



Über  
die Entstehung des zweiten Herztones.

**Inaugural-Dissertation**

zur

Erlangung der Doctorwürde  
in der

Medicin, Chirurgie und Geburtshülfe,

welche

nebst beigefügten Thesen

mit Zustimmung der Hohen Medicinischen Fakultät  
der Königl. Universität zu Greifswald

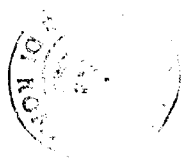
am

Dienstag, den 27. Februar 1894  
Mittags 12 Uhr

öffentlich verteidigen wird

**Friedrich Bode**

aus Greifswald.



Opponenten:

Herr Dr. med. Richter, pract. Arzt und Assistent am physiologischen  
Institut

Herr Doc. med. Anders.

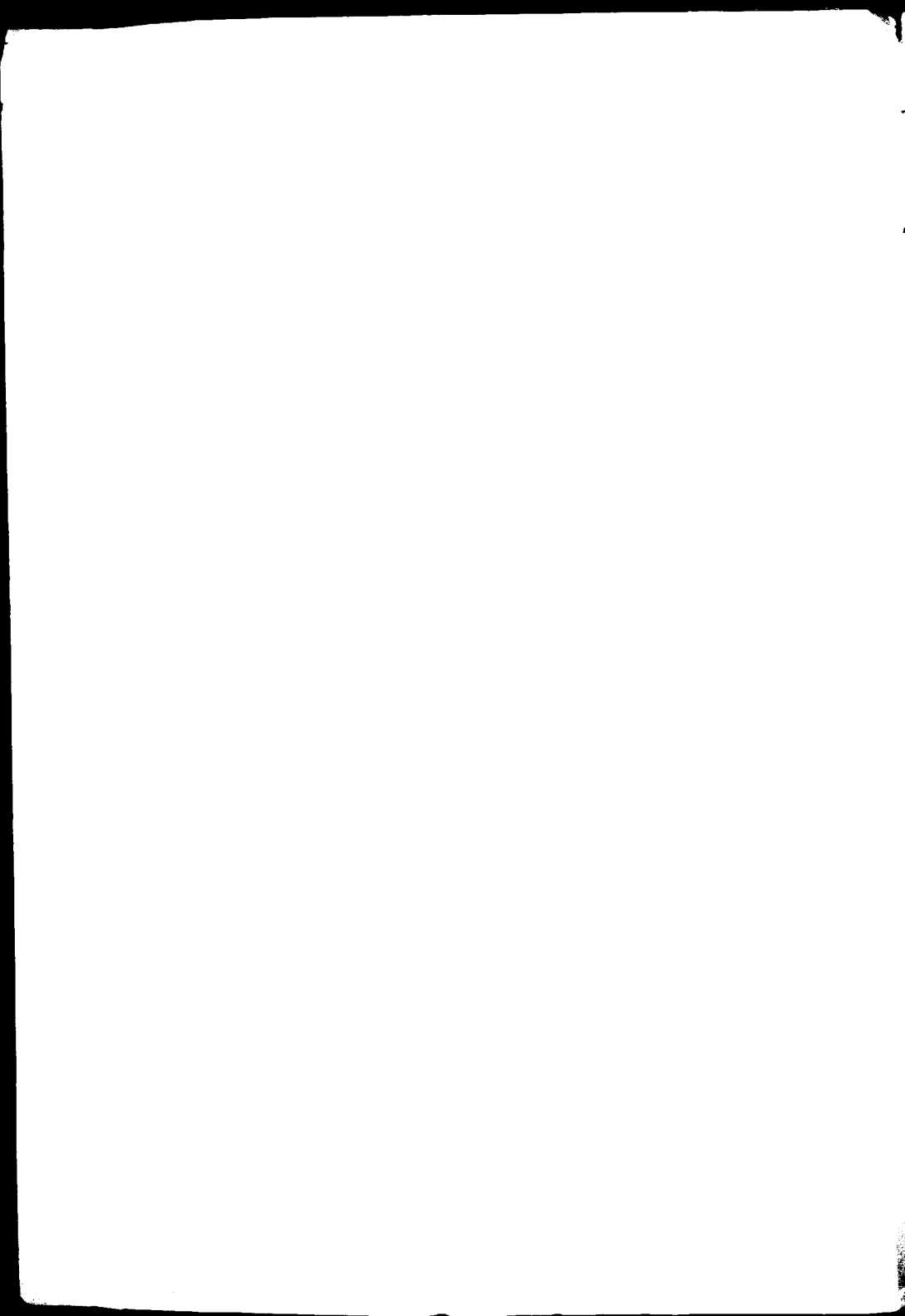
Herr Dr. jur. Fuhrmann, Referendar.



GREIFSWALD.

Druck von F. W. Kunike.  
1894.





Seinen  
teuren Eltern und Grosseltern

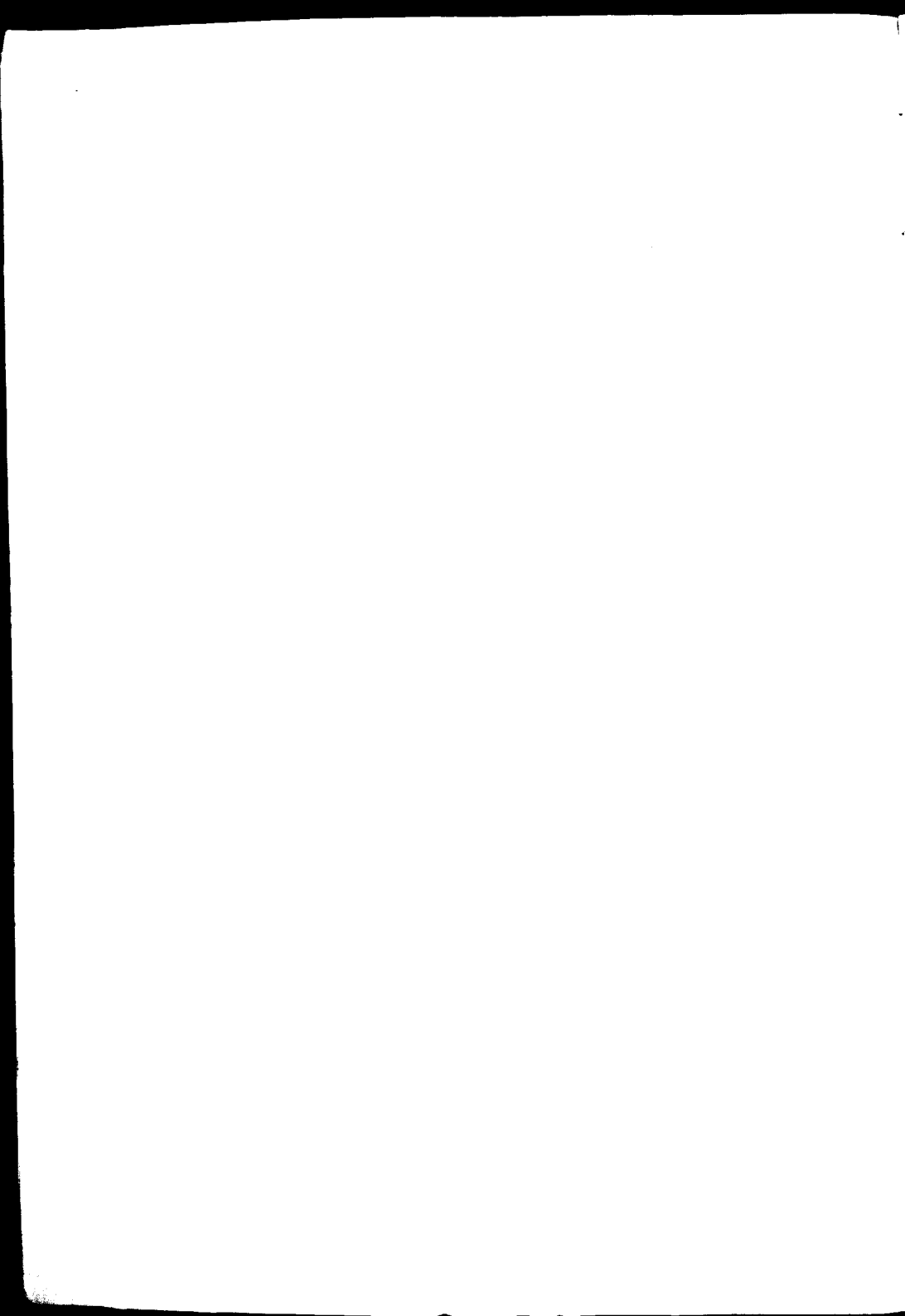
in

Liebe und Dankbarkeit

gewidmet

vom

Verfasser.



Die physiologischen Bedingungen, unter denen die einzelnen schallerregenden Schwingungen bei den normalen Herztönen zu Stande kommen, sind bei dem allgemeinen Interesse, welches diese akustischen Phänomene seit Einführung der Auskultation des Herzens und der grossen Gefässe für sich in Anspruch nehmen, mit besonderer Vorliebe ein Gegenstand für die Untersuchungen vieler namhafter Autoren der alten und neueren Zeit geworden. Vielfache Experimente finden sich in der Litteratur beschrieben und aus denselben im Zusammenhang mit einer Reihe klinischer Erscheinungen sind zahlreiche zum Teil sehr von einander abweichende Theorien abgeleitet, welche die Entstehung der einzelnen Herztöne mit den verschiedenartigsten Verhältnissen in Verbindung bringen. Um aus der Menge nur einiges herauszugreifen, machen einige z. B. den Stoss der Herzspitze gegen die Thorakalwand (Magendie), andere den Anprall der einzelnen Blutkörperchen gegen einander und gegen die Herzwandung (Hope, Piorry) oder die Spannung und Schwingungen der Klappen (Rouanet, Bouillaud) für die Genese der Herztöne verantwortlich. Bei allen Versuchen aber, welche die Erforschung der Herztöne zum Gegenstand haben, ist streng unterschieden, je nachdem es sich um den ersten oder zweiten der am schlagenden Herzen

wahrnehmbaren Töne handelt. Denn während der erstere etwas dumpfer, länger und um eine kleine Terz bis Quart tiefer ist, erscheint der zweite Ton heller, kürzer, klappend, sehr scharf abgesetzt und um einige Intervalle höher; und schon aus dieser Verschiedenheit des Eindruckes beim Auskultieren glaubte man von jeher auf ungleiche Bedingungen und wesentlich andere Verhältnisse ihres Entstehens schliessen zu dürfen.

Über die Ursache des ersten Tones entstanden im Laufe der Jahre zahllose, häufig recht unklare Ansichten, welche unter den Zeitgenossen z. T. weitere Verbreitung fanden, aber auch unmittelbar nach ihrem Bekanntwerden von den verschiedensten Seiten durch Aufstellung neuer Thesen bekämpft und widerlegt wurden, so dass durch diese Untersuchungen keine grössere Klarheit und kein weiterer Fortschritt konstatiert werden kann. Im Gegenteil, es folgte eine allgemeine Zersplitterung und Verwirrung der Anschauungen und erst die neueren eingehenden und vorurteilsfreien Untersuchungen von C. Ludwig und Dogiel, Williams, Bayer, Giese und Landois vermochten diesem Zustand ein Ende zu bereiten, indem durch sie als Hauptursache für den ersten Ton das bei der Contraktion der Ventrikel stattfindende Muskelgeräusch, verstärkt durch die im Moment der Ventrikel-Systole auftretenden Schwingungen der straff gespannten Atrioventrikular-Klappen und ihrer Sehnenfäden festgestellt wurde; Talma\*) will daneben noch den Schwingungen in der Flüssigkeit selbst einigen Einfluss zuschreiben.

---

\*) Arch. für d. gesammte Physiol. Bd. XXIII pag. 276.

Im Gegensatz zu der Vielseitigkeit und dem beständigen Wechsel der Anschauungen über die Entstehung des ersten Tones zeigt die historische Entwicklung der einzelnen über das Zustandekommen des zweiten Herztones aufgestellten Theorien einen viel ruhigeren Verlauf, eine viel grössere Consequenz und Gleichmässigkeit. Denn seit Anfang der 30. Jahre tritt die eine von Rouanet begründete und später von Bouillaud auf Grund klinischer Erfahrungen gestützte und erweiterte Theorie des „*claquement valvulaire*“ infolge des „*choc en retour*“ von Seiten des Blutes vor allen anderen in den Vordergrund, und sie, die bereits unter den Zeitgenossen viele Anhänger gefunden hat, wird noch heute in den neueren Lehrbüchern der Physiologie und physikalischen Diagnostik fast allgemein vertreten. Schon vor Rouanet war auf die Möglichkeit, dass der zweite Ton durch den Rückstoss der Blutsäule gegen die Semilunarklappen und die Spannung derselben bedingt sein könnte, von einzelnen Autoren (— Carswell, Billing und Bryan —) hingewiesen worden, jedoch ohne genügende positive Belege, und es blieb Rouanet vorbehalten, diese einzelnen theoretischen Anschauungen seiner Vorgänger durch das Experiment zu begründen. Im Jahre 1832 publizierte er die Ergebnisse seiner mannigfaltigen Untersuchungen in einer kleinen Schrift: „*Nouvelle analyse des bruits du coeur*“, welche bis zum heutigen Tage für die Lehre von der Entstehung des zweiten Herztones noch massgebend und grundlegend ist. Seine Arbeit besprechend äussert sich Bouillaud folgendermassen:

„que le choc, dans le sens qu'on l'entend ordinairement et qui résulte de la rencontre de deux corps, n'est pas la seule cause du

bruit des valvules. Des expériences nombreuses lui ont appris que toute membrane passant de la flaccidité à une distension subite, rend toujours un son, qui varie selon les circonstances. Sa force est en raison de celles qui distendent la membrane; son éclat augmente avec la finesse et l'inextensibilité du tissu qui la compose. La largeur, l'épaisseur, l'extensibilité de la membrane, rendent le son plus sourd. Le corps auquel elle est attachée influe aussi beaucoup sur les qualités du son, par son épaisseur, sa mollesse, son élasticité. Sous le rapport de leur texture et de leur jeu, les valvules auriculo-ventriculaires réunissent les conditions les plus favorables à la production du bruit; elles sont minces, résistantes, inextensibles; elles passent en un instant de la flaccidité la plus complète à une distension subite et violente, résultat de l'impulsion du sang et de la traction des nombreux tendons qui, de leur bord ou de leur face ventriculaire, vont s'attacher au sommet de plusieurs colonnes charnues. Par conséquent, soit que nous considérions dans les valvules une surface qui va brusquement heurter contre une autre surface, soit que nous y voyions une membrane éminemment sonore, soumise à une tension forte et instantanée, nous serons forcé de convenir que là il doit y avoir un bruit perceptible à l'oreille.\*)

Um nun direkt zu beweisen, dass der zweite Herzton durch den Rückstoss der Blutsäule bedingt ist, stellte Rouanet folgenden Versuch an:

„J'ai lié la portion de l'aorte qui se trouve audessous des valvules sigmoïdes, autour d'un tube de verre de près d'un pouce de diamètre, et de deux ou trois pouces de longueur, aboutissant inférieurement à une vessie également fixée autour de lui et pleine

\*) Citirt nach Bouillaud; Traité clinique des maladies du cœur Bd. I. Paris 1841. pag. 128 129., da das Rouanet'sche Original „Nouvelle analyse des bruits du cœur“ sowohl hier, als auch in der Königlichen Bibliothek zu Berlin nicht vorhanden ist.

d'eau. La portion du tronc artériel supérieure aux valvules a été fixée à l'extrémité inférieure d'un second tube de même diamètre et de plus de quatre pieds de hauteur, afin de pouvoir compenser, par l'élévation de la colonne liquide, les forces d'impulsion qui existent dans l'état naturel, soit de la part du sang, soit de la part des artères et des parties, qui les avoisinent. Alors, saisissant l'appareil au niveau des valvules restées libres, et l'appliquant contre mes oreilles de manière qu'il n'en fut séparé que par les phalanges des doigts, j'imprimais de la main gauche, des compressions subites à la vessie, j'imitais, autant qu'il m'était possible, les battements du coeur par la quantité de liquide que je faisais passer à chaque coup dans le tube supérieure, et par l'intermittence d'action que j'exerçais sur la vessie; à l'instant où mes doigts, qui venaient d'imprimer une compression subite à la vessie, s'écartaient pour laisser redescendre le liquide, un choc très marqué venait frapper mon oreille; il se faisait entendre aussi souvent que je répétais la compression de la vessie. Sa force était en rapport avec la hauteur de la colonne liquide; il était très analogue au second bruit du coeur. Je dis analogue et non pas semblable. Personne assurément ne comptera trouver ici une ressemblance parfaite, puisque les conditions sont si différentes. Il manque la résonnance du thorax, la résistance vitale des tissus, la compression des organes voisins. Aussi le bruit que j'ai obtenu différait-il principalement du bruit normal, en ce qu'il était moins brusque, moins frappé, par la raison que l'artère, facilement distendue par le liquide, diminuait l'impulsion de celui-ci sur les valvules. Cette laxité du vaisseau, sensible aux yeux et à la main, était encore plus apparente sur l'artère pulmonaire, qui fut soumise à la même expérience avec les mêmes résultats.\*)

\*) Bouillaud: *Traité clinique des maladies du coeur* Bd. I  
Paris, 1841. pag 129 130. s. o.

Gegen diesen Versuch Rouanets und seine Theorie von den Schwingungen der Klappen als Ursache für den zweiten Herzton machten sich zwar in der nächsten Folgezeit Widersprüche von Seiten zweier bedeutender Autoren: Magendie und Pigeaux, besonders geltend, welche den zweiten Ton aus dem Stoss der vorderen Fläche der rechten Kammer gegen die Innenwandung des Brustbeines und aus der Reibung des Blutes an der Wand der Vorhöfe, Atrio-ventrikular-Ostien und Ventrikel zu erklären suchten; doch vermochten diese Anschauungen nicht in weitere Kreise einzudringen und wurden späterhin völlig wieder aufgegeben, als gegen Ende der 30. Jahre die verschiedenen „Comités“, welche zur Erledigung dieser Frage eigens zusammengetreten waren, auf Grund zahlreicher an grösseren Tieren direkt angestellter Versuche in betreff des zweiten Tones zu einem ähnlichen Resultat wie Rouanet gelangten. Der zweite Ton ist laut Protokoll des amerikanischen Comité's, der letzten derartigen Vereinigung, einzig und allein durch den Schluss der Sigmoidklappen in Folge des Rückstosses der Blutsäule bedingt: er ist am lautesten über der Aorta, schwächer schon über der Pulmonalis, welche kürzer ist und ihren Blut-Gehalt rascher an die Lungen abgiebt, infolgedessen der Druck auf die Klappen hier weniger kräftig, und wird deutlich verändert resp. verschwindet gänzlich, wenn man die Klappen an ihrem prompten Schlusse irgendwie hindert oder das Spiel derselben vollständig ausschaltet.

Durch diese präzise Definition schien die Angelegenheit vollständig erledigt und klar zu sein, zumal auch die hierauf folgenden Arbeiten von Seoda, Rapp, Noga, Fuller u. A. nichts wesentlich Neues über diesen Punkt hinzu-

zufügen vermochten und trotz sonstiger tiefgreifender Unterschiede und Abweichungen von einander, hinsichtlich der Erklärung des zweiten Herztones als Folge der durch die fallende Flüssigkeitssäule gespannten und in Schwingungen versetzten Semilunarklappen völlig übereinstimmen.

Diesen Anschauungen trat auf Grund vielfacher Überlegungen und Experimente Prof. Talma aus Utrecht in einem kleinen im XXIII. Band von Pflügers Archiv pag. 275 ff. erschienenen Aufsatz mit einer neuen Theorie entgegen, in welcher er die Entstehung der Herztöne, besonders die des zweiten auf direkte Schwingungen des Blutes unabhängig von Klappen- und Wandbewegungen zurückführt, in gleicher Weise, wie er es früher für die an den Arterien wahrnehmbaren Geräusche nachgewiesen.\*) Er behauptet, „dass die Schwingungen der Klappen vom Blute, wenigstens zum Teil, gehemmt werden müssen, und dass jedenfalls die Schwingungsfähigkeit der zarten Membranen weit grösser sein wird, wenn sie von Luft, als wenn sie von Blut berührt werden“. Als in Rücksicht hierauf ein Versuch angestellt wurde und die plötzlich gespannten und von Luft umringten Klappen keinen Ton erzeugten, hält Talma dies um so mehr unmöglich, wenn die Schwingungen der Klappen von der schweren Blutmasse gehemmt werden können.

Weiter meint er:\*\*) „Wenn in Folge einer Druckerhöhung des Blutes die Klappen gespannt werden sind, so würden bei der

\*) Talma: Archiv für klin. Medicin: Bd. XV. pag. 77 ff.: Beiträge zur Theorie der Herz- und Arterientöne.

\*\*) Archiv f. die gesammte Physiol. XXIII. pag. 276.

folgenden Druckerniedrigung im Blute, die Schwingungen der Klappen anfangen können. In Folge ihrer elastischen Spannung werden die Klappen sofort mit der Druckerniedrigung einen weniger konvexen Stand annehmen, aber damit muss jede aktive Bewegung zu Ende sein. Das Zurückkehren der Klappen aus diesem weniger konvexen zu einem mehr konvexen Stand ist unmöglich, denn dazu fehlt in den Klappen jede Kraft, also sind Klappenschwingungen unter den gedachten Verhältnissen a priori unmöglich zu nennen.

Hiermit glaubte Talma die Existenz von Schwingungen der Klappen als Entstehungsmoment für den zweiten Herztönen widerlegt zu haben und führt nun als positiven Beweis für seine Annahme von den Schwingungen der Flüssigkeitsteilchen folgenden Versuch an. „Es werden zwei lange Glasröhren genommen von gleicher Weite, aber sehr verschiedener z. B. von 2 und 4 met. Länge. An dem einen Ende werden sie verschlossen mit einer nicht gespannten Blase oder mit einer Art. pulmonalis und ihren Klappen. Darauf werden die Röhren mit einer Flüssigkeit ganz oder zum Teil gefüllt und vertikal gestellt. Werden die gespannten Blasen oder die Klappen mit der Hand nach oben gedrückt und also entspannt und nimmt man nun plötzlich die Hand fort, so werden in Folge der Schwere der Flüssigkeitssäulen die Blasen oder die Klappen plötzlich nach unten gespannt. Man hört wirklich einen Ton: man hat hier im Wesentlichen den Rouanet'schen Versuch vor sich, welcher beweisen soll, dass dieser Ton von Klappenschwingungen herrührt. Vergleicht man nun aber die Höhe des Schalles in beiden Röhren, so hört man, dass der Schall ceteris paribus um so niedriger ist je höher die Flüssigkeitssäule. Der Schall hat also seinen Grund in Schwingungen der Flüssig-

keit, also aufs Herz übertragene: Schwingungen des Blutes sind die Ursache der Herztöne.“

Anschliessend an diese Versuche Talmas veröffentlichte ein Engländer Dr. Webster\*) eigene Versuche, welche sich eng an diejenigen Talmas anlehnten, jedoch ein von diesem sehr verschiedenes Resultat lieferten. Webster fand nämlich, dass es sich bei allen seinen Versuchen nicht um „eine“ Toneinheit handele, sondern zwei deutlich von einander unterscheidbare Schallqualitäten in Betracht kämen, deren eine oder andere unter gewissen Verhältnissen besonders hervortrete und von denen die eine durch Schwingungen der Membran, die andere durch Schwingungen der Flüssigkeit bedingt ist. Bei seinen Versuchen beobachtete Webster eine ähnliche Anordnung wie Talma: eine 8 Fuss lange und  $1\frac{1}{2}$  Zoll im Durchmesser fassende Röhre an ihrem einen Ende mit Tierblase verschlossen und mit Wasser gefüllt. Über seine Versuche selbst schreibt er:\*)

„while the apparatus is filling, the first sound obtained is low in tone and gradually grows louder, but does not change its pitch until the water is a foot or two deep. Then the same low sound can be heard, but with it a musical tone, at first high in pitch, growing louder and louder as the tube fills. The first sound can be heard during the entire period of filling, and does not seem to vary in pitch, but becomes louder as the weight of water increases. This sound may be due to the vibrations of the membrane. It would be expected that it would have a higher pitch as the tension increases, but such a change, if it exists, is not marked. The increase in loudness is marked. The other sound is dependent both for its

\*) Journal of Physiologie. Cambridge 1880—82. Bd. III. pag. 294.



strength and pitch upon the height of the fluid, and may be supposed to be produced by the vibrations of that body. At first it must be so faint a tone and so high in pitch that it is obscured by the membranous sound, but becomes audible as the tube fills. The following experiments verify this hypothesis.

If the membrane is supported by a rod and then the rod is struck a light blow it is evident, that the membrane, not being put upon full stretch by the sudden shock of the falling fluid, will emit little sound, while the shock will be transmitted to the fluid and it will be thrown into vibration. In this experiment the two sounds that were blended in the former instance are separated. The first almost entirely disappears. The second comes out strongly and can be distinguished as a high faint note when only a few inches of water are in the tube. Thus the fluid sound is isolated.

Hierauf wurde der Versuch in der Weise angestellt, dass bei gleicher Flüssigkeitshöhe in den verschiedenen Röhren Membranen von verschiedener Dicke verwandt wurden. Hierbei zeigte sich nun die Höhe des Flüssigkeitstones unverändert, während der Membranton bei einer dünneren Membran hoch und bei einer stärkeren entsprechend tiefer wahrgenommen wurde. Wurden schliesslich zwei Röhren, mit gleich hoher Flüssigkeitssäule und Membranen von derselben Stärke versehen, zur Horizontalen geneigt und dadurch die Spannung am Grunde vermindert, so sind beide Töne gleich hoch, aber schwächer, woraus hervorgeht, dass die Höhe nicht vom Druck abhängig ist, sondern von der Natur der Membranen und der Länge der Flüssigkeitssäule. Aus diesen Untersuchungsergebnissen leitete Webster nun den Satz ab, dass der zweite Herzton aus Schwingungen der beiden Elemente, der Flüssigkeit und der Klappen her-

vorgehe, denn wenn zwei Körper mit einander in Zusammenstoss kommen, werden beide in Schwingungen versetzt und haben beide Teil an der Entstehung des Schalles.

In Anbetracht dieser verschiedenen gleichzeitig nebeneinander bestehenden drei Ansichten über das Zustandekommen des zweiten Herztones, von denen die beiden letzten jedoch keinen Eingang in die Litteratur weiter erfahren haben, deren jede aber durch mannigfaltige Experimente begründet für sich Anspruch auf völlige Glaubwürdigkeit und Erschöpfung aller in Frage kommenden Verhältnisse zu erheben sucht, wurden zur Entscheidung und Abwägung der einzelnen Theorien gegeneinander auf Veranlassung von Herrn Geheimen Medizinal-Rat Prof. Dr. Landois im hiesigen physiologischen Institute eine Reihe eigener Versuche unternommen, deren Ergebniss mitzuteilen Aufgabe und Zweck der folgenden Zeilen sein soll.

Ein Glasrohr von 157 cm. Länge, 1,9 cm. Durchmesser und 0,2 cm. Wandstärke, an einem Ende mit einer Membran verschlossen, und 150 cm. hoch mit Flüssigkeit gefüllt, wurde, um Mitschwingungen anderer Körper nach Möglichkeit zu vermeiden, über einen in die Wand geschlagenen eisernen Haken frei beweglich an einem starken Faden aufgehängt. Durch den Druck der Flüssigkeitssäule war die Membran bis zu einem gewissen Grade gespannt. Wenn man nun die Membran mit dem Finger empordrückt, infolge dessen entspannt, dann plötzlich den unterstützenden Finger entfernt, vernimmt man zugleich mit dem Niederfallen der Membran und der gehobenen Flüssigkeitssäule beim Auskultieren an der Wandung der Röhre ein deutliches Geräusch, welches in sich mehrere einzelne ganz bestimmt charakterisierte

und scharf unterscheidbare Schallkomponenten vereinigt. Zuerst fällt ein lautes kurzes klirrendes Geräusch auf, welches nach dem allgemeinen Eindruck offenbar von Schwingungen der Röhren-Wandung herrührt. Dasselbe kann auf leichte Weise isoliert erhalten werden, wenn man mit dem Finger einen leichten Schlag gegen die Wandung der Röhre ausübt. Dieses Wandgeräusch ist in seinem allgemeinen Charakter, seiner Höhe und Stärke abhängig von dem Material, der Länge, Dicke und dem Inhalt der einzelnen Röhren. Es ist stark hervortretend bei Blechröhren, etwas weniger bei Glasröhren und fehlt bei Gummiröhren vollständig: es ist tief und dumpf bei langen, heller und mehr klingend bei kürzeren Röhren und wechselt hinsichtlich des Inhaltes der Röhren insofern, als es bei geringem mehr tönend und anhaltender erscheint, bei zunehmender Füllung jedoch diese Eigenschaften mehr und mehr verliert und bedeutend kürzer und gedämpfter wahrgenommen wird. Dass nun bei diesem Geräusch unter Benutzung starkwandiger Röhren die schallerregenden Schwingungen thatsächlich von der Wandung der Röhre ausgehen, lässt sich leicht beweisen. Das charakteristische Geräusch tritt nämlich bedeutend schwächer auf, wenn man das auskultierende Ohr eng an die Röhrenwandung anpresst und dieselbe mit den Fingern umfasst, oder noch einfacher, wenn man das Rohr in seiner ganzen Länge mit Leinwand umschnürt, wodurch die Eigenschwingungen der Röhre sehr beeinträchtigt z. T. völlig aufgehoben werden. Neben diesem „Wandgeräusch“, welches man bei allen diesen Versuchen als durchaus accessorisch betrachten muss, hört man, sowohl bei plötzlichem Druck auf die Membran als bei rascher Entfernung desselben und damit plötzlichem

Herabfallen des gehobenen Röhren-Inhaltes je ein deutliches wohl charakterisiertes Geräusch: im ersten Fall einen kurzen, lauten, durch die ganze Höhe der Flüssigkeitssäule gleichmässig wahrnehmbaren Schall, während das im zweiten Fall entstehende Geräusch durch seine grössere Tiefe, geringere Intensität seine weniger praegnante Kürze und besonders dadurch, dass es unmittelbar über der Membran einen etwas veränderten Charakter zeigt als weiter aufwärts am Rohre, sich von ersterem durchaus unterscheidet. Das bei plötzlichem Emporheben der Membran entstehende Geräusch kann, da die Membran selbst durch den doppelten Druck von oben und unten, durch die Flüssigkeitssäule und den unterstützenden Finger an Eigenschwingungen vollständig gehindert ist, und andere Verhältnisse hierbei a priori nicht in Betracht kommen können, nur seinen Grund haben in Schwingungen der Flüssigkeit selbst, höchstens verstärkt durch einige noch von der Wandung ausgehende Schwingungen, selbst wenn die grösste Stärke derselben durch das oben erwähnte Verfahren ausgeschaltet resp. abgeschwächt ist. Für die Existenz von Flüssigkeits-Schwingungen spricht ein deutlicher Wechsel des Tones bei verschiedenen Füllungsgraden der Röhre. Als diese an starrwandigen Röhren, Glas- und Blechröhren angestellten Versuche nun unter sonst gleichen Umständen an Gummi-Röhren (mit Hanf-Einlage) wiederholt wurde, zeigten sich die akustischen Erscheinungen einigermassen verändert: das vorher scharfe und laute Geräusch war jetzt dumpf und leise und an Stärke bedeutend vermindert. Hieraus im Zusammenhang mit der vorhin erwähnten Thatsache, dass hörbare Wandschwingungen bei Gummi-Röhren überhaupt nicht wahrgenommen werden, ergibt sich unmittelbar, dass bei

dem infolge eines Druckes auf die Membran entstehende Geräusche innerhalb starren Röhren zwei verschiedene Factoren in Betracht kommen: die Schwingungen, welche von der Flüssigkeit selbst gebildet werden, und diejenigen, welche von der Röhrenwandung ausgehen, sei es, dass der Druck auf die Membran sich der Röhrenwandung direkt mittheilt und sie in Schwingungen versetzt, sei es, dass dieselbe durch die schwingenden Wasserteilchen sekundär zum Mitschwingen und -Tönen angeregt wird. Bei Gummi-Röhren dagegen wird diese Uebertragung der ursächlichen Kraft infolge ihrer Consistenz und ihres Leitungsvermögens sehr herabgesetzt, der Anprall der einzelnen Flüssigkeitsteilchen gegen die Wandung infolge ihrer elastischen Spannung ausgeglichen und so ein Eigenschwingen der Röhren selbst unmöglich, so dass also die hierbei hörbaren Schwingungen ihren Grund nur in Schwingungen der Flüssigkeit haben können.

Diesem bei Druck auf die Membran hervorgebrachten Geräusch steht ein zweites gegenüber, welches bei Entfernung der Unterstützung, beim plötzlichen Fall der Membran und des Röhren-Inhaltes entsteht, und welches, wie wir gesehen haben, einen von ersterem gänzlich verschiedenen Charakter aufweist. Dasselbe zeigt sich in gleicher Weise übereinstimmend sowohl an starren, wie Gummi-Röhren, und kann bedingt sein wiederum durch Schwingungen der Flüssigkeit, sodann abweichend von vorhin, durch Bewegung der jetzt ungehinderten Membran und endlich durch die vereinigte Wirkung von Flüssigkeits- und Membran-Schwingungen. Handelt es sich um Schwingungen der Flüssigkeit als Ursache für das Zustandekommen einer Schall-Erscheinung, so muss das resultierende Geräusch, da sich Bewegungen der kleinsten

Flüssigkeitsteilchen durch die ganze Länge der Flüssigkeitssäule gleichmässig fortpflanzen, sowohl oben wie unten gleich deutlich ausgeprägt sein: sind Schwingungen der Membran allein der Grund, so muss das wahrgenommene Geräusch am klarsten unten unmittelbar über der elastischen Blase auskultiert werden, und je weiter nach oben, desto mehr an Intensität verlieren, da durch die Flüssigkeitssäule hindurch der Schall vom Orte seiner Entstehung, d. h. von der Membran nur fortgeleitet wird; sind endlich infolge des plötzlichen Sinkens der Wassersäule sowohl die Flüssigkeit als die Membran in Schwingungen versetzt, so muss sich beim Auskultieren notwendigerweise eine Differenzierung der Schallqualitäten oben und unten ergeben: oben der durch die ganze Länge der Flüssigkeitssäule gleichmässig hervortretende Ton der schwingenden Flüssigkeitsteilchen, unten: neben demselben der ihn ganz oder zum Teil verdeckende lokalisiert bleibende Schall der schwingenden Membran.

Um diese Verhältnisse durch das Experiment zu entscheiden, wurden folgende Versuche angestellt:

Eine Glasröhre von 65 cm Länge, 2 cm Durchmesser wurde an ihrem einen Ende mit einer feuchten Tierblase überspannt, mit Wasser völlig gefüllt und an einem Faden frei beweglich aufgehängt. Auskultiert man nun das gefüllte Rohr bei leichtem Anschlag mit der Fingerspitze, so vernimmt man einen leisen Ton. Macht man auf der Blase mit dem Nagel leicht reibende Bewegungen, so ruft man einen helleren, musikalischen, von ersteren deutlich unterschiedenen Ton hervor. Dieser Ton ist dicht oberhalb der Membran entschieden lauter, als am oberen Ende der Röhre. Lässt man die mit den Fingerspitzen gehobene Blase plötzlich

niederfallen, so vernimmt man ein dumpfes Geräusch, dem am unteren Ende der Röhre jener helle Membranton zugesellt ist, nicht aber am oberen Ende. Der Eigenton der Röhre kann dabei noch in beiden Fällen auftreten.

Nimmt man unter denselben Verhältnissen eine mit Leinwand umschnürte Glasröhre von 145 cm Länge und 2,0 cm Durchmesser, so giebt die Röhre beim Anschlagen keinen Ton mehr, sondern nur ein tiefes dumpfes Dröhnen. Die Membran, durch reibende Bewegungen in Schwingungen versetzt, erzeugt ein helles Geräusch, welches nicht so musikalisch klingt, als in der uneingewickelten Röhre. Lässt man die mit dem Finger erhobene Blase niederfallen, so hört man im oberen Teile der Röhre ein tiefes, dumpfes Geräusch, oberhalb der Membran ein entschieden helleres als in der Mitte, was von einer Combination des helleren Membrantones mit dem viel dumpferen Flüssigkeitston herzurühren scheint. Das Geräusch der fallenden Flüssigkeit ist in der kürzeren Röhre entschieden heller als in der längeren. Dieselbe Röhre wird nun von ihrer Einwicklung befreit: schlägt man leise mit dem Finger gegen das Rohr, so erscheint ein tiefer musikalischer Ton. Auskultirt man dicht oberhalb der Membran, indem man letztere leicht reibend bewegt, so hört man einen helleren Ton. Lässt man die erhobene Membran niederfallen, so erhält man im oberen Teil der Röhre ein dumpfes, stossendes Geräusch, oberhalb der Membran ist dasselbe heller, aus Membranton und dem der erschütterten Flüssigkeit zusammengesetzt. — In beiden Fällen kann der Wandton der Röhre besonders gehört werden. Die gesammten Blasen der mit Flüssigkeit gefüllten Röhren geben angerieben einen verschiedenen Ton, und zwar bei der längeren Röhre mit der

grösseren Flüssigkeitssäule entsprechend der verschiedenen Spannung der Membran durch die höhere Flüssigkeitssäule einen höheren Ton als bei der kürzeren.

Um nun die Existenz des Membrantones noch deutlicher nachzuweisen, wurden, da Schwingungen grösserer Membranen einen deutlicheren Ton geben, an das untere Ende der Röhren niedrige Holztrichter fixiert und über ihr Lumen Tierblase gespannt. Hierbei ergab sich unter Benutzung einer Gummiröhre von 90 cm. Länge und 1,7 cm. Durchmesser und eines Holztrichters von 10 cm. im Lumen folgendes:

Beim leisen Klopfen gegen die gespannte Membran giebt dieselbe einen deutlichen musikalisch bestimmbaren Ton. Hebt man den Trichter unter Biegung des Rohres, wodurch die Membran natürlich geringere Spannung erhält, so wird der Ton dumpfer und weniger laut. Fasst man den Trichter, so dass die eine Hand die Membran berührt und die andere dicht oberhalb des Trichters den Schlauch an das Ohr bringt, und macht nun auf- und abwärtsgehende Bewegungen mit der Membran, ohne jedoch die Finger von derselben zu entfernen, so hört man ein ziemlich helles, sausendes, hauchendes Geräusch sowohl bei der Aufwärts- als Abwärtsbewegung der Membran, doch lauter bei der Aufwärtsbewegung, welches von der Reibung der Flüssigkeitsteilchen an dem engen Eingangsteil des Trichters herrührt. Lässt man endlich die Membran, nachdem sie emporgehoben, plötzlich los, so schliesst sich an das Reibegeräusch derselbe Ton, der beim Anklopfen gehört wird. Das sausende Geräusch, welches dicht an der Kapsel laut vernehmbar ist, schwächt sich aufwärts am Rohre ab und erlischt etwa  $\frac{1}{2}$  m. höher. Der Ton beim Anschlagen der Membran, sowie der Abschlusston bei niederfallender

Membran wird aufwärts noch gehört, jedoch bedeutend schwächer und weniger volltönend.

Derselbe Versuch wurde darauf mit einem gleichartigen Rohr von 275 cm Länge und einem mit Blase überspannten Fünf-Markstück im Lichten grossen Trichter wiederholt.

Auskultiert man dicht oberhalb des Trichters und perkutiert kurz die gespannte Membran, so hört man einen hellen musikalischen Ton. Beim Auf- und Niederheben der Membran, ohne sie loszulassen, wird jenes sausende Geräusch nicht wahrgenommen. Beim Niederfallen der erhobenen Membran hat man denselben Ton, wie beim Anschlagen derselben. Hebt man den Trichter unter Biegung des Rohres, so wird unter dem geringeren Druck der Ton etwas anhaltender und weniger hell. Entfernt man sich mit dem Ohre vom Trichter am Rohre aufwärts, so nimmt sowohl der Ton, welcher beim Anschlagen, als auch der, welcher beim Niederfallen der Membran gehört wird, deutlich an Stärke ab. Man hört ausserdem oberhalb des Trichters gleichzeitig mit dem Niederfallen der Membran ein dumpfes musikalisch nicht charakterisiertes Geräusch, gleichmässig stark durch die ganze Flüssigkeitssäule.

Schliesst man die kürzere, 90 cm lange Gummiröhre ebenfalls mit einem fünfmarkstückgrossen Holztrichter und einer Blase ab und vergleicht die Resultate aus beiden Röhren, so erscheint im langen Rohre der Membranton entschieden höher als im kürzeren. Umgekehrt ist im kurzen Rohre das gleichmässig über die ganze Röhre verbreitete Erschütterungsgeräusch der Flüssigkeit heller und deutlicher, während es im langen Rohre dumpfer und ausserordentlich geschwächt auftritt.

Um schliesslich die Schwingungen der Membran noch klarer zu veranschaulichen, wurde das lange Gummi-Rohr mit einem Holztrichter von 7 cm Lichtungsweite verbunden, über den Trichter eine Tierblase gespannt, darüber in voller Ausdehnung ein äusserst dünnes und zartes Kupferblech gelegt und dasselbe durch eine zweite Membran (Harnblase) straff an die erstere fixiert, in der Voraussetzung, dass die Schwingungen der Membran einen durch die Metallplatte irgend wie modifizierten Ton ergeben würden.

Kurz angeklopft, giebt die gespannte Membran einen deutlich metallisch klingenden Ton. Lässt man die Membran frei fallen, so schliesst der Ton mit dem sehr deutlich metallischen Endklang. Aufwärts am Rohre auskultiert wird dieser metallische Ton schwächer und verschwindet etwa 1 Fuss hoch allmählich gänzlich. Lässt man die Membrane fallen, ohne die Hand von ihr zu entfernen, so vernimmt man nur einen schwachen Stoss. Bei allen diesen Versuchen tritt daneben ein knitterndes Geräusch von der Kupferplatte herrührend auf, welches jedoch in keiner Weise die übrigen eigentlich wesentlichen Töne beeinflusst oder mit ihnen wechselt werden könnte.

Hieraus ergibt sich nun unmittelbar, dass, wenn bei plötzlicher Spannung einer Membran durch eine fallende Flüssigkeitssäule ein Ton entsteht, zwei verschiedene Momente an der Erzeugung desselben Anteil haben: Schwingungen, welche von der Membran ausgehen und solche, welche in der Flüssigkeit selbst hervorgebracht werden. Beweisend für die ersteren ist die auffallende Abnahme der Schallstärke, je weiter man sich mit dem auskultierenden Ohr von der Membran entfernt, ferner die deutlich von ein-

ander abweichende Höhe des Tones, je nachdem die Röhren zu verschiedenen Graden gefüllt und dadurch die Spannungsverhältnisse der Membranen geändert sind. Für die Existenz eines Flüssigkeitstones spricht dagegen die durch die ganze Länge der Röhre gleichmässig stark auftretenden Schallerscheinungen von wesentlich anderem Charakter als die von den Schwingungen der Membran resultierenden Töne, und dann das Verhalten des Flüssigkeitstones bei stärkerer und geringerer Füllung, der entsprechend einer hohen schwingenden Flüssigkeitssäule analog den Erscheinungen an Luftsäulen tief. und bei niedrigem Stand des Wasserinhaltes in den Röhren um so viel höher erscheint. (Talma.)

Vergleicht man mit diesen Versuchen und der Art, wie sie unternommen, die Erscheinungen, welche sich am normalen schlagenden Herzen darbieten, so hat man dort im grossen und ganzen die gleichen Verhältnisse. Bei der Systole der Winkel wird ein gewisses Blutquantum in die Aorta resp. Pulmonalis hineingeworfen und der Druck innerhalb dieser Gefässe plötzlich bedeutend vermehrt. Bei der nun folgenden Diastole erfolgt bei der plötzlichen Druckerniedrigung a tergo ein Zurückströmen der Blutflüssigkeit, welches durch die dadurch geschlossenen Klappen in gleicher Weise wie die durch den Fingerdruck emporgehobene und bei Nachlass derselben plötzlich fallende Röhrenflüssigkeit durch die Membran in seiner Bewegung gehindert wird. Jetzt treten infolge des Impulses von Seiten des Blutes Schwingungen an den Klappen auf, welche durch ihren histologischen Bau, ihre Zartheit und leichte Beweglichkeit im höheren Grade noch, als dies bei Tierblasen etc. der Fall, zu Eigenschwingungen befähigt sind. Infolge des plötzlichen Anpralles der

Blutsäule gegen die geschlossenen Klappen kommt es aber daneben auch innerhalb der Blutflüssigkeit zu einer Erschütterung und zu Schwingungen der einzelnen kleinsten Teilchen, welche im Stande sind ebenfalls einen Ton zu erzeugen. Durch Combinierung dieser beiden Faktoren miteinander, des Membrantons und des durch die Flüssigkeitsschwingungen hervorgebrachten Schalls entsteht der normale zweite Herzton an der Aorta und Pulmonalis. Wie nun genaue Untersuchungen und die Betrachtung des Cardiogrammes ergeben, erfolgt der Schluss der Semilunarklappen an der Aorta und Pulmonalis unter normalen Verhältnissen nicht gleichzeitig, sondern in der Aorta entsprechend ihrer grösseren Spannung früher als in der Pulmonalis.\*) Die Zwischenzeit zwischen beiden Klappenschlüssen, welche um so grösser ist, je bedeutender der Druck in der Aorta den der Pulmonalis übersteigt, beträgt bei ruhigem Pulse im Mittel 0,05—0,09 Sekunden. Da nun, wie wir vorhin bewiesen, der Schluss und die Schwingungen der Klappen an der Aorta und Pulmonalis ein Hauptmoment für das Zustandekommen des zweiten Herztones abgeben, ferner zwischen dem Klappenschluss in beiden Gefässen ein messbarer Zeitunterschied liegt, müssen notwendiger Weise hieraus zwei besondere zeitlich von einander getrennte Herztöne an der Aorta und Pulmonalis resultieren. Dass man nun trotz dieser Thatsache bei der Auskultation den zweiten Ton am schlagenden Herzen nur als eine einheitliche Schallerscheinung vernimmt beruht, wie Landois *ibid.* pag. 61 ausführt, allein auf der Tiefe der Töne, *fis* und *b*

\*) Landois: Graphische Untersuchungen über den Herzschlag im normalen und krankhaften Zustand. Berlin 1876, p. 60.

nach Küchenmeister, auf ihrer relativ dumpfen Klangfarbe, auf der Schnelligkeit ihrer Aufeinanderfolge und endlich auf dem Umstand, dass entsprechend der verschiedenen Spannung in den beiden grossen Gefässen der Ton in der Pulmonalis weniger hervortritt.

Inbetreff der Frage, wie schnell zwei Geräusche aufeinander folgen müssen, damit sie nicht mehr als zwei getrennte Empfindungen, sondern als eine ununterbrochene einfache Schallerscheinung percipiert werden, hat Preyer\*) interessante Versuche angestellt, mit dem Ergebnis, dass ungefähr 19–20 gleichartige Geräusche, welche in gleichen Zeitabständen innerhalb einer Sekunde auftreten, demnach 0,05–0,053 Sekunden zeitlich auseinanderliegen, nicht mehr isoliert zur Wahrnehmung kommen, sondern als ein kontinuierliches einheitliches Geräusch imponieren. Da nun die Schlussbewegung der Semilunarklappen an der Aorta und Pulmonalis um 0,05 bis 0,08 Sekunden von einander differiert, können die dabei entstehenden Geräusche nur als ein einziges empfunden werden, und werden erst dann als zwei gesonderte Schallerscheinungen wahrgenommen, wenn das Zeitintervall zwischen beiden über diese Werte hinausgeht. So ist also der zweite Herzton, trotzdem er sich in der Regel für das Ohr als ungeteilt und einheitlich darbietet, als ein doppelter zu bezeichnen, weil zwei zeitlich getrennte Bewegungen ihn hervorbringen, und ein deutlich gespaltener Ton, wie er sich bisweilen physiologisch oder als pathologische Erscheinung vorfindet, nur als eine Steigerung der normalen physiologischen

---

\*) Über die Grenzen der Tonwahrnehmung, Jena 1876.

Verhältnisse aufzufassen, als Ausdruck für eine abnorme Druckdifferenz im grossen und kleinen Kreislauf.

Fragt man nun schliesslich noch, welchem der beiden Momente, dem Membranton oder dem Flüssigkeitston, für die Entstehung des zweiten Herztones die grössere Bedeutung zukommt, so ergibt sich aus der Auskultation der grossen Gefässstämme ohne weiteres die Antwort. Wenn nämlich die Schwingungen der Flüssigkeit bei der Entstehung des Tones eine grössere Rolle spielten, würde man, da sich Schwingungen der Flüssigkeitsteilchen durch die Länge der Flüssigkeitssäule gleichmässig fortpflanzen, bei einer Anzahl stärkerer und selbst noch schwächerer Arterien, den zweiten Ton auskultatorisch deutlich nachweisen können. Dem widersprechen jedoch die thatsächlichen Verhältnisse. Denn nur in der Carotis, bisweilen noch bis in die Arteria subclavia hört man beim Gesunden einen Ton, welcher nach seiner Dauer und seinem allgemeinen Charakter dem zweiten Herzton entspricht und von den schwingenden Aortenklappen durch die Blutflüssigkeit, natürlich unter Verminderung seiner Intensität, bis zur Carotis fortgeleitet ist. Die Schwingungen der Blutteilchen sind also, gegenüber dem Membranton, nur von nebensächlicher Bedeutung.

Fassen wir noch einmal das Ergebniss der ganzen Untersuchung kurz zusammen, so ergibt sich als Ursache des zweiten Herztones: die durch den Rückstoss der Blutsäule veranlasste Spannung und Schwingungen der Semilunarklappen, unterstützt durch die plötzliche Erschütterung und Schwingungen der Flüssigkeits-

teichen in den dem Herzen nächst liegenden grossen Gefässen.

Es bleibt mir zum Schlusse noch die angenehme Pflicht zu erfüllen, Herrn Geheimen Medizinal - Rath Professor Dr. Landois für die freundliche Überweisung der Arbeit und die mannigfaltige Unterstützung durch Rat und That bei Anfertigung derselben meinen ergebensten Dank auszusprechen.

---

## Litteratur.

---

- Bouilland J. *Traité clinique des maladies du coeur*. Paris 1841.
- Niemeyer Paul. *Handbuch d. theoret. und clinisch. Percussion u. Auskult.* Erlangen 1868/70.
- Landois L. *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*. 8 Aufl. Wien u. Leipzig 1893.
- Landois L. *Graphische Untersuchungen über den Herzschlag*. Berlin 1871.
- Journal of Physiology* edit. by Mich. Foster Bd. III. Cambridge 1880—1883.
- Pflügers Archiv für die gesammte Physiologie Bd. XXIII. Bonn 1880.
- Grünhagen A. *Lehrbuch der Physiologie*. Hamburg u. Leipzig Bd. I. 1885—87.
- Herrmann und Genossen: *Handbuch der Physiologie* Bd. IV. Theil I. bearbeitet von A. Rollet. Leipzig 1880.
- Gerhardt C. *Lehrb. d. Percussion u. Auskultation*. Tübingen 1871.
- Giese W. *Inaugural-Dissertation: Untersuchungen über die Entstehung d. Herztöne*. Greifswald 1871.
- Deutsches Archiv für klin. Medicin.* Leipzig Bd. XV.
- Centralblatt der medic. Wissenschaften*. Berlin XXVIII.
- Archiv der Heilkunde* XIV.
-

## Lebenslauf.

---

Verfasser vorliegender Arbeit, Friedrich Wilhelm August Bode, evangelischer Confession wurde am 1. August 1871 in Greifswald als der Sohn des Gymnasial-Oberlehrers Professor August Bode und seiner Ehefrau Marie geb. Gericke geboren.

Von Ostern 1877 an besuchte er die Vorschule und das Gymnasium seiner Vaterstadt, welches er Ostern 1890 mit dem Zeugniss der Reife verliess. Er widmete sich dem Studium der Medicin, ein Semester lang in Tübingen, die übrige Zeit in Greifswald, bis er Ostern 1892 die ärztliche Vorprüfung ablegte. Nachdem er im folgenden Sommer-Semester seiner Militairpflicht beim Inf.-Reg. Prinz Moritz v. Anhalt-Dessau (5. pomm.) Nr. 42 in Greifswald genügt hatte, begab er sich zur Fortsetzung seiner Studien nach München, woselbst er zwei Semester verblieb. Seit Michaelis 1893 studiert er wiederum in Greifswald, bestand am 1. Februar 1894 das Tentamen medicum und am 14. Februar das Examen rigorosum.

Während seiner Studienzeit besuchte Verfasser die Vorlesungen, Kliniken und Curse folgender Herren Professoren und Docenten:

### In Tübingen:

Braun, Henke, Vöchting, Zimmermann.

### In München:

Amann, Angerer, Bauer, Bollinger, Klausssner, Posselt, v. Ranke, v. Rothmund, Schech, Seitz, Tappeiner, v. Ziemssen.

In Greifswald:

Ballowitz, Gerstäcker, Grawitz, Helferich, Holz,  
Krabler, Landois, Limpricht, Löffler, Mosler,  
Müller, Oberbeck, Peiper, Pernice, v. Preuschen,  
O. Schirmer, Schmitz, Schulz, Solger, Sommer.

Allen diesen Herren, seinen hochverehrten Lehrern, besonders  
Herrn Geh. Med. Rath Prof. Dr. Pernice und Prof. Dr. Helferich, an  
deren Kliniken dem Verfasser als Volontair zu arbeiten vergönnt war,  
spricht derselbe auch an dieser Stelle seinen aufrichtigsten Dank aus.

## Thesen.

### I.

Die Anschauung Talma's, dass der zweite Herzton lediglich durch Schwingungen der Blutflüssigkeit bedingt ist, beruht auf einem Irrtum.

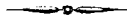
### II.

Gegen die operative Abtötung einer Frucht in utero ist, sobald sich die Unmöglichkeit der Geburt auf den normalen Geburtswegen herausgestellt hat, vom juristischen Standpunkt nichts einzuwenden.

### III.

Der künstliche Abortus bei Hyperemesis gravidarum soll nur in Fällen dringender Not und auf bestimmte Indikationen ausgeführt werden.

16444



16444

26484