Pulsationen begannen immer erst bei einem Drucke von 5 cm, meist jedoch nicht unter 20 cm Wasser, die nach erhöhtem Drucke frequenter wurden, um wiederum bei abnehmendem langsamer zu werden und völlig zu verschwinden. Kurz, mit dem Wechsel des Druckes wechselt die Pulszahl in gesetzmässiger Weise.

Die Verfasser sagen: „Auch an der isolirten Herzspitze

¹⁾ Litt. vorne.

²⁾ Kronecker: Das charakteristische Merkmal der Herzmuskelbewegung. Beitr. z. An. d. Phys. Leipzig. 1874.

steigt die Pulszahl mit zunehmender Spannung, auch an der einfachen Muskelfaser zeigt sich der erregende Einfluss des Druckes.“

Da nun die mechanischen Momente beim Hindurchleiten der indifferenten Flüssigkeit eine wesentliche Rolle spielte, so glaubte man dieses einfache Princip auch auf die Füllungsflüssigkeiten anwenden zu müssen, die in richtiger Mischung zugleich ernährend und erregend wirken sollten, wie sie Merunowicz angewandt hatte.



Das Resultat dieser Versuche ergab, dass die Pulsationen, auch wenn der Druck vollständig aufgehoben wurde, zwar langsamer wurden, aber doch erhalten blieben. Mithin könnte Merunowicz's Erscheinung nicht als blosses Druckphänomen angesehen werden, sondern es müsste ausser dem mechanischen noch ein in der Flüssigkeit enthaltener chemischer Reiz vorhanden sein. Beide Forscher haben ausserdem noch den Einfluss gleicher Flüssigkeiten bei verschiedener Temperatur untersucht und constatirten, dass auch die Wärme eine Erhöhung der Reizbarkeit zur Folge hat, indem stets nach Flüssigkeiten von höherer Temperatur eine grössere Anzahl von Pulsationen an der Herzspitze erfolgten.

Stellt man die Resultate der Versuche jener genannten Autoren zusammen, so ist es jedenfalls ein äusserer Reiz der die scheinbar automatischen Pulsationen der ganglienlosen Herzspitze hervorbringt. Ob nun der erregende Einfluss des Druckes, wie es Ludwig und Luchsinger annimmt, oder ob die chemischen Reize einzelner Flüssigkeiten bei der Auslösung der Pulsationen die Hauptrolle spielen, ist von der Flüssigkeit selbst abhängig. Beide Momente wirken jedenfalls oft aber zusammen.

Es scheint nach diesen von so vielen Autoren, gerade auch in Bezug auf die Bedingungen für die Entstehung des

Herzschlages gewonnenen Resultate fast überflüssig, die Untersuchungen in dieser Richtung noch einmal aufzunehmen. Allein es kann die Hoffnung nie ausgeschlossen werden, dass durch Aufstellung neuer Gesichtspunkte einer schon als wahr erkannten Hypothese neue Stützen geliefert werden. Deshalb wurden auf die gütige Aufforderung meines verehrten Lehrers, des Herrn Professor Bernstein, die Untersuchungen an der abgeklemmten Froschherzspitze noch einmal vorgenommen. Diese stellen theils eine Controle der bisherigen Untersuchungen dar, theils aber sollen sie namentlich feststellen, ob der Druck der normalen Blutcirculation unter dem Einfluss der Merunowicz'schen Lösung Pulsationen der abgeklemmten Herzspitze hervorbringen kann und wie weit man dem mechanischen Reize des Druckes die Auslösung desselben zuschreiben kann. Versuche an Präparaten, wie sie bei den letzten Experimenten verwandt worden sind, sind noch nicht angestellt worden, sind aber vielleicht ganz besonders geeignet, Aufschlüsse über die vorliegende Frage zu geben.

Es kam uns zuerst nur darauf an, die Aubert'schen Versuche zu wiederholen und zu modificiren. Ausserdem ist bei allen früheren Versuchen nur Säugethierblut angewendet worden. Da dieses aber nicht als adäquate Ernährungsflüssigkeit wie das Froschblut angesehen werden kann, so wurden einzelne Versuche ausschliesslich unter Anwendung von verdünntem und reinem defibrinirtem Froschblut ausgeführt.

Anordnung der Versuche.

Als Untersuchungsobject diente ausschliesslich das Herz von
rena esculenta.

I. Versuch.

Ein lebender Frosch wurde auf den Rücken angebunden. Nachdem das Herz freigelegt, wurde aus der Aorta dextra das Blut aufgefangen und defibrinirt. In die Vena cava inferior wurde sodann eine Kanüle hineingeschoben und darin festgebunden. Darauf wurde die Ventrikelspitze mit den Branchen einer feinen Pincette ungefähr zwischen den 1. und 2. Drittheil während der Diastole abgeklemmt. Die Cava superior und Aorta sinistra wurden unterbunden.

Die Operation begann 9 Uhr 45 Minuten und war um 10 Uhr 10 Minuten beendet. Der Vorhof und der obere Theil des Ventrikelstumpfes pulsirten wie gewöhnlich, die Herzspitze stand still.

Es wurde nun eine 0,6 %ige ClNa-Lösung unter einem Drucke von 6 cm in die Vena cava hineingelassen, so dass die Flüssigkeit aus der angeschnittenen Aorta wieder herausfloss, worauf die Ventrikelspitze zu pulsiren begann, aber mit einem andern Rhythmus, wie Vorhof und Ventrikelstumpf. Die Pulsationen, die Anfangs stärker wurden, nehmen dann allmählich ab und um 11 Uhr trat bereits ein Stillstand aller drei Theile ein.

Nun wurde eine Lösung von Kochsalz mit defibrinirtem Froschblute hindurchgelassen, worauf bereits nach 1 Minute sehr schwache Pulsationen aller Theile des Herzens auftraten, die allmählich stärker wurden.

II. Versuch.

Die Operation glich der vorigen, begann 10 Uhr 55 M. und wurde 11 Uhr 10 M. beendet. Die Herzspitze stand still. Der Vorhof und Ventrikelstumpf machten 11—12 Pulsationen in 1 Minute.

Es wurde unter einem Drucke von 6 cm ungemischtes defibrinirtes Froschblut hindurchgelassen, wodurch sich der Zustand des Herzens in Betreff der Pulsationen nicht veränderte.

Um 11 U. 25 M. wurde eine 0,6 %ige Kochsalzlösung hindurchgelassen. Der Vorhof und der Ventrikel pulsirten schneller. Die Herzspitze begann ebenfalls zu pulsiren, anfangs schwach und langsam um 11 U. 35 M. bereits schon 19 Schläge in 1 Minute, während der Vorhof 42 machte.

Nach weiteren 10 Minuten nahm dann die Zahl der Pulsationen der Herzspitze bis auf 14 ab, die des Vorhofs auf 20 in 1 M.

Um 12 U. 5 M. trat Stillstand der Herzspitze, um 12 U. 35 M. Stillstand des Vorhofs ein. Darauf wurde eine defibrinirte Froschblutkochsalzlösung eingefüllt. Schon nach 3 Minuten traten schwache Contractionen auf. Zuerst am Vorhof und Ventrikel und zwar 17 Schläge in 1 Minute, 2 Minuten später folgten Contractionen der Herzspitze, 5 Pulsationen in 1 M. Nach 10 Minuten wurden die Pulsationen kräftiger, in 1 Minute 16 : 6.

III. Versuch.

Die Herzspitze eines noch lebenden Frosches wurde abgeklemmt, worauf sie sogleich in Ruhe verharrete, während Vorhöfe und Ventrikelstumpf normal weiterschlugen. Der Frosch wurde darauf getödtet; die Aorten aufgeschnitten, die Vena cava inf. wurde auf eine Canüle gebunden, die mit einem von Coats und Ludwig beschriebenen Froschkymographion in

Verbindung stand. Die Vena cava sup. wurde darauf unterbunden und das Herz aus dem Körper entfernt.

Es wurde zuerst Kochsalz bis zum Beginn der Pulsationen der Herzspitze hineingelassen. Hierauf unverdünntes defibrinirtes Schweineblut. Der Stillstand der Spitze trat sogleich ein, die Contractionen der Vorhöfe wurden schwächer. Dieser Füllung folgte eine 0,6 %ige Kochsalzlösung, worauf die Spitze ihre Pulsationen wieder begann.

Als dann defibrinirtes Blut mit einem geringen Zusatz von 0,6 %iger Kochsalzlösung hindurchgelassen wurde, trat wiederum Stillstand ein.

Nach einer abermaligen Füllung mit Kochsalzlösung Contractionen, die bei einer Blutfüllung wieder verschwanden.

IV. Versuch.

Das Präparat ist dem vorigen gleich.

Die Herzspitze wurde durch eine hindurchgelassene 0,6 %ige Kochsalzlösung zum Schlagen gebracht. Als dann reines defibrinirtes Säugethierblut unter einem Drucke von 6 cm hindurchgeleitet wurde, blieb sie nach 4 Contractionen, die in grossen Intervallen auftraten, pulslos. Nach einer abermaligen Durchleitung von 0,6 %iger CNa-Lösung traten schon nach 2 Minuten schnell aufeinanderfolgende und kräftige Contractionen, 16 in 1 M. ein, die durch die Hindurchleitung einer Mischung von Blut mit sehr wenig 0,6 %iger Kochsalzlösung auf 3 Pulsationen in 1 M. reducirt wurden. Reines defibrinirtes Blut, das nach jener Mischung hindurchgelassen wurde, vollendete den Stillstand.

Ein nochmaliges Hindurchleiten obengenannter Flüssigkeiten in derselben Reihenfolge ergab dasselbe Resultat.

V. Versuch.

Der Frosch wurde getödtet, die Herzspitze abgeklemmt, so dass sie pulslos blieb. Die Aorten wurden eröffnet und

nachdem das Gefäßsystem blutleer geworden, eine Canüle in die Vena cava inferior eingebunden, die mit dem Kymographion in Verbindung stand. Es wurde zuerst eine Lösung von 5 Vol. Blut in 100 Vol. 0,6% ClNa-Lösung bei einer Höhe von 10 cm hindurch geleitet. Die Contractionen, die nach dieser Füllung entstanden, waren kräftig und schnell aufeinander folgend; der Vorhof und Ventrikelstumpf pulsirten 42 mal in 1 M. Die Spitze 23 mal.

Als dann der Druck vermindert wurde, verlangsamten sich auch die Pulsationen der Spitze und zwar bei einem Drucke von:

6 cm Druckhöhe	14	Pulsschläge
4 „ „	13	„
2 „ „	11	„
0 „ „	0	„
2 „ „	9	„
10 „ „	18	„

Es wurde darauf reines defibrinirtes Rinderblut hindurchgelassen, worauf bei allen Druckhöhen ein Stillstand des Herzens eintrat. Als hierauf eine 0,6%ige Kochsalzlösung hineingeleitet wurde, entstanden Pulsationen, die aber bei aufgehobenem Drucke ebenfalls verschwanden. Die Pulsationen begannen bei einer Druckhöhe von 4 cm. Dasselbe Ergebniss fand bei einer abermaligen Füllung von einer 5%igen Blutkochsalzlösung statt.

Hierauf wurde die Herzspitze in der Abklemmungslinie abgeschnitten und in die 5%ige Blutkochsalzlösung gelegt, worauf keine Contractionen erfolgten, trotzdem sie auf directe Reize reagierte.

Diese vorliegenden Versuche, die denen von Merunowicz und Aubert in Betreff des Präparates sowohl wie der zur Füllung angewendeten Flüssigkeiten gleichen, haben auch

ähnliche Resultate ergeben. In den zwei ersten Versuchen begannen nach einer Füllung von 0,6 %iger ClNa-Lösung die Pulsationen der abgeklemmten Froschherzspitze nach ungefähr 10 M., hielten 30 M. an, um dann wieder zu verschwinden. Beide von Merunowicz beobachteten Phänomene, die „Stille“ wie „das durch Salzlösung beruhigte Herz“ traten deutlich ein. Als dann nach jener ClNa-Lösung eine Lösung von defibrinirtem Froschblute und 0,6 %iger ClNa-Lösung durch die beruhigte Herzspitze hindurchgelassen wurde, entstanden wiederum ganz allmählich wachsend Pulsationen, die zwar nicht in ihrer schnellen Aufeinanderfolge, wohl aber an Kraft und Gesamtmenge der Contractionen, denen der reinen ClNa-Lösung gleichkamen. Die Druckhöhe war 6 cm.

Dem dritten und vierten Versuche liegt dasselbe Präparat zu Grunde. Statt der Blutkochsalzlösung wurde unverdünntes defibrinirtes Schweineblut hindurchgelassen. In beiden Fällen blieb die nach der Füllung von reiner Kochsalzlösung pulsirende Spitze pulslos. Die Druckhöhe war wie bei den ersten Versuchen 6 cm.

Der fünfte Versuch giebt lediglich Aufschluss über das Verhältniss der Druckhöhe zu der schnellen Aufeinanderfolge der Contractionen. Beide Theile verlaufen im gleichen Sinne, indem mit der abnehmenden Druckhöhe sich auch die Frequenz der Contractionen verminderte, bis dem aufgehobenen Drucke selbst ein Verschwinden der Pulsationen folgte. Dem allmählichen Erhöhen des Druckes folgten wiederum gleichmässig beschleunigte Contractionen. Dieses Verhältniss trat bei Füllungen mit reiner ClNa-Lösung und mit einer 5%igen Blutkochsalzlösung ein, während bei Anwendung von unverdünntem defibrinirtem Blute auch bei hohem Drucke keine Contractionen verursacht wurden.

Da die Herzspitze nervenlos sein soll, der Reiz zur Aus-

lösung der Contractionen also nur auf die Muskelsubstanz allein wirken müsste, so könnte man annehmen, dass die Pulsationen bis zur Beruhigung der Herzspitze, die nach einer Füllung von 0,6 %iger ClNa-Lösung erscheinen, nur durch den mechanischen Reiz der unter einem bestimmten Drucke einflussenden Flüssigkeit hervorgebracht werden, da sich dieselben bei abnehmendem Drucke allmählich vermindern, bei aufgehobenem auch vollständig verschwinden. Dass ferner die durch ClNa-Lösung beruhigte Spitze auch bei zunehmendem Drucke sich nicht mehr contrahirt, ist wohl nur eine Folge der Ermüdung der Muskelsubstanz. Dieselbe wird eben nur so lange contractionsfähig sein, bis sowohl die letzten Reste des nach der Abklemmung noch in der Spitze vorhandenen Blutes durch jene ClNa-Lösung ausgespült, als auch die in der Muskelsubstanz selbst noch enthaltenen Spannkkräfte aufgebraucht sind. Jene eingetretene Ermüdung wird durch eine 5 %ige Blutkochsalzlösung, die der Muskelsubstanz wieder Nährmaterialien hinzuführt, gehoben. Die Ruhe der Herzspitze nach einer Füllung von reinem defibrinirten Säugethierblute, in dem doch Nährmaterialien hinlänglich genug für die Muskelsubstanz enthalten sind, könnte wohl auf die Abwesenheit eines chemischen Reizes beruhen. Auch das defibrinirte reine Froschblut verhielt sich, wie der Versuch II zeigt, ähnlich dem defibrinirten Säugethierblute.

Nach den vorangegangenen Beobachtungen also besitzt eine Blutkochsalzlösung, welche aus defibrinirtem Froschblute hergestellt ist, dieselben Wirkungen, wie die aus den anderen Blutarten hergestellten. Es lag daher die Frage nahe, zu untersuchen, wie sich ein normales, durch 0,6 %ige ClNa-Lösung verdünntes, nicht defibrinirtes Blut der abgeklemmten Herzspitze gegenüber verhält. Diese Versuche können natürlich nur am lebenden Thiere ausgeführt werden,

bei welchem die Circulation des verdünnten Blutes erhalten bleibt.

VI. Versuch.

Einem lebenden Frosche wurde die Bauchvene blosgelegt, in dieselbe centripetal eine Canüle eingeführt, welche durch einen Gummischlauch mit einem Trichter im Zusammenhange stand, der eine 0,6%ige Kochsalzlösung enthielt. Das Blut des Thieres wurde also vermöge dieser Transfusion in eine verdünnte Blutkochsalzlösung umgewandelt. Damit der Blutdruck in den Gefässen durch jene Transfusion nicht vergrössert werde, wurde das periphere Ende der Bauchvene nicht unterbunden. Darauf wurde die Thoraxwand oberhalb der Einmündung der Vene in die Cava geöffnet und die Herzspitze abgeklemmt.

Die Beobachtung dieses so angefertigten Präparates ergab folgende Resultate. Der Ventrikelstumpf und die Vorhöfe pulsirten gleichmässig, die Herzspitze verharrte in Ruhe. Dieselbe blieb auch pulslos, als man durch Heben des Trichters und durch Zuklemmen der peripheren Oeffnung der Bauchvene den Druck in den Gefässen zu erhöhen versuchte. Nach einer Stille von $1\frac{1}{2}$ Stunden reagirte die Spitze kaum mehr auf mechanische Reize.

Diesen Versuchen folgten noch drei andere von gleicher Beschaffenheit. Beim Ersten schlug das Herz nach vollendeter Operation bei einer Füllung der Gefässe mit blutiger Kochsalzlösung 62 Mal in einer Minute. Die Herzspitze verharrte pulslos. Der zuführende Schlauch der 0,6%igen Kochsalzlösung sowie die periphere Oeffnung der Bauchvene wurden geschlossen. Nach 10 Minuten geschahen 4 Contractionen in einem Zeitraume von 2 Minuten, die aber wahrscheinlich von den krampfhaften Bewegungen des Frosches herrührten und durch die der Druck in den Gefässen um ein Bedeutendes erhöht sein

musste. Als dann die Klemme des zuführenden Schlauches abgenommen wurde, entstanden Contractionen und zwar 7 in 1 Minute. Die zufließende Kochsalzlösung hatte eine Druckhöhe von 20 cm.

Diesem Resultate entsprach auch der zweite Versuch. Im Kreislauf befand sich eine blutige Kochsalzlösung; die Vorhöfe und die Ventrikelbasis pulsirten in einer Minute 60 Mal. Die Herzspitze war pulslos. Das Gefäßsystem ungefähr normal gefüllt. Nach einer Stille von 15 Minuten wurde das Druckgefäß bis auf eine Höhe von 10 cm hinaufgeschoben und die Klemme des zuführenden Schlauches abgenommen. Es folgten während 10 Minuten keine Contractionen der Herzspitze. Als man den Druck um weitere 10 cm erhöhte, begannen nach 3 Minuten Pulsationen und zwar in einer Minute 5. Darauf wurde die Zuleitungsröhre abgeklemmt, worauf die Spitze sogleich still stand. Nach einer Stille von 5 Minuten wurde die Klemme wieder abgenommen und der Druck auf 25 cm gestellt. Es begannen bereits nach 1 Minute 7 Contractionen in 1 Minute. Nach einer Abklemmung des Schlauches trat wiederum Stille ein.

Der dritte Versuch glied den beiden obigen dem Präparate nach vollständig, nur dass die Abklemmung der Herzspitze dem Verdünnen des Blutes von der Bauchvene aus vorausging. Der Schlauch der zuführenden 0,6%igen Kochsalzlösung war mit einer Klemme versehen, die die Flüssigkeit nicht in Blutbahn gelangen liess. Ebenso war die Oeffnung der peripheren Bauchvene durch eine Klemme verschlossen. Die Herzspitze blieb nach der Abklemmung in Ruhe. Die zufließende Kochsalzlösung hatte eine Druckhöhe von 20 cm.

Als dann der Verschluss des zuführenden Schlauches abgenommen wurde, damit die Flüssigkeit in die Gefäße hineinströme und durch Füllung der Gefäße den Druck erhöhe,

begannen Contractionen der Herzspitze, die aber bald aufhörten, als man durch Abnahme der Klemme die periphere Bauchvene öffnete, um den Druck zu erniedrigen. Ein Wiederholen dieses Manövers ergab folgende Resultate.

1. Der ersten Oeffnung des Schlauches folgten schon nach 1 Minute Contractionen. Nach 10 Contractionen wurde der Schlauch verschlossen: die Spitze pulsirte noch 7 mal, um dann stille zu stehen.

2. Nach einer Pause von 10 Minuten wurde der Verschluss wiederum abgenommen. Es traten nach 2 Minuten Contractionen ein. Nach 15 Pulsschlägen wurde der Schlauch geschlossen: die Spitze pulsirte noch 13 Mal und stand still.

3. 10 Minuten Pause; darauf Oeffnung. Nach $1\frac{1}{2}$ Minuten Contractionen; Schliessung; darauf noch 14 Schläge und dann Stillstand.

Die Resultate der letzten vier Versuche stimmen im Allgemeinen überein. Unmittelbar nach der Abklemmung verharrt die Herzspitze in Ruhe, auch wenn eine blutige Kochsalzlösung, die doch bei Merunowicz's Versuchen die Pulsation der Herzspitze auslöste, das Gefässsystem anfüllte. Sie contrahirte sich mehr oder weniger energisch, sobald durch das Aufheben des die Kochsalzlösung zuführenden Trichters und durch Schliessung der peripheren Oeffnung der Bauchvene der Druck in dem Gefässsystem erhöht wurde. Die Frequenz der Contractionen nahm zu mit der Druckhöhe.

Es würde demnach eine Lösung normalen Blutes mit einer 0,6%igen ClNa-Lösung nicht dieselben Wirkungen hervorbringen, wie die durchgeleitete defibrinirte Blutkochsalzlösung, weil immer erst bei viel grösserer Druckerhöhung eine Pulsation der Herzspitze zu Stande kam.

Man könnte man ferner glauben, dass mit der Abklemmung eine Kraft verloren gehe, die je nach der Grösse des

abgeklemmten Stückes verschieden ist. Diese von der Gesamtkraft des Herzens abgesonderte wird auch eine Verminderung des Blutdrucks in den Gefäßen zur Folge haben müssen. Es könnte mithin nach der Abklemmung der mechanische Reiz des circulirenden Blutes auf die Herzwand, dem „als Spannung bei Druck“ schon Luchsinger eine wesentliche Rolle zugeschrieben hatte, ebenfalls so gering werden, dass er vielleicht nicht im Stande ist, selbst unter Mitwirkung der erregenden Blutkochsalzlösung, Contractionen der nervenlosen Herzspitze auszulösen. Sobald aber der verminderte Blutdruck in den Gefäßen künstlich durch eine transfundirte Flüssigkeit gehoben wird, so treten, da sich der erregende Einfluss des Druckes ebenfalls steigert, Pulsationen auf.

Um hierüber zu entscheiden, war es nothwendig, nach der Abklemmung den verminderten Blutdruck auf die normale Höhe zu bringen, um zu sehen, ob sich hierbei die Pulsationen schon einstellten.

Zu diesem Zwecke sind die folgenden Versuche angestellt worden, von denen die beiden ersten nur die Druckdifferenz zwischen dem normal functionirenden Herzen und den mit abgeklemmter Spitze bestimmen, die übrigen aber auch angeben sollen, ob die Pulsationen der Herzspitze durch den bis zur Norm erhöhten Blutdruck wieder erschienen.

Ein lebender Frosch wurde auf den Rücken gebunden; das Herz bloßgelegt und in die Aorta sinistra eine Canüle eingeführt, die durch einen mit kohlen saurem Natron gefüllten Schlauch mit einem Quecksilbermanometer des Froschkymographions in Verbindung gebracht war. Vorher wurde am Manometer ein kleiner Ueberdruck hergestellt.

Bei normalem Herzschlage zeigte die Quecksilbersäule auf der an dem Manometer angebrachten Scala während der Diastole einen Höhestand von 55 mm, während der Systole

von 60 mm. Die mittlere Druckhöhe ist also 57,5. Nach der Abklemmung, die den Stillstand der Herzspitze hervorbrachte, sank die Säule während der Diastole auf 50 mm und erreichte anfangs am Ende der Systole die Höhe von 52 mm, später die von 54 mm. Die Druckdifferenz in der Aorta bei normalem und abgeklemmten Herzen betrug also 2,5,5 mm. Da der Nullpunkt auf 46 mm war, so sank der Druck also um 48 Procent.

Nachfolgender Versuch ergab bei einem dem vorigen gleichen Präparate folgendes Resultat: Während der Diastole des normalen Herzens zeigte die Säule einen Höhestand von 80 mm, der auf der Höhe der Systole bis zu 90 mm stieg. Nach der Abklemmung fiel der Blutdruck bis auf 72 mm, während der Diastole und stieg bei der Systole bis zu 76 mm. Nach 10 Minuten war die Druckhöhe allgemein etwas gestiegen. D. 73 und S. 80 mm. Die Druckdifferenz ist also 2,8 mm. Der Nullpunkt war auf 50 mm. Es fiel also der Druck nach der Abklemmung um 22 Procent.

Um den Unterschied des Druckes vor und nach der Abklemmung auch graphisch aufzuschreiben, wurde bei folgendem Versuche, der dem Präparate nach den vorigen beiden gleich, auf die Quecksilbersäule des Manometers ein Schwimmer aufgesetzt, der die Druckdifferenz an eine berusste Trommel aufzeichnete. Nachfolgende graphische Tafel Nr. I giebt die Differenz an. Vor der Abklemmung betrug die mittlere Druckhöhe 16 mm, nach derselben 11 mm über den Nullpunkt. Die Druckverringerung betrug 5 mm, also fast ein Drittel der normalen Druckhöhe.

Es könnten daher die letzten Versuche für die Annahme sprechen, dass durch die Abklemmung der Spitze der mechanische Reiz zur Auslösung von Pulsationen verloren gehe. Denn in allen drei Versuchen ist die Differenz des Blutdruckes

zwischen dem normalen und abgeklemmten Herzen deutlich wahrnehmbar. Im ersten Falle beträgt sie 11 mm, im zweiten 16 mm, im dritten 10 mm. Die Druckdifferenz bei den einzelnen Versuchen wird natürlich schwanken, da sie von den verschiedensten Einflüssen wie z. B. von dem mehr oder minder bedeutenden Blutverlust oder von der verschiedenen Grösse des abgeklemmten Stückes abhängig sein muss.

Die jetzt folgenden Versuche haben, wie schon oben gesagt, den Zweck, zu untersuchen, ob der zur Norm erhöhte Druck Pulsationen der stillstehenden Herzspitze auslöse.

Das Präparat war folgendermassen ausgeführt:

Ein Frosch wurde aufgebunden, die Thoraxwand geöffnet und das Herz blosgelegt. Darauf wurde in die Aorta sinistra eine Canüle eingeführt, die durch einen mit 0,6 %iger ClNa-Lösung gefüllten Schlauch mit dem Quecksilbermanometer in Verbindung stand. Auf der Quecksilbersäule wurde ein Schwimmer aufgesetzt, um die Pulsationen und die Druckdifferenzen an einer berussten Trommel graphisch aufzuzeichnen. Um nun den Blutdruck in den Gefässen erhöhen zu können, wurde in die Bauchvene, wie bei den vorigen Versuchen, eine Canüle centralwärts eingeführt, vermittelt der ein Hinzuströmen von 0,6 %iger ClNa-Lösung ermöglicht und so der Blutdruck bis zum normalen wieder erhöht wurde.

Die nachfolgenden graphischen Tafeln II, III geben die verschiedenen Druckhöhen sowohl vor wie nach der Abklemmung der Herzspitze, als auch nach dem Zufließen der 0,6 %igen ClNa-Lösung. Messungen ergaben auf der ersten Tafel für die mittlere Druckhöhe vor der Abklemmung 11 mm, nach der Abklemmung 7 mm über den Null-Punkt. Die Differenz ist also 4 mm. Mithin ist der Druck um $\frac{1}{3}$ des Normalen gesunken.

Beim 2. Versuche ergab die Druckhöhe:

Vor der Abklemmung 7 mm

Nach der Abklemmung $4\frac{1}{2}$ mm

Differenz $2\frac{1}{2}$ mm

Die Abnahme des Druckes ist also $\frac{1}{3}$ des normalen.

In beiden Versuchen fiel, wie die graphischen Tafeln II und III zeigen, nach der Abklemmung die Druckhöhe ungefähr um $\frac{1}{3}$ des normalen Druckes. Jene offenbar ausgeschaltete Kraft, welche das Fallen des Druckes bewirkte, wurde dann künstlich durch Injectionen von 0,6 %iger ClNa-Lösung von der Bauchvene aus ersetzt, so dass die Curve nach der Abklemmung die des normal schlagenden Herzens an Höhe erreichte. Dennoch traten keine Pulsationen der Herzspitze ein, obwohl beide Factoren, der normale Druck und die blutige ClNa-Lösung vorhanden waren. Eine Erhöhung des Blutdruckes über die Norm, welche vielleicht in Folge der Vergrößerung des mechanischen Reizes Pulsationen hervorbringen könnte, gelingt bei diesen Versuchen nicht, weil durch die Ausschaltung der einen Aorta ein grosses Circulationshinderniss eintritt, welches, da sich das Herz nicht gut entleeren kann, natürlich eine zu grosse Ausdehnung des ganzen Herzens mit nachfolgender Erschlaffung und Stillstände zur Folge hat. Dieselben Erscheinungen treten auch schon bei einem normalen Herzen eines lebenden Individuums auf, wenn durch pathologische Prozesse ein grosses Gebiet ausser Circulation gesetzt wird.

Wenn man die Resultate sämtlicher Versuche kurz zusammengenommen betrachtet, so lässt sich daraus der Schluss ziehen, dass unbedingt an der Auslösung der Contractionen der abgeklemmten Herzspitze stets der mechanische wie der chemische Reiz gleichzeitig betheilig ist.

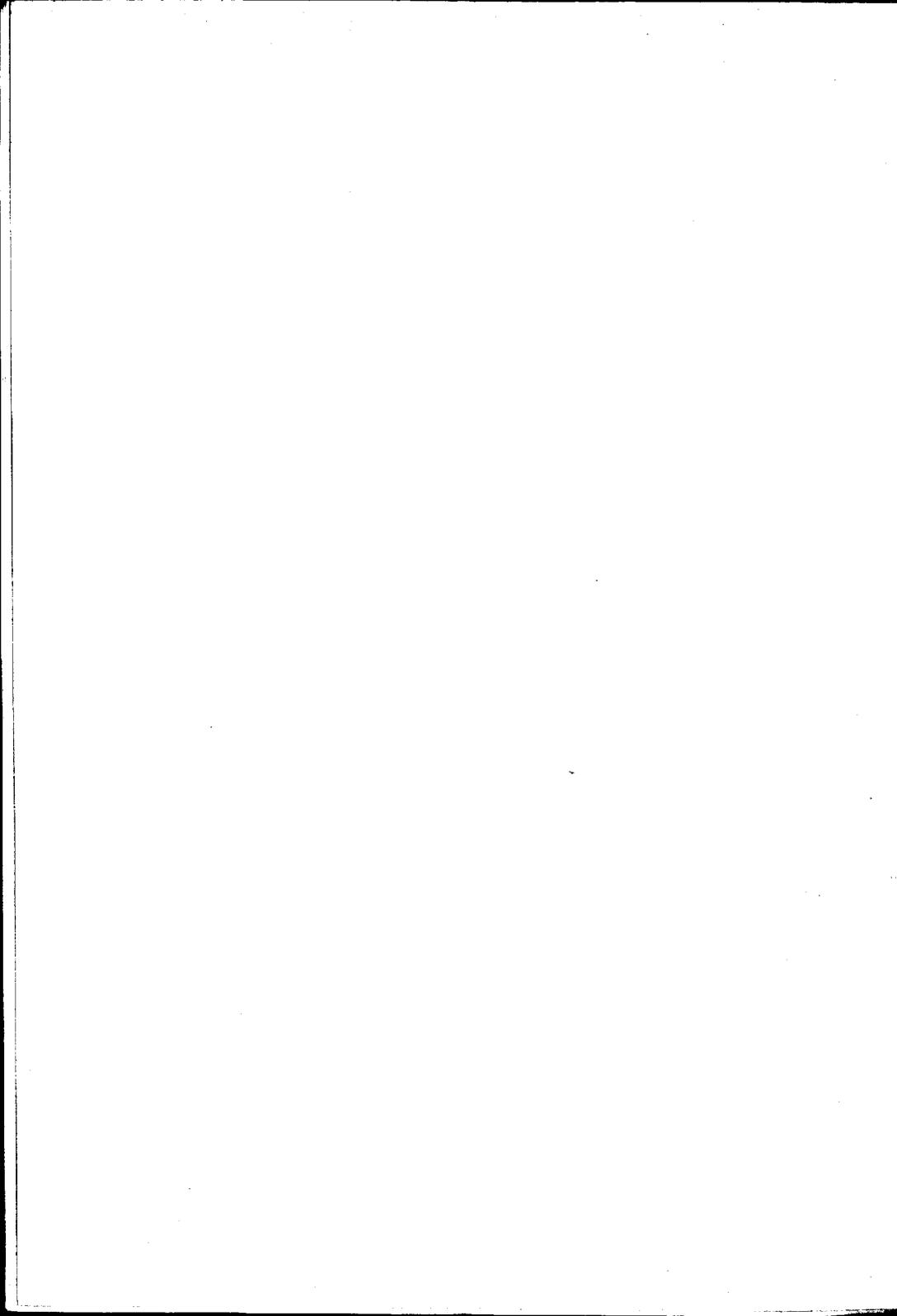
Die ersten fünf Versuche sprechen allerdings fast für

einen rein chemischen Reiz, da sich die durch 0,6%ige ClNa beruhigte Herzspitze nur nach einer Füllung von einer Blutkochsalzlösung contrahirte, während sie sich dem unverdünnten defibrinirten Blute jeder Art vollständig indifferent verhielt, obwohl die Höhe des zuführenden Druckgefässes nicht verändert wurde, der Druck der hindurchfliessenden Flüssigkeiten also immer derselbe blieb.

In den folgenden fünf Versuchen scheint dagegen der mechanische Reiz die wirkende Kraft zu sein, weil einerseits die Contractionen der Herzspitze erst beginnen, wenn ein bestimmter Druck in dem Gefässsystem herrscht, anderseits weil dieselben mit der veränderten Höhe des Druckes in gleichem Sinne zu oder abnehmen. Diese Wirkung, die bald nur die Folge eines chemischen, bald nur die eines mechanischen Reizes ist, ist aber nur eine scheinbar getrennte. Denn dass der chemische Reiz der Blutkochsalzlösung nicht allein wirken kann, zeigen die Versuche von V—IX, wo bei aufgehobenem Drucke keine Contractionen der Herzspitze eintreten.

Ebenso spricht der Stillstand der Herzspitze beim Hindurchfliessen von reinem defibrinirten Blute bei einer Druckhöhe, bei der eine Blutkochsalzlösung Contractionen auslöste, auch nicht für einen einfachen mechanischen Reiz. Den Resultaten der obigen Versuche nach zu schliessen, hätte also auch auf die Auslösung einer Contraction der normalen Herzmusculatur *intra vitam* weder der chemische noch der mechanische Reiz irgend welchen Einfluss, weil einerseits das unverdünnte defibrinirte Blut überhaupt keine Contraction der abgeklemmten Herzspitze, das mit einer Kochsalzlösung verdünnte normale Blut aber nur dann Contraction auslöst, wenn auf die Herzmusculatur ein Druck ausgeübt wird, der höher ist, wie der normale Blutdruck.

Am Schlusse meiner Arbeit sei es mir gestattet, Herrn Professor Dr. Bernstein für die Ueberlassung des Materials sowie für seinen Rath bei Abfassung dieser Arbeit meinen Dank auszusprechen.



Lebenslauf.

Verfasser, Adolph Theodor Casimir von Newlin-Lukowicz, Sohn des Rittergutsbesitzers J. von Lukowicz auf Blumfelde, Kreis Konitz in Westpreussen, wurde geboren den 22. Januar 1860 zu Blumfelde. Durch Privatunterricht vorbereitet, besuchte er dann das Gymnasium zu Konitz und Heiligenstadt, welches er zu Michaelis 1883 mit dem Zeugniß der Reife verliess.

Von da ab studirte er in Breslau, Halle, Berlin Medicin. Am 20. Juli 1885 legte er sein Tentamen physicum ab. Im Prüfungsjahre 1887/88 absolvirte er die medicinische Staatsprüfung.

Am 13. März 1888 bestand er das Examen rigorosum. Während seiner Studienzeit besuchte er die Vorlesungen, Kliniken und Curse folgender Herrn Professoren und Docenten:

Breslau: Biermer, Cohn, Fischer, Fritsch, Hasse, Heidenhain.

Halle: Ackermann, Bernstein, Bunge, Eberth, Graefe, Hitzig, Kaltenbach, Krause, Oberst, Ohlshausen, Pott, Solger, v. Volkmann, Weber, Welker.

Berlin: Bardeleben, Guttmann, Hirsch, Lewin, Mendel, Schroeder.

Allen diesen hochverehrten Lehrern sagt Verfasser hiermit seinen Dank.

Thesen:

I.

An der Auslösung der Ventrikelcontraction eines normalen Herzens intra vitam hat das durchfließende Blut keinen Antheil.

II.

Bei sehr heftigen Wehenschmerz ist auch bei sonst normalem Geburtsverlauf Chloroform anzuwenden.

III.

Bei Glaucom ist die Iridectomie der Sclerotomie vorzuziehen.



I.

Proe d. Abklemmung:

Abklemmung:

Einige Zeit nach d. Abklemmung:

O Brücke



II.

Proe d. Abklemmung:

Abklemmung:

Erholung d. Druckes:

O Brücke



III.

Erholung d. Druckes durch
Nachhaft.

Proe d. Abklemmung:

Abklemmung:

Anfang d. Curves →

O Brücke

10753