Max Planck Research Group
Epistemes of Modern Acoustics

Sound & Science: Digital Histories

Brown, Joseph G. "Geschichte der Physiologie der Herztöne vor und nach Laënnec bis 1852." Janus. Central-Magazin für Geschichte und Literaturgeschichte der Medizin 2, (1852): 1–39, 345–374, 505–527.

https://acoustics.mpiwg-berlin.mpg.de/node/441

Scan licensed under: CC BY-SA 3.0 DE | Max Planck Institute for the History of Science

MAX PLANCK INSTITUTE
FOR THE HISTORY OF SCIENCE

JANUS.

Central-Magazin

für Geschichte und Literärgeschichte der Medicin, ärztliche Biographik, Epidemiographik, medicinische Geographie und Statistik.

In Verbindung mit mehreren Gelehrten des In- und Auslandes

herausgegeben

von

Dr. H. Bretschneider
zu Gotha,

Dr. A. W. E. Th. Henschel
zu Breslau,

Dr. C. Fr. Heusinger
zu Marburg,

Dr. J. G. Thierfelder
zu Meissen.

Ex Biblioth. Universitatis Frider. Guil. Berolin.

Zweiter Band.

1899. 3242.

Gotha, 1853.
Verlag von J. G. Müller.

0 6

Inhalt des zweiten Bandes.

Erstes Heft.

Seite.

I. Geschichte der Physiologie der Herztöne vor und nach Laënnec bis 1852. Von Dr. G. Joseph. (Fortsetzung folgt.) . . 1

II. Das Verhältnifs der Krankheiten in senkrechter Richtung von der Küste der Nordsee bis zum Rücken des Thüringer Waldes. Von Dr. C. F. Fuchs. (Schlufs folgt.) 40

III. Ueber das Alterthum des Aderlasses. Ein Beitrag zur Geschichte der Medicin. Von Dr. Landsberg. 89

IV. Ueber die öffentliche Irrenpflege im achtzehnten und neunzehnten Jahrhundert. Von Dr. Heinrich Neumann. 141

V. Recensionen 152

VI. Miscelle 175

Zweites Heft.

I. Die Wunderheilungen der heil. Hedwig in Schlesien im XIII. Jahrhundert, beurtheilt von Dr. A. G. E. Th. Henschel. . . 177

II. Francesco Delicado über den Guajac. Ein Beitrag zur älteren Bibliographie und Geschichte der Syphilis, von C. H. Fuchs. . . 193

III. Die Beri-Beri-Krankheit unter der Armee des Aelius Gallus in dem Feldzuge nach Arabien im Jahre 24 vor Christi Geburt. Von Dr. Meyer-Ahrens. 205

IV. Ueber die in Attika zur Zeit des peloponnesischen Krieges herrschende Pest. Eine Nachlese von Dr. Landsberg in Breslau . 257

V. Das Verhältnifs der Krankheiten in senkrechter Richtung von der Küste der Nordsee bis zum Rücken des Thüringerwaldes. Von Dr. C. F. Fuchs zu Brotterode. (Fortsetzung.) . . . 294

VI. Recension 321

Drittes Heft.

Seite.

I. Geschichte der Physiologie der Herztöne vor und nach Laënnec. Von Dr. G. Joseph in Breslau. (Fortsetzung.) . . . 345
II. Biographisch-litterarische Notizen, berühmte Wundärzte und Aerzte des XIII. und XIV. Jahrhunderts betreffend, von A. W. E. Th. Henschel. (Fortsetzung.) 375
III. Sydenham's wissenschaftlicher Charakter und seine Bedeutung für unsere Zeit. Von J. G. Thierfelder. 426
IV. Ueber die in Attika zur Zeit des peloponnesischen Krieges herrschende Pest. Eine Nachlese von Dr. Landsberg in Breslau. 438
V. Notiz über die Entdeckung der wahren Natur der Krätze durch Giacinto Cestoni von Livorno. Von Dr. Haeser in Greifswald. 485
VI. Recensionen: 488
VII. Miscellen: 502

Viertes Heft.

I. Geschichte der Physiologie der Herztöne vor und nach Laënnec. Von Dr. G. Joseph in Breslau. (Schluſs.) 565
II. Das Verhältniſs der Krankheiten in senkrechter Richtung von der Küste der Nordsee bis zum Rücken des Thüringer Waldes. Von Dr. C. F. Fuchs zu Brotterode. (Schluſs.) 527
III. Recensionen 612
IV. Miscellen 659

I.

Geschichte der Physiologie der Herztöne

vor und nach Laënnec bis 1852.

Von

Dr. G. Joseph in **Breslau.**

Die Kenntnifs der Töne des Herzens und ihrer physiologischen Bedeutung gibt uns ein deutliches Beispiel, wie spät zuweilen Erscheinungen in unserer nächsten Umgebung oder an unserem eignen Körper wahrgenommen werden. Gewifs sind unzählige Jahre dahingegangen, ohne dafs irgend Jemand geahnt hat, welch merkwürdiges akustisches Phänomen in unserer eignen Brust verschlossen sei. Der erste Schriftsteller, der sich über die Herztöne klar ausspricht und sie auf bestimmte physiologische Actionen des Herzens zu beziehen versucht hat, ist Laënnec, der Erfinder der Auscultation. Wenn wir bedenken, dafs ein Jeder, der in Freude oder Leid einmal an der Brust eines Andern lag, die Töne des Herzens vernehmen mufste, so müssen wir uns wundern, wie eine so gar nicht verborgene Sache erst in unserm Jahrhundert entdeckt worden ist. Dafs den Alten, welche die Actionen dieses Organs gekannt und mit den Namen Systole und Diastole, deren wir uns noch heute bedienen, benannt haben, die Behorchung der Kranken ganz fremd gewesen ist, wird Niemand behaupten. Vielleicht ist es gerade jene Stelle im Hippokrates: „*Τοῦτον — καθίσας ἐπὶ ἐφέδρου, ὅτι μὴ ἀποκινήσει, ἕτερος μὲν τὰς χεῖρας ἐχέτω, σὺ δὲ, τὸν ὦμον σείων, ἀκροάζεσθαι, ἐς ὁπότερον ἂν τῶν πλευρέων τὸ πάθος ψοφέῃ· βούλεσθαι δὲ ἐς τὸ ἀριστερόν, κατ' αὐτὸν οὖν τὸν τό-*

πον τομέειν" *), und: „ἦν πολλὸν χρόνον προσέχων τὸ οὖς ἀκουάζῃ πρὸς τὰ πλευρά" etc. **), wo von der Erkenntnifs und Operation des Pneumopyothorax die Rede ist, welche Laënnec den Leitfaden zur Entdeckung der Auscultation gegeben. Desgleichen ist zu glauben, dafs weder dem Erasistratus (250 v. Chr.), welcher durch die Pumpentheorie des Herzens die hydraulische Theorie des Blutkreislaufes begründet und den häutigen Klappen Ventilfunction zugeschrieben hat, noch dem Galen, der die Pumpentheorie der Herzfunction fast ausgebildet seinen Nachfolgern überliefert hat, die Herztöne gänzlich unbekannt gewesen sind. Galen's Kenntnisse sind hierin durch viele Jahrhunderte in Nichts vervollkommnet oder vermehrt worden, bis auf Harvey, aus dessen Werke „exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus" ***) hervorgeht, dafs die Töne des Herzens dem Wiederentdecker des Blutkreislaufes nicht entgangen sind. Wenn, sagt er, ein Theil des Blutes durch die Bewegungen des Organs aus den Venen in die Arterien übergetrieben wird, „pulsum fieri et exaudiri contingit." Er vergleicht den Ton selbst mit dem Deglutitionsgeräusch eines Pferdes: „sonitum facit et pulsum quendam et auscultantibus et tangentibus exhibet." Diese Beobachtung wurde damals von vielen Gelehrten für nicht weniger falsch gehalten, als die ganze Circulationslehre Harvey's. So leugnet Aemilius Parisanus, ein venetianischer Arzt, in seiner Widerlegung der Harvey'schen Principien †) die Existenz dieses Tones völlig: „quem nos surdastri audire non possumus", und ironisch fügt er hinzu, man höre ihn nur in London: „tantummodo Londini exauditur." Vielleicht sind die Töne des Herzens aufser dem Harvey auch Männern wie Lancisi, Lover, Senac, Haller, welche dem Studium der Structur und der Actionen dieses

*) *Περὶ νούσων* lib. II. Ed. Kühn. Lips. 1826. p. 258.

**) ibid. p. 277.

***) Rotterdam 1654. p. 79.

†) Recentiorum disceptationes de motu cordis etc. Lugduni Batavorum 1647. pag. 101—107.

Organs so eifrig obgelegen haben, nicht unbekannt geblieben. Sie scheinen unter dem Worte „pulsus cordis", Herzschlag, sowohl das Hörbare als auch das Fühlbare begriffen zu haben. Ebenso scheint Corvisart die Herzstöfse mit dem Stofse der Herzspitze für einerlei geachtet zu haben. Denn aus seinem berühmten Werk*) ergibt sich, dafs er nur sein Ohr der Brust der Kranken genähert hat, um die Herzschläge in den Fällen leichter zu vernehmen, wo er sie durch Auflegen der Hand auf den Thorax nicht gehörig unterscheiden konnte. Dasselbe gilt von Testa und F. L. Kreysig **). Keinem dieser Forscher ist also die Idee beigekommen, die wahrgenommenen Töne vom Herzschlage zu unterscheiden und auf bestimmte Actionen des Herzens zu beziehen. Dies hat Laënnec zuerst versucht. Obschon demnach Einzelne vor ihm die Sache geahnt und sich dunkel darüber ausgesprochen haben, so darf dennoch das Verdienst dieses Mannes, weil er zuerst ausgesprochen hat, dafs die Herztöne die Zeichen bestimmter physiologischer Vorgänge sind, nicht geschmälert werden. Der Entdeckung der Herztöne und ihrer physiologischen Bedeutung ging die Erscheinung voraus, welche jeder wichtigen Entdeckung vorauszugehen pflegt. Es ist einmal der Gang des Zeitgeistes, dafs die Ideen früher von Einzelnen geahnt werden, oft in einem dunkeln Bewufstsein sich vereinigen müssen, ehe sie klar zu Tage treten. Die Ehre der Erfindung jedoch wird mit Recht dem zugetheilt, der sie zuerst deutlich vor Augen führt und zur Geltung bringt. Demgemäfs können wir Grabau nicht beistimmen, der***) dem Laënnec das Verdienst der Entdeckung streitig machen will. Laënnec ist unbestritten der Erste, welcher sich die Frage vorgelegt hat, durch welche Vorgänge im Herzen die Töne hervorgebracht werden. Gleichwohl hatten schon einige seiner Zeit-

*) Versuch über die Krankheiten des Herzens von J. N. Corvisart, übersetzt von Dr. Rintel. 1814. p. 270. u. a. O.

**) Herzkrankheiten, v. F. L. Kreysig. Theil I. p. 295. Berlin 1814.

***) Der Schlag und die Töne des Herzens. Jena 1846. §. 1. Anm.

genossen erkannt, dafs nicht Alles wahr sei, was er über die Ursachen dieser Töne gesagt hat, und versuchten das Unrichtige zu verbessern. Seit dieser Zeit hat die Erforschung der Ursachen der Herztöne viele ausgezeichnete Aerzte und Naturforscher beschäftigt und zur Lösung dieses Problems alle Hülfsquellen des Geistes, auch die Phantasie in Bewegung gesetzt. Nachdem sie dem Mechanismus der Circulation die Grundlagen für ihre Theorien entlehnt hatten, wurden Beobachtungen, welche an lebenden Menschen und Thieren gemacht worden waren, mit Versuchen an Leichnamen und Sectionsbefunden verglichen. Wunderbar! die verschiedensten und einander widersprechendsten Theorien wurden aufgestellt und jeder Forscher behauptete, seine Theorie sei die einzig wahre, weil sie sich auf Beobachtungen stützte. Gleichwohl können Ansichten über eine einzige genau bestimmte Erscheinung, welche einander widersprechen, nicht alle zugleich wahr sein. Und obwohl alle diese Männer behauptet haben, dafs ihre Theorien auf Beobachtungen gegründet seien, so werden wir dennoch erkennen, dafs sie sich auf Meinungen, auf Hypothesen, auf Schlüsse stützen. Wir erkennen daraus, dafs die Beobachtung nicht seltener die Mutter der Täuschung und des Irrthums als der Wahrheit wird. Es kommt Alles darauf an, wie der Beobachter sie deutet. Wer, in Vorurtheilen befangen, zur Beobachtung schreitet, der wird auch leicht getäuscht, wenngleich er nur zu hören und zu sehen glaubt. So ist es vielen jener Forscher ergangen. Unbewufst leiteten sie die vorgefafsten Meinungen, die Irrthümer, denen sie anhingen, und begleiteten sie bis zum Sectionstisch. Daher werden wir erkennen, dafs weit mehr Dinge erdacht als wirklich entdeckt worden sind. Was sehr viel zur Verwirrung der Wissenschaft beigetragen hat, ist, dafs Irrthümer, deren Unhaltbarkeit zuverlässige Forschungen längst dargethan hatten, in eine andere Form gekleidet, immer wieder auftauchten und Geltung erlangen wollten. Da aufserdem eine so grofse

Menge von Arbeiten über diesen Gegenstand der Forschung veröffentlicht worden sind, dafs die Wissenschaft gleichsam davon überschwemmt zu sein scheint, so sieht der Leser mitten in den entgegengesetzten Ansichten und widersprechenden Theorien die Wahrheit kaum durchschimmern und kann sie oft nicht von der Täuschung unterscheiden. Um uns in diesem Labyrinthe von Meinungen zurecht zu finden, werden wir die Theorien der verschiedenen Schriftsteller historisch darstellen und, nach unseren Kräften, prüfen. Wir dürfen aber dabei um so eher auf nachsichtige Beurtheilung unserer Arbeit hoffen, als der Gegenstand unserer Aufgabe aus den angegebenen Gründen fast jeder historischen Darstellung widerstrebt. Der Beurtheilung der Theorien werden wir als Schlufs eine Zusammenstellung derjenigen Ursachen der Töne folgen lassen, welche wir, gestützt auf Untersuchungen und Versuche zuverlässiger Forscher, als die einzig wahren anerkennen.

Die Theorien, welche wir nun betrachten wollen, erklären die Entstehung des einen Tones oder beider Töne entweder aus der Oscillation der Muskelsubstanz des Herzens, oder aus den Schwingungen der Bluttheilchen, oder aus dem Stofse des Blutes gegen die Herzwände, oder aus dem Zusammentreffen von Luft und Blut, oder aus den Schwingungen der Brustwand oder des Herzbeutels, oder endlich aus Schwingungen der Klappen. Eben so verschieden wie die Ursachen der Töne finden wir auch die Anordnung und Aufeinanderfolge der Herzbewegungen und ihrer Coincidenz mit den Tönen beschrieben. Wir müssen hier die Bemerkung vorausschicken, dafs die französischen Schriftsteller die Töne und die Geräusche des Herzens ohne Unterschied mit dem Worte „bruit", Geräusch, bezeichnen und dafs Skoda zuerst den Unterschied zwischen Ton und Geräusch des Herzens festgestellt und dadurch viele Zweideutigkeiten des Ausdrucks weggeräumt hat. Indem wir Skoda beistimmen, werden wir unter Ton jenes genau be-

grenzte akustische Phänomen, welches dem Tik oder Tak gleicht, und unter Geräusch die diffuse, undeutlich begrenzte akustische Erscheinung, welche bald dem Blasen, bald dem Knarren, bald dem Feilen gleicht, verstehen. Gehen wir nun zur Beleuchtung der einzelnen Theorien selbst über.

René Theophile Hyacinth Laënnec*)

(geboren d. 17. Februar 1781, gestorben d. 13. August 1826) hat beobachtet, dafs die Herztöne am deutlichsten in der dem Herzen entsprechenden Gegend der Brust gehört werden, dafs je zwei auf einander folgen und durch einen Augenblick der Ruhe getrennt werden. Der Meister der Auscultation hat sehr gut gehört, aber das Gehörte eigentlich nicht erklärt. Ohne sich auf Erklärungen einzulassen, schreibt er den ersten, dumpfern, längern, mit dem Herzstofs und dem Pulse der grofsen Arterien zusammenfallenden Ton der Zusammenziehung der Kammern, den zweiten, hellern, kürzern, dem Klappen eines Blasebalgs ähnlichen Ton der Zusammenziehung der Vorkammern zu. Das Ansehen eines so berühmten und gefeierten Mannes bewirkte, dafs man einige Zeit seine Ansicht für wahr annahm und einer nähern Prüfung nicht unterwarf. Es fehlte jedoch nicht, dafs man später den Irrthum in seiner Meinung entdeckte. Obschon er richtig bemerkt hat, dafs durch den dumpfen, längern Ton die Zusammenziehung der Kammern angedeutet werde, so hat er dennoch in der Beziehung zwischen dem zweiten Ton und der Zusammenziehung der Vorkammern geirrt. Wenn diese wahr wäre, so müfste die Contraction des Herzens bei den Ventrikeln beginnen und auf die Atrien übergehen. Aber schon Harvey**) und Haller***) hatten durch sehr sorgfältige und zahlreiche Versuche gefunden, dafs der Zusammenziehung der Atrien sehr schnell die der Ventrikel

*) Traité de l'auscultation médiate. Ed. I. Paris 1819. (Nach dem Französ. im Auszuge bearbeit. Weimar 1822. Bd. II. p. 431.) Ed. II. 1826. Edit. III. Paris 1831. Tom. III. p. 18—29. Edit. IV. 1837.

**) De motu cordis etc. Rotterdam 1654. p. 38.

***) Elem. phys. T. I. lib. IV. sect. 4. §. 21.

folge. Auch hat L. die eigentliche Ursache des ersten Tons nicht gefunden, sondern nur seine Beziehung zu einem physiologischen Vorgange im Herzen, nämlich der Zusammenziehung der Kammern, entdeckt. Die falsche Beziehung des zweiten Tons glaubte

A. Turner*)

zu verbessern, indem er erklärte, dafs dieser Ton durch das Zurückfallen des Herzens aufs Pericardium während der Diastole der Ventrikel entstände. In der Erklärung des ersten Tons stimmt er mit Laënnec überein. Obwohl in der That der zweite Ton in der Diastole der Ventrikel vernommen wird, so hat dennoch T. in der ursächlichen Erklärung des Tones geirrt. Denn wir vernehmen diesen Ton auch dann noch, wenn die Herzbewegungen nach Entfernung des Herzbeutels stattfinden**). Ferner glaubt T. fälschlich, dafs das Herz zur Zeit der Diastole auf den Herzbeutel zurückfalle. Er nimmt also einen Raum zwischen Herz und Herzbeutel an, der dadurch entstanden sein soll, dafs das Herz während seiner Zusammenziehung einen kleinern Raum einnimmt als während seiner Erschlaffung. Gleichwohl existirt ein solcher Raum nicht. Denn je mehr sich das Herz zusammenzieht, desto näher rücken die nachbarlichen Weichgebilde, und wir sehen jene Membran auch dem durch die Systole verkleinerten Herzen dicht anliegen. — Auch

David Williams***)

setzt wie Laënnec den ersten Ton in ursächliche Beziehung zur Kammerzusammenziehung. Den zweiten Ton läfst er durch plötzliche Anspannung und durch Anschlagen der Vorhofsklappen an die Wände der Kammern während der Erweiterung dieser letztern entstehen. Wir verschieben die Widerlegung dieses aus der Luft gegriffenen Grundes, bis wir zur Beleuchtung der Theorie Bouillaud's kommen werden.

---

*) Med. et chir. transact. Edinb. 1829. Vol. III.

**) Vergl. Versuche v. Charles Williams, Hope, Dubliner Comité u. s. w.

***) Edinb. Med. and Surg. Journ. Oct. 1829.

Marc d'Espine*).

Nicht lange nach dem Erscheinen von Laënnec's Auscultationslehre stellte Marc d' Espine, um die Ursachen der Herztöne zu finden, Experimente an lebenden Thieren an. Die Ergebnisse seiner Versuche reihen sich hinsichtlich der unvollkommenen Erklärung der Töne den bisher betrachteten an. 1) Der erste Ton werde während der Systole der Kammern gleichzeitig mit dem Herzpulse, während das Blut aus den Kammern in die Arterienstämme fliefst, gehört. 2) Der erste und zweite Ton seien von einander durch eine kleine Zwischenzeit getrennt. 3) Der zweite Ton werde, während das Blut aus den Atrien in die Ventrikel strömt, während der Dauer der Diastole der Kammern und der Systole der Vorkammern vernommen. 4) Der zweite Ton sei vom ersten Ton durch eine gröfsere Zwischenzeit geschieden. Durch den gröfsern Zwischenraum, welcher dem zweiten Tone folge, werde die vollkommene Ruhe des Herzens angezeigt. Erklärungen der Töne gibt Marc d' Espine eben so wenig wie Laënnec. Er setzt nur den ersten Ton in ursächliche Beziehung zur Kammerzusammenziehung, den zweiten Ton zur Kammererschlaffung. Auch findet er, dafs die Zusammenziehung der Vorkammern geräuschlos vor sich gehe. Die Beziehung des ersten Tons ist richtig, die des zweiten nicht völlig wahr. Dieser Ton zeigt nämlich nicht die ganze Dauer, sondern nur den Anfang der Diastole an. Ebenso wird durch die gröfsere Zwischenzeit zwischen dem zweiten und ersten Ton nicht die völlige Ruhe des Herzens, sondern die fortgesetzte Diastole der Kammern angedeutet.

Corrigan**)

schlug um diese Zeit einen neuen Weg ein, um zur Erklärung der Töne zu gelangen. Der erste Ton entsteht nach ihm zugleich mit dem Herzschlage in der Diastole der Kam-

*) Arch. gén. de méd. Tom. XXVI. p. 427. 1829.

**) Transact of Kings et Queens coll. of phys. Ireland. 1829.

mern, während das Blut nach Zusammenziehung der Vorkammern in die Kammerhöhlen stürzt, der zweite Ton durch den Rückstofs der innern Kammerflächen während der Kammerzusammenziehung. Diese Theorie stützt sich auf ganz unhaltbare Gründe. Die von ihm aufgestellte Ordnung der Herzactionen widerspricht völlig der Wahrheit. Die sehr sorgfältig angestellten zahlreichen Versuche Harvey's, Haller's, Marc d' Espine's, deren Ergebnisse später durch die Hope's, Charles Williams, des Dubliner und Londoner Comité's bestätigt worden sind, zeigten, dafs die Zusammenziehung der Vorkammern der Kammersystole vorangehe. Der erste Ton entspricht der Systole, der zweite Ton dem Anfange der Diastole (vgl. später Charles Williams, Hope u. s. w.). Das Blut strömt geräuschlos aus den Vorkammern in die Kammern. Da sich C. nicht näher darüber ausspricht, wie das Eindringen des Bluts in die Kammern den Ton erzeugen soll, so wollen wir die Widerlegung seiner Ansicht bei der Beleuchtung der Theorie Pigeaux's aufnehmen. Sollte durch den Rückstofs der Kammerflächen ein Ton erzeugt werden, so müfste dieser Ton immer, besonders bei sehr starken Kammerwänden und kräftiger Contraction derselben, wahrnehmbar sein. Gerade dann aber wird, obwohl die Kammerwände gesund sind, sehr oft kein Ton vernommen, sondern statt seiner ein Geräusch gehört. C. hat sowohl in der Ordnung der Herzactionen als auch in der Erklärung der Töne Nachahmer gefunden. Seine Theorie macht den Anfang einer Reihe von Theorien, welche der Bewegung der Bluttheilchen die Ursache der Töne zuschreiben. Die letzte derselben wurde im Jahre 1841 veröffentlicht.

Die bisher erörterten Theorien erweckten trotz ihrer Unvollkommenheit einen regen Forschungsgeist, so dafs seit dem Jahre 1831 kein Jahr vergeht, in welchem nicht wenigstens ein Forscher die Lösung des Problems der Herztöne versucht, Untersuchungen über die Ursachen der Töne anstellt, neue Ansichten aufstellt oder durch neue Gründe be-

reits aufgestellte zur Geltung zu bringen versucht. Die erste Theorie, welcher wir in diesem Zeitraume begegnen, ist die von Dr. James Hope.

J. Hope*).

Seine Ansicht schliefst sich hinsichtlich der Erklärung der Töne der Corrigan's an, ohne in dessen Fehler in Bezug auf die Ordnung der Herzactionen zu verfallen. Hope hatte in zahlreichen Vivisectionen von Eseln erkannt, dafs die Atrien sich vor Beginn der Kammersystole geräuschlos zusammenziehen, die Kammersystole gleichzeitig mit dem Herzimpulse schnell nachfolge, dann Ruhe eintrete. Entschieden spricht er aus, dafs der erste Ton mit der Systole, der zweite Ton mit der Diastole der Kammern gleichzeitig sei. Die Töne läfst er durch gegenseitigen Zusammenstofs der Bluttheilchen und die daraus hervorgehenden Schwingungen derselben entstehen. Die Bluttheilchen sollen auf doppelte Weise Töne erzeugen können. Sie werden nämlich theils durch die Zusammenziehung der Kammern an deren unebnen innern Oberflächen in unzählige, einander entgegengesetzte Strömchen versetzt, welche wie ein einfacher directer Strom das Zusammenstofsen aller Bluttheilchen vermitteln und als Summe des von Theilchen zu Theilchen fortgepflanzten Impulses einen Ton zur Folge haben. Theils erregen sie einen Ton, wenn sie in ihrem Laufe von festern Wänden einen Widerstand erleiden, wie es der Fall ist bei der Diastole der Kammern und während der Systole bei den Arterienwandungen. Nach H. entsteht also der erste Ton dadurch, dafs die Contraction der Kammern die Bluttheilchen in Schwingungen versetzt. Dieser Ton ist länger, weil die Bewegung der Bluttheilchen einige Zeit hindurch dauert. Der zweite Ton entsteht nach H. am Ende der Kammerdiastole. Bei ihrem Eintritt nämlich steigt das Blut, angetrieben

*) Dr. James Hope: Krankheiten des Herzens und der gr. Gefäfse. 1831. Uebersetzt v. Dr. F. W. Becker. Berlin 1833. p. 28—31.

von einer Menge zusammentreffender Umstände, blitzschnell aus den Vorhöfen in die Kammern. Plötzlich wird sein Lauf durch die Vollendung der Diastole gehemmt. Durch diesen plötzlichen kurzen Stofs der Theilchen gegen die Wandungen der Kammern entsteht der laute, kurze und reine zweite Ton.

Die Ordnung der Herzactionen ist bis auf die Zeit des zweiten Tons, den H. ans Ende der Kammerdiastole setzt, richtig. Aus spätern Versuchen wird einleuchten, dafs dieser Ton in den Anfang der Kammerdiastole fällt. Wäre Hope's Ansicht die richtige, so müfste, da er den zweiten Ton unmittelbar vor Beginn der Systole entstehen läfst, die Pause zwischen dem zweiten und ersten Ton sehr kurz, kürzer sein als die zwischen dem ersten und zweiten Ton, zwischen denen nach Hope's Ansicht die ganze Zeit der Diastole liegt. Auf eben so unhaltbaren Hypothesen ist Hope's Erklärung der Töne gegründet. Impulse, welche feste Körper in Schwingungen versetzen, können bei Flüssigkeiten nur eine Veränderung der Lage der einzelnen Theilchen zur Folge haben. Deshalb sind Flüssigkeiten unter allen Körpern am wenigsten geeignet, einen Schall in sich hervorzubringen. Man könnte uns entgegensetzen, dafs auch feste Theile, die globuli sanguinis, sich im Blute befinden. Es ist jedoch nach akustischen Gesetzen unmöglich, dafs Körperchen von mikroskopischer Kleinheit durch Schwingungen einen hörbaren Ton erzeugen könnten. H. selbst hat in einer spätern Ausgabe seines Werkes, die weiter unten zu erwähnen Gelegenheit sein wird, die Theorie der Blutschwingungen zurückgenommen.

J. Pigeaux*)

folgt sowohl der Zeit als seinem Principe nach auf Hope. Auch ihm ist das die sämmtlichen Partien des Circulationsapparates durchströmende Fluidum unmittelbare Ursache der Töne. Der Anstofs des Blutes gegen die Wandungen der

*) Thèses de la faculté. Février 1832. No. 24. p. 6 sqq.

Höhlen, welche es durchläuft, verursache die Schallschwingungen. Die Contractionen der einzelnen Herzpartien seien nur die mittelbare Ursache der Töne. Durch die geräuschlose Contraction der Atrien in die Ventrikel getrieben, stöfst oder reibt sich das Blut an den dicken Wandungen, die in Schwingungen versetzt werden und den ersten Ton erzeugen, während der zweite von dem Blutstofs gegen die Wand der Arterienstämme herrührt.

Pigeaux hat die Fehler Corrigan's durch seine Theorie nicht glaublicher machen können. Die Ansicht, dafs die Contraction der Atrien der Diastole vorangehe, findet bereits im Vorigen ihre Widerlegung. Würde der zweite Ton durch den Stofs des Blutes gegen die Wandungen der Arterienstämme hervorgebracht, so müfste der Puls diesem Tone folgen, während er jedoch ihm vorangeht. Gegen die Theorie der Entstehung der Töne durch die Blutreibung gilt das über Hope Gesagte und gelten die Gründe, welche wir später gegen die neue, 1839 veröffentlichte Theorie Pigeaux's auseinandersetzen werden.

Karl Friedrich Burdach*).

In demselben Jahre versuchte auch ein berühmter deutscher Physiolog, Karl Friedrich Burdach, das Problem der Herztöne auf originelle Weise zu lösen. B. nimmt als sicher an, dafs das Blut, welches bekanntlich im leeren Raume viel Luft entwickele, auch im lebenden Körper, wenn in seinem Strome eine Lücke entsteht, von seiner gebundenen Luft so viel abgebe, als nöthig sei, um diesen leeren Raum auszufüllen. Spallanzi und Weber sind hierin seine Gewährsmänner, welche im lebenden Körper neben den Blutscheibchen schwimmende Luftbläschen beobachteten. Nun sei aber 1) im Herzen Entbindung von Luft aus dem Blute durch den leeren Raum gegeben, der nach jeder Contraction ent-

*) Lehrb. der Physiologie als Erfahrungswissenschaft. Leipzig 1832. Bd. IV. p. 223—225. u. 248.

stehen müsse, und 2) das Einströmen des Blutes in einen lufthaltenden Raum zur Hervorbringung eines Tons vorzüglich geeignet, denn die Herzgeräusche würden besonders stark, wenn die in eine Vene gespritzte Luft sich im Herzen sammle. Nach diesen Voraussetzungen glaubt er folgende Theorie aufstellen zu dürfen: dafs der erste Schall gleichzeitig mit der Systole der Venensäcke (Atrien) durch das in die Arterienkammern (Ventrikel) strömende Blut verursacht werde, indem dasselbe Luft darin findet und in den Anfang der Arterienstämme treibt. Der zweite Schall rühre von dem durch die Systole der Arterienkammern (Ventrikel) in die Arterien getriebenen Blute her, welches die daselbst befindliche Luft in die jetzt wieder sich erweiternden Kammern zurückdränge. Der Rhythmus dieser Töne entspreche vollkommen dem Rhythmus der Systole der ungleichnamigen Theile des Herzens (resp. der Systole der Atrien und der Kammern). Der durch die Systole der Venensäcke herbeigeführte erste Schall ist gleichzeitig mit dem Herzschlag. B. lehrt, dafs der erste Ton der Diastole der Kammern, der zweite Ton deren Systole entspreche, die Contraction der Atrien der Systole der Ventrikel folge. Dafs eine solche Ordnung der Herzactionen falsch ist, folgt aus den sorgfältigen und zahlreichen Versuchen Harvey's, Haller's, Hope's, d'Espine's (und später aus den gewifs zuverlässigen Experimenten Ch. Williams, des Dubliner Comité's u. s. w.). Die Zusammenziehung der Atrien geht nämlich der Kammersystole unmittelbar voraus, der erste Ton und der Herzschlag entspricht der Systole, der zweite Ton der beginnenden Kammerdiastole. Einer der Versuche Hope's möge uns als überzeugendes Beispiel dienen. Das Herz eines jungen Esels wurde bloſsgelegt. Es schlug 48 mal in der Minute. Der Auscultirende horchte genau und gab den ersten Ton durch die Zahl eins, den zweiten Ton durch die Zahl zwei an. Ein anderer der Anwesenden, die Herzbewegungen genau betrachtend, zählte 1 für die Zusammenziehung der Kammer, 2 für

deren Erweiterung. Siehe da! in demselben Zeitaugenblicke, in welchem der eine Beobachter den ersten Ton verkündete, rief auch der andere die Zahl eins für die Kammersystole aus. Auf dieselbe Weise wurde auch der zweite Ton und der Eintritt der Kammerdiastole zu gleicher Zeit ausgerufen.

Gehen wir nun zu den Ursachen der Töne über, welche B. für die einzig richtigen hält. Obwohl wir zugeben, dafs das Blut im leeren Raume einen Theil seiner in sich gebundenen Luft ausstofse, um jenen Raum zu erfüllen, und dafs durch jede sich schnell in einen mit Luft erfüllten Raum stürzende Flüssigkeit ein Ton erzeugt werden könne, so findet doch keins von beidem im Herzen statt, da der nöthige leere Raum in der That nicht vorhanden ist, und nur von Burdach beliebig als existirend gedacht wird. Wir wissen, dafs weder im Herzen noch in irgend einem andern Theile eines Organismus ein leerer Raum entstehen kann. Je mehr sich nämlich das Herz zusammenzieht, einen je kleineren Raum es einnimmt, desto näher müssen die benachbarten Weichtheile, der Herzbeutel, die Lungen, die Intercostalräume, rücken. Ferner entsteht nach vollendeter Zusammenziehung die Kammererweiterung nicht durch eine plötzliche Action des Kammermuskels, sondern dadurch, dafs die erschlafften Herzwände, indem das in den Atrien angehäufte Blut aus den Höhlen derselben in die der Kammern vordringt, allmählich von einander gedrängt und so die Höhlen der Kammern erweitert werden. Es ist also in den Ventrikeln zu keiner Zeit die Bedingung zur Entstehung eines leeren Raumes gegeben. Fehlt aber der leere Raum, so fehlt auch die Bedingung zur Luftentwickelung aus dem Blute, und das ganze System Burdach's fällt zusammen. Wir müssen uns wundern, dafs dieser gefeierte Physiolog sich eines Umstandes zur Erklärung der Töne bedient, welcher, wie ältere und neuere Beobachtungen ergeben, den Tod zur Folge hat. Es steht nämlich fest, dafs Thiere sehr schnell

sterben, wenn die in eine ihrer gröfseren Venen eingedrungene Luft in Circulation gesetzt wird und in die (rechte) Herzhöhle gelangt. Doch die Theorie Burdach's erhält auch dann nicht irgend einen Schein von Wahrscheinlichkeit, selbst wenn wir zugeben wollten, dafs im Herzen leere Räume existiren könnten. Niemand sieht nämlich ein, wie die Luft aus den Arterien in die Kammerhöhlen zurückgelangen soll, noch warum sie nicht mit dem Blute in die Theile des Körpers getrieben wird. Ohne Zweifel wird wohl Keiner sich zu der aus der Luft gegriffenen, nicht einmal geistreich dargestellten Theorie Burdach's bekannt haben. Sie erscheint darum jetzt mit Recht der Vergessenheit übergeben zu sein, da fast keine andere ein so trauriges Beispiel von Verkehrtheit der menschlichen Phantasie gegeben hat.

Das Jahr 1832, in welchem Pigeaux's und Burdach's Theorien erschienen, war der Physiologie der Herztöne überaus günstig. Die Ursache der Töne wurde endlich auch der Bewegung der Herzklappen entnommen, einem Umstande, den die frühern Forscher ganz aufser Acht gelassen hatten.

Rouanet*)

nämlich hatte sich durch eine grofse Anzahl von Versuchen überzeugt, dafs eine jede Membran, wenn sie aus dem Zustande der Erschlaffung plötzlich in den der Spannung überginge, in Schwingungen gerathe und töne, dafs die Stärke des erzeugten Tones der spannenden Kraft entspreche, die Helligkeit desselben um so gröfser sei, je zarter und elastischer die Membran; je breiter, dicker, schlaffer dieselbe sei, desto dumpfer der Ton. Von dieser Beschaffenheit seien die Herzklappen. Darauf fufsend, schreibt er den ersten Ton der plötzlichen Annäherung und Spannung der valv. bi- und tricuspidalis während der Systole der Kammern und den zweiten Ton der plötzlichen, durch den Rückstofs der Blut-

*) Thèses de la faculte. 1832. No. 252.

säule (choc de retour) bewirkten Spannung der valvulae semilunares in Folge der Retraction der Arteria pulmonalis und Aorta zu. Der erste Ton ist stark, da die drückende Kraft der Kammern stark, dumpfer, da die Klappen, durch deren Spannung er zu Stande kommt, breiter, weniger zart sind; der zweite Ton ist heller, weil die valv. semil. kleiner, zarter sind.

R. erklärt das Zustandekommen des zweiten Tons durch folgendes Experiment. Eine 4″ hohe Glasröhre wurde an die über den valv. semil. befindliche Partie der Aorta, eine 3″ lange und 1″ im Durchmesser dicke Röhre nebst einer mit Wasser gefüllten Blase unterhalb der valv. semil. befestigt. Ahmte er nun, nachdem das Wasser mit den Ansatzpunkten der Klappen in gleiches Niveau gesetzt war, durch abwechselnden Druck der Blase die Herzcontraction und das Aufsteigen des Blutes in die Aorta nach, so vernahm er jedesmal, wenn seine Hand von der Compression der Blase abliefs und die Flüssigkeit nun zurückfiel, einen deutlichen Stofs, der dem zweiten Ton sehr analog war und dessen Stärke mit der Höhe der Wassersäule in geradem Verhältnisse stand. Eine vollkommene Aehnlichkeit mit dem Ton, glaubte er, wäre nur durch die fehlende Resonanz des Thorax und den Mangel des vitalen Widerstandes der Arterienhäute verhindert. Vorzüglich hänge von der Schlaffheit der Gewebe die geringe Energie ab, mit welcher bei diesem Experimente die Flüssigkeit auf die Klappen stofse und den Ton erzeuge. Im lebenden Zustande also werden die Töne durch die Resonanz des Thorax und durch die gröfsere Elasticität der Klappen lauter.

R. hat die wahrscheinlichsten Ursachen der Herztöne gelehrt. Sie beruhen auf physikalischen Gesetzen und stehen auch mit den Beobachtungen an gesunden und kranken Herzen in Einklang. Wer die Herzen vieler Menschen auscultirt und die Beobachtungen an Lebenden mit dem Zustande der Theile in Todten verglichen hat, überzeugt sich, dafs

die Veränderungen der Töne sehr oft den anatomischen Veränderungen der Klappen entsprechen. Er findet nämlich im Herzen desjenigen Kranken, in welchem er im Leben Geräusche statt der Töne gehört hatte, nach dem Tode organisch verbildete, mit Excrescenzen besetzte oder verdickte, starre und unbewegliche, oder zusammengewachsene, oder endlich verschrumpfte Klappen. Es liegt daher sehr nahe, zu schliefsen, dafs zwischen der Beschaffenheit der Klappen und dem Zustandekommen der Töne ein ursächlicher Zusammenhang bestehe.

Da R. die Ursache der Töne der plötzlichen Annäherung und Spannung der Klappen, also ihrem Schlusse zuschreibt, so ist klar, dafs er glaubt, der Klappenschlufs und die Ursache der Töne finde in einer und derselben Zeit statt. Ob dies genau sich so verhält, wollen wir gegen Ende unserer Abhandlung auseinandersetzen. Wir werden zeigen, dafs die Töne eigentlich nicht durch den Schlufs der Klappen, sondern etwas später dadurch, dafs die bereits geschlossenen Klappen von einem vermehrten Impuls des Bluts zur Zeit der Zusammenziehung der Kammern oder Arterien getroffen werden und in stärkere Spannung gerathen, entstehen. Denn Membranen tönen und schwingen nicht allein, wenn sie aus dem Zustande der Erschlaffung plötzlich in den der Spannung gerathen, sondern auch, wenn sie, bereits gespannt, von dem plötzlichen Impulse eines andern Körpers getroffen werden. Endlich läfst R. die Helligkeit der Töne von der natürlichen Beschaffenheit der Klappen abhängen. Es ist hinzuzufügen: nicht allein von der Beschaffenheit der Klappen, sondern auch von der Beschaffenheit der sie umgebenden und mit ihnen verbundenen Höhlen*). Die Töne der Atrioventricularklappen sind weniger hell, weil diese Klappen von dem dicken, zu Schwingungen fast unfähigen Herzmuskel, die Töne der Seminularklappen sind heller, weil

*) Pouillet-Müller's Lehrb. der Physik. 1847. Bd. I. p. 321. u. 313.

sie von dem härtern, zartern, schwingbarern Arteriencylinder umgeben sind.

Rouanet's Theorie der Herztöne ist unstreitig von allen bisherigen die vorzüglichste. Die von ihr ermittelten Ursachen der Töne sind die wahrscheinlichsten. Sie sind im physiologischen Verhalten der Klappen begründet. Auch mit den pathologischen Zuständen der Klappen und den dadurch bedingten Veränderungen der Töne steht sie im Einklang. Deshalb hat sie sich bis zu diesem Augenblick in Ansehen erhalten, wenngleich wir sie bestimmter dargestellt und die ihr zu Grunde liegenden Ansichten von der Function der Klappen nach genauerer Ermittelung des Verhaltens derselben während der Tonerzeugung geläutert erblicken werden.

Obschon gleich nach dem Erscheinen der Theorie viele Forscher ihre tiefe Wahrheit erkannten, so ermangelte sie doch nicht, Widersacher zu finden (Magendie, Piorry, Pigeaux, Beau). Ja sogar Forscher, die ihr in Bezug auf den zweiten Ton huldigten, verwarfen sie bei der Erklärung des ersten Tons (Carlisle, Ch. Williams, Dubl. Comité, London. Comité).

Magendie*)

verwarf alle bisherigen Erklärungen der Töne und erklärte die Töne einfach durch die Percussion des Thorax. Auch er will seine Theorie aus zahlreichen Vivisectionen gewonnen haben. 1) Während einer Herzrevolution, bestehend aus einer Systole und einer Diastole, schlägt das Herz zweimal an die vordere Thoraxwand. Zwei Stäbchen, von denen das eine durch die vordere Brustwand bis auf den oberen Theil eines Ventrikels, das andere bis auf die Herzspitze eingestochen war, sah er wechselsweise sich erheben, in-

*) Précis élém. de phys. Tom II. p. 293. 396. u. 397. 3. édit. 1833. Uebersetzt v. Heusinger. 1834. Tom. II. p. 340.

dem die Erhebung des einen dem hellen, die des andern dem dumpfen Tone entsprach.

2) Ein blofsgelegtes Herz bringt keine Töne hervor, wenn aller möglicher Contact mit den Thoraxwänden aufgehoben ist.

3) Die Herztöne entstehen demnach durch die Schwingungen, in welche der doppelte Herzstofs die Brustwände versetzt, und zwar der erste Ton durch die Systole der Kammern, während welcher die Herzspitze an den linken fünften Zwischenrippenraum anschnellt. Die beträchtliche Dicke des stofsenden und die geringe Elasticität des angeschlagenen Körpers macht den Ton dumpf. Der zweite Ton entsteht durch die Diastole oder Erweiterung der Kammern, während welcher besonders die schnell anschwellende rechte an das Brustbein klopft. Er ist heller, weil das Brustbein sonorer als die muskelreiche Seitenwand des Thorax ist.

Der Name und der Ruhm des berühmten Physiologen soll uns in der Beurtheilung seines Systems nicht bestechen. Seine Genialität soll nicht auf Kosten der Wahrheit gelten. Obwohl der gewandte Experimentator sich auf Versuche zu stützen glaubt, so irrt er doch gewaltig. Nach Entfernung der vordern Brustwand und Blofslegung des Herzens entsteht freilich ein so gewaltsamer Eingriff in das Leben des Organismus und den Blutkreislauf, dafs zuweilen die Herzbewegungen von Beginn des Versuchs an unregelmäfsig werden, das Herz sogar bald zu schlagen aufhört. Gleichwohl wissen wir, das dies sehr oft nicht geschieht, wie uns dies Hope, Ch. Williams, das Dubliner, Londoner Comité, die Societät zu Philadelphia u. A. berichten und wovon ich selbst bei den Versuchen, welche mein geehrter Lehrer und Freund, Herr Dr. Nega, an Kälbern anstellte, Augenzeuge gewesen bin. In diesen Versuchen schlugen die blofsgelegten Herzen der Thiere länger als eine ganze Stunde und die Töne waren, obwohl schwächer, doch deutlich vernehmbar. Die

Töne bloſsgelegter Herzen werden deshalb schwächer, weil die Töne eines festen Körpers durch die Resonanz der elastischen Wände der Höhle, in welcher sie entstehen, stärker und lauter, dieses Verstärkungsmittels des Schalls aber beraubt, schwächer vernommen werden. Besonders spricht hierfür, um aus der so groſsen Zahl nur Ein Beispiel hervorzuheben, der 5. Versuch des Dubliner Comité v. 11. August 1835*). Wir müssen daher erklären, daſs die von Magendie veröffentlichte Theorie völlig falsch ist. Wir können nicht einmal zugeben, daſs die auf andere Weise entstandenen Töne durch einen doppelten Anschlag des Herzens vermehrt würden. Denn der Anschlag eines gesunden Herzens ist nie ein doppelter; er findet nur allein in der Systole statt. In der Diastole wird bei gesundem Herzen durchaus keine Percussion des Thorax wahrgenommen. Wir geben nur zu, daſs durch den systolischen Anschlag ein Ton erzeugt wird, wodurch der wahre erste Ton, der auf andere Weise entstand, verstärkt wird. Gegen die Theorie Magendie's, wie gegen alle frühern, trat

P. J. Piorry**),

dem alle bisherigen Erklärungsweisen nicht zusagten, im folgenden Jahre mit einer neuen Ansicht auf. Er stellte folgende Versuche an. Er führte in die Vena cava inferior eines Leichnams die Kanäle einer Spritze, die Arteria pulmonalis ward geöffnet, die linke Seite des Herzens und das gewöhnliche Verhältniſs des Herzens zum Sternum blieb ungestört. Als nun ein reichlicher Wasserstrom durch die rechte Herzhälfte in die Lungenarterie getrieben wurde, hörte man bei der Auscultation auf dem Sternum den Durchgang des Fluidums sehr vernehmlich und das entstandene Geräusch hatte bald mit dem Ventrikelton einige Aehnlichkeit, glich bald

*) Froriep's Notizen. 46. Band. Decemb. 1835. No. 1006. p. 244.

**) Arch. gén. de méd. Juni 1834. — Diagnostik u. Semiotik, übers. von Krupp. Bd. I. p. 104—109. Neue Ausg. 1846.

einem Blasebalggeräusch und variirte je nach dem Druck des Stempels und nach schwer zu schätzenden Nebenumständen. Hierauf wurde eine der Lungenvenen blofsgelegt und die Aorta an ihrem Ende geöffnet. Nun ging der Strom durch die linken Herzhöhlen und die Geräusche wurden noch deutlicher. Die Versuche wurden sowohl bei unversehrten als auch bei zerstörten Herzklappen wiederholt und ergaben dieselben Resultate, doch immer rechts mehr markirt als links. Die Geräusche in den Ventrikeln waren stärker als in den Vorhöfen. Hieraus folgerte Piorry, dafs die Hauptursache der Töne in dem Durchgang des Bluts durch das Herz, dem Reiben der Blutsäule an dessen Wänden und dem Reiben der Blutmolecüle unter sich liege, dafs das Spiel der Klappen die Töne nicht bewirke, da auch nach Zerstörung derselben die Geräusche fortdauerten, dafs die Töne endlich nicht im Anschlage des Herzens an die Brustwand begründet seien, da jene Geräusche in einem ganz unbeweglichen Herzen entstanden. Weiter fügt er hinzu*): wenn es nicht feststünde, dafs die gleichnamigen Actionen der linken und rechten Herzhälfte gleichzeitig sind, so wäre er versucht, den dumpfen Ton der Contraction der linken Herzhälfte und den hellen Ton der Contraction der rechten zuzuschreiben, wodurch auch erklärt würde, warum man den hellen Ton mehr nach rechts, den dumpfen mehr links hört. Wir übergehen dies Raisonnement über Ungleichzeitigkeit der gleichnamigen Actionen beider Herzhälften, da ja der Verfasser selbst an der Wahrheit desselben zweifelt, und begnügen uns, den übrigen Theil seiner Ansicht zu beleuchten. Selbst wenn man Piorry's rohen Versuchen Beweiskraft vindiciren wollte, so mufs man sich dennoch wundern, dafs auch dieser gefeierte Held der Auscultation Fehlschlüsse geltend zu machen sucht, die fast keiner weitern Widerlegung bedürfen. Gegen Piorry's Theorie der Blutreibung gelten

*) Ebend. p. 109.

die oben gegen die Hope's angeführten Gründe. Piorry behauptet, dafs die Klappen keinen Antheil an der Tonerzeugung hätten, weil jene Geräusche bei seinen Versuchen auch nach zerstörten Klappen sich kund gaben. Jene Geräusche sind aber unmöglich den normalen Herztönen gleichzustellen. Aus jenen Versuchen leuchtet daher nur ein, dafs Geräusche auch nach zerstörten Klappen entstehen können. Piorry hat also auch hier einen Fehlschlufs gethan.

Der Zeit nach folgt auf Piorry's System die Theorie

Carlisle's*),

der sich in der Erklärung des ersten Tons der Theorie Hope's anschliefst, indem er behauptet, dafs der erste Ton durch das Eindringen des Bluts in die Arterien bewirkt werde, den zweiten Ton aber ebenso wie Rouanet entstehen läfst. Dafs die Erklärung des ersten Tones jedes Grundes entbehre, folgt sowohl aus dem Frühern als auch daraus, dafs, selbst wenn die Arterien durch Compression verschlossen sind und das Blut durch eine andere, künstlich gemachte Oeffnung des Herzens ausströmt, jener Ton vernommen wird.

Wir sind nun bei dem für die Physiologie der Herztöne so wichtigen Jahre 1835 angelangt. Das Problem, dessen Lösung so vielfach versucht worden war, hatte so grofses Interesse erregt, dafs von einigen Forschern grofse Kosten nicht gescheut wurden und sogar ganze gelehrte Gesellschaften sich der Erforschung der Ursachen der Töne unterzogen. Wir verdanken ihren Bemühungen, dafs manche schon früher gemachte Beobachtung, manche schon früher ausgesprochene Ansicht geprüft, wahr gefunden und durch überzeugende Experimente tiefere Begründung, allgemeinere Geltung erlangten. Sowohl der Zeit nach als auch nach seinen Verdiensten um die Erforschung der Actionen und Töne des Herzens ist als erster zu nennen

*) Third meeting of the british association for the avanc. of science. Cambridge 1834.

Charles J. B. Williams*).

Dieser gelehrte Arzt Englands stellte mit Dr. James Hope folgende sehr wichtige Experimente an lebenden jungen Eseln an, deren Herzen blofsgelegt worden waren.

Versuch I. Ein 2 Monate alter Esel wurde durch Gr. x Wooraragift binnen 15 Minuten getödtet, das Athmen sogleich künstlich unterhalten, die Brust geöffnet und das Herz blofsgelegt. Die Vorhöfe contrahirten sich unmittelbar vor den Ventrikeln. Der doppelte Ton war offenbar gleichzeitig mit der Zusammenziehung und Erweiterung der Kammern. Man constatirte schriftlich Folgendes:

Beob. 1. Den 1. Ton hört man an allen Theilen der Ventrikel gleich stark.

Beob. 2. Der 2. Ton ist am deutlichsten nahe an der Wurzel der grofsen Arterien und man konnte ihn selbst bei den schwächern Herzschlägen dort hören, wenn er anderwärts durch das Stethoskop nicht vernommen wurde.

Beob. 3. Durch Druck des Fingers oder Stethoskops auf den Ursprung der Arterien verschwindet der 2. Ton immer. Geringer Druck brachte mit dem 1. Ton ein pfeifendes oder Blasebalggeräusch hervor.

Beob. 4. Wenn man die Atrien mit den Fingern in die Ostien hineindrückte, so wurde die Zusammenziehung der Kammern schwach und unregelmäfsig, der 1. Ton aber, obschon nur schwach, doch deutlich gehört.

Beob. 5. Bei jeder Zusammenziehung fühlte der Finger die plötzliche Spannung oder Ausdehnung der Kammer, wie einen kurz abgebrochenen Stofs, mit dem der 1. Ton genau zusammenfiel.

Beob. 6. Der linke Vorhof wurde aufgeschnitten und die Valv. mitralis theilweise zerstört. Das Blut ergofs

---

*) Die Pathologie und Diagnose der Krankheiten der Brust nebst neuen Untersuchungen über die Töne des Herzens, übersetzt von Dr. H. Velten. 1835. 2. Ausg. 1838. p. 185—199.

sich in Stöfsen bei jeder Contraction der Kammern, aber der 1. Ton begleitete noch immer die Systole; den 2. Ton hörte man nach dem Einschnitt in den Vorhof nicht mehr.

Beob. 7. Auch der rechte Vorhof ward geöffnet und der erste Ton dauerte fort.

Beob. 8. Steckte man den Finger durch die linke Vorhofsmündung in die Kammer und drückte den rechten Ventrikel so, dafs der Blutflufs in beiden Kammern gehemmt wurde, so fuhren die Kammern fort, sich kräftig zu contrahiren, und der 1. Ton war noch immer hörbar, aber nicht so hell, als wenn die Kammern mit Blut gefüllt sich zusammenzogen.

Beob. 9. Dasselbe beobachtete man, als beide Arterien durchschnitten worden waren.

(Dauer 80 Minuten seit Beginn der künstlichen Respiration.)

Versuch II. Ein 6 Wochen alter Esel wurde mit Gr. 15 Wooraragift binnen 35 Minuten getödtet, das Athmen künstlich unterhalten und die Brusthöhle durch Entfernung 4 linker Rippenknorpel geöffnet.

Beob. 1. Vor Eröffnung des Pericardium hörte man 1 und 2 sehr deutlich, obgleich das Herz in keine Berührung mit der Brustwand kam.

Beob. 2. Beide Töne wurden, auch wenn man einen Lappen der Lunge zwischen Stethoskop und Herz brachte, deutlich hindurchgehört.

Beob. 3. Nach vollständigem Durchschnitt des Herzbeutels bemerkte man den 2. Ton am deutlichsten am Ursprung der Art. pulm. und aort., wo er lauter als 1, kurz, hell und klappend war. Setzte man das Stethoskop auf die Substanz der Ventrikel, so war 2 weniger deutlich, dumpfer und wie entfernter.

Beob. 4. Legte man das Stethoskop an die Aorta 3″ oberhalb ihres Ursprungs, so hörte man 2 ohne 1 auf die Systole der Ventrikel folgen.

Beob. 5. Wurde die Art. p. und aort. einige Secunden zwischen den Fingern zusammengedrückt, so war 1 jedesmal von einem Blasebalggeräusch begleitet und 2 verschwand so lange, als die Zusammendrückung anhielt.

Beob. 6. Mittelst eines in die Art. p. gebrachten Sectionshakens suchte man die Schliefsung der Valv. sem. zu verhindern und sogleich wurde der 2. Ton schwächer und von Zischen begleitet. Hierauf wurde zu demselben Zwecke eine krumme Schuhahle in die Aorta gebracht; der 2. Ton verschwand, statt desselben vernahm man ein Zischen.

Beob. 7. Haken und Ahle wurden herausgezogen; der 2. Ton tritt wieder ein und das Zischen hört auf.

Beob. 8. Der 6. Versuch wurde wiederholt mit demselben Erfolg, und als ich die Ahle von der Aorta, während Hope lauschte, wegnahm, sagte dieser sogleich: „Jetzt höre ich den 2. Ton." Ich nahm alsdann den Haken von der Art. p. weg und Hope sagte: „Jetzt ist der 2. Ton stärker und das Zischen nicht mehr da."

Beob. 9. Die Art. p. wurde aufgeschnitten, ein Finger in die rechte Kammer gebracht, das Herz zog sich beständig unregelmäfsig zusammen und der 1. Ton war dunkel hörbar.

Beob. 10. Geringe Zusammenziehung fand statt, nachdem die Kammern geöffnet worden, und man sah, dafs die Columnae carneae sich gleichzeitig mit den Fasern der Kammern contrahirten.

(Dauer des Versuchs 70 Minuten seit Beginn der künstlichen Respiration.)

Aus diesen Versuchen, deren Ergebnisse im Beisein des Dr. Hope und einiger anderer Physiologen schriftlich constatirt worden waren, schlofs Charles Williams:

1) Der erste Ton wird nicht verursacht durch das Einströmen des Bluts in die Arterien (vergl. Vers. I. Beob. 4. 6. 7. 8. 9. und II. 4. 9.), da er deutlicher und stärker an den Wänden der Kammern als am Ursprung der Arterien

gehört wurde und nicht verschwand, als bereits kein Blut mehr in die Herzhöhlen und Anfänge der grofsen Gefäfse strömte.

2) Der 1. Ton wird nicht erzeugt durch Zusammenstofs und gegenseitige Reibung der Bluttheilchen in den Kammern (vergl. I. 4. 8. 9. u. II. 9.), da auch dann noch ein Ton vernommen wurde, als bereits kein Blut mehr in den Kammern war.

3) Endlich hängt der 1. Ton nicht vom Schlusse der Atrioventricularklappen ab (vergl. I. 4. 6. 7. 8. 9.), da er nicht verschwand, obwohl bald vollständig, bald unvollständig der Schlufs dieser Klappen verhindert wurde.

4) Dagegen hängt der 1. Ton allein von der Muscularcontraction der Herzkammern ab (I. 8. 9.), weil keine andere Ursache des 1. Tons da sein konnte, obgleich der Ton nicht aufhörte, die Systole der Ventrikel zu begleiten.

5) Der 2. Ton entsteht durch den Rückstofs der arteriellen Blutsäule auf die halbmondförmigen Klappen und deren Schlufs. Dies erhellt nicht allein aus der engen Beziehung zwischen Sitz des Tons und Lage der Klappen (I. 1. 2. u. II. 3. 4.), sondern auch daraus, dafs der Ton verschwand, wenn der Schlufs dieser Klappen verhindert wurde, und wieder erschien, wenn der hindernde Gegenstand weggeräumt wurde (vergl. I. 3. II. 3. 6. 7. 8.).

Das Ansehen dieses berühmten Forschers bewirkte, dafs alle seine Beobachtungen als die sichersten Beweisgründe, seine daraus gezogenen Schlüsse als unumstöfslich von vielen Physiologen bis in die neueste Zeit gehalten wurden.

Gleichwohl sind nicht alle Schlüsse, welche Charles Williams geltend machen will, als wahr anzuerkennen. Wenngleich der erste, zweite und fünfte Schlufs vollkommen richtig ist, so sind doch der dritte und vierte Fehlschlüsse. Es täuschen sich diejenigen, welche glauben, dafs durch die Contraction eines Muskels ein Ton erzeugt werde, weil sie denselben im Augenblicke der Zusammenziehung

empfunden haben. Wer einen sich contrahirenden Muskel auscultirt, kann trotz der gröfsten Vorsicht nicht verhindern, dafs durch die Bewegung des Muskels die Luftsäule im Stethoskop oder unserem Ohre erschüttert wird, und dadurch in Schwingungen geräth, welche unser Gehörorgan als Ton empfindet. Dieser Ton ist dem ganz gleich, den wir empfinden, wenn wir mit der Volarfläche der einen Hand ein Ohr bedecken und mit einem Finger der andern Hand auf die Rückenfläche jener klopfen. Dieser Ton entsteht offenbar nicht im anklopfenden Muskel, sondern in unserem Ohre. Die durch das Anklopfen bewirkte Erschütterung der Luftsäule vermeiden am leichtesten diejenigen, welche platte Muskeln behorchen. Diese hören dann nie einen Ton, sondern zuweilen ein dem Tone nicht ähnliches Geräusch (froissement de cuir). Ob dieses Reibegeräusch wirklich im Muskel und nicht durch Reibung desselben an der ihn umgebenden Fascia entsteht, ist noch nicht entschieden. Dieses Geräusch haben zuerst Wollaston*) und Ermann**) erwähnt. Während der ganzen Dauer gebe sich die Muskelcontraction dem Gehörsinn als ein anhaltendes rollendes Geräusch kund, wodurch bewiesen wird, dafs während der Zusammenziehung die einzelnen Muskelbündel sich nicht im Zustande der Ruhe, sondern in abwechselnder Spannung und Erschlaffung befinden, d. h. oscilliren. Ihren Beobachtungen nach folgen die Schwingungen um so schneller, je intensiver die Zusammenziehung ist. Dies könne aufs Herz angewendet werden, besonders da die Fleischsubstanz des Herzens zäher als die andern Muskeln und eben deswegen zur Tonerzeugung geeigneter ist. Aber das rollende Geräusch ist eine diffuse, gedehnte, akustische Empfindung und hat mit dem genau begrenzten akustischen Phänomen des ersten Herztons keine Aehnlichkeit. Aufserdem ist es nach akusti-

*) Croonian lecture. Philosoph. Transact. 1810.
**) Gilbert's Annalen. 1812. 1 — 26.

schen Gesetzen unmöglich, dafs durch Muskelcontraction ein Ton entstehe, da durch Zusammenziehung jede regelmäfsige Schwingung der Theile, welche zur Hervorbringung eines Tons nothwendig ist, unterbrochen wird.

Auch der 3. Schlufs, dafs der Ton nicht von der Spannung der Atrioventricularklappen abhängt, ist falsch. Er beruft sich auf des ersten Versuchs 4. (6. 7. 8.) u. 9. Beobachtung. Der erste Ton sei nicht verschwunden, obwohl vollkommen oder unvollkommen verhindert worden war, dafs die Valvulae atrioventric. geschlossen würden. Dennoch geht aus den angeführten Beobachtungen des ersten Versuchs nur hervor, dafs der erste Ton vernommen wurde, wenngleich man verhinderte, dafs jene Klappen sich dem Ostium venosum näherten, nicht aber, dafs der erste Ton durch die Bewegung des Ventrikelmuskels und nicht der Klappen erzeugt werde. Vielmehr folgt aus diesen Versuchen und denen des Dubliner*) und Londoner Comités**), sowie aus den Untersuchungen G. Kürschner's ***), dafs die venösen Klappen während der ganzen Dauer der Systole nicht im Ostium ausgespannt verweilen, sondern durch die Contraction der Papillarmuskeln, welche zu dieser Zeit in der Substanz der Kammerwände zu verschwinden scheinen, gewaltig abwärts, nämlich nach der Herzspitze hin gezogen und gespannt werden und wegen dieser grofsen Spannung in Schwingungen versetzt werden und tönen. Dafs eine Spannung dieser Art in den Versuchen Charles Williams Statt haben konnte, wird Niemand leugnen. Es leuchtet demnach ein, dafs von Charles Williams nur nachgewiesen ist, dafs der erste Ton nicht vom Schlusse der venösen Klappen erzeugt wird, aber in der That keine Gründe gegen eine Tonerzeugung durch die Atrioventricularklappen vorgebracht worden sind. Auch

*) Vergl. später Schlufs V.
**) Schlufs VI.
***) Froriep's Notizen. 1840. Bd. XV. No. 316.

aus den Beobachtungen 6. 7. 8. 9. des ersten Versuchs, welche nach theilweiser Zerstörung der Valvula bicuspidalis gemacht wurden, folgt kein Beweis gegen die Erzeugung eines Tones durch die Schwingungen dieser Klappen. Allerdings konnte die zerstörte Valvula bicuspidalis nicht mehr zur Tonerzeugung beitragen, aber die tricuspidalis, welche Charles Williams nicht zerstört hatte, hörte nicht auf zu schwingen und zu tönen. Weil es jedoch zur Hervorbringung eines normal starken ersten Tons der Schwingungen beider Klappen bedarf, so verschwand zwar der Ton nicht, wurde aber schwächer, da das eine Erzeugungsmittel des Tons, nämlich die Spannung der bicuspidalis, fehlte.

Fast zu eben derselben Zeit veröffentlichte auch

Bouillaud*)

in einer neuen Ausgabe seines Werkes über Herzkrankheiten seine Ansicht über die Entstehung der Herztöne. B., welcher die Pathologie des Herzens durch wichtige Beobachtungen vermehrt hat, ist in der Erklärung der Töne nicht glücklich gewesen. Obwohl er sich bereitwillig der Ansicht Rouanet's anschlofs, so schienen ihm die Töne doch zu stark, als dafs er glauben könnte, sie würden durch die Spannung der Klappen allein hervorgerufen. Er behauptet daher, dafs zur Verstärkung der durch die Klappenspannung hervorgerufenen Töne noch mehrere Umstände beitragen. Der erste oder systolische Ton werde erzeugt: 1) durch den plötzlichen Schlufs der Atrioventricularklappen, 2) durch den Anschlag der Semilunarklappen an die Arterienwände, indem die Valvulae semil. von der Blutsäule während der Kammersystole wie von einem Setzkolben schnell an diese Wände angepreſst werden; der zweite oder diastolische Ton aber 1) durch die Spannung und das gegenseitige Zusammenstofsen oder Schlufs der Semilunarklappen, 2) durch den plötzli-

*) Traité de maladies du coeur. Paris 1835. Uebers. v. Dr. Becker. Leipzig 1836. p. 66.

chen Anschlag der Vorhofsklappen an die Kammerwände im Beginn der Kammererweiterung, bewirkt durch das aus den Vorhöfen in die Kammern vordringende Blut. Man mufs dem Ausspruche Bouillaud's beistimmen, dafs die Töne in keiner Krankheit des Herzens verändert werden, so lange die Beschaffenheit und Function der Klappen vollkommene Integrität besitzen, dafs sie aber bei Verletzung derselben in verschiedenartige Geräusche umgewandelt würden. Seine Zusätze zur Theorie Rouanet's jedoch können wir nicht billigen. Vor Allem ist zu bemerken, dafs B. nicht als der Erste von einem Anschlag der Klappen respective an die Wände der Kammern oder Arterienanfänge gesprochen hat, sondern dafs schon David Williams (vergl. dessen Theorie) sich dieses Umstandes zur Erklärung des zweiten Tons bedient habe. Dennoch wird weder der erste Ton durch Anschlagen der Semilunarklappen an die Arterienwände, noch der zweite Ton durch Anschlagen der Atrioventricularklappen an die Wände der Kammern vermehrt. Sehr häufig nämlich sind die Fälle, wo der Ton des einen Ostium bei Unbeweglichkeit der Klappen des andern Ostium in einer und derselben Herzhälfte nicht schwächer wird. Ferner könnten die Valvulae semilunares nur dann plötzlich und gewaltsam an die Sinus Valsalvae angeschleudert werden, wenn das Arterienrohr bei Beginn der Kammersystole kein Blut enthielte. Aber dann wäre die Blutsäule durch eine Lücke unterbrochen, was jedoch nicht Statt hat. Denn die Sinus Valsalvae sind nie von Blut leer; und das Gewicht der in ihnen enthaltenen, die Klappen geschlossen erhaltenden Blutmenge mufs erst von der Gewalt des durch die Kammern emporgetriebenen Blutes überwunden werden, ehe dies Ventricularblut in die Arterien eintreten kann. So werden die Klappen allmählich auseinandergedrängt, nähern sich allmählich den Arterienwänden. Es kann demnach von einem plötzlichen Anschlagen derselben und somit von einer dadurch bewirkten Tonerzeugung nicht die Rede sein. Dasselbe gilt

auch von den Vorhofsklappen bei Beginn der Kammererweiterung. Die Erweiterung geht nämlich so vor sich, dafs die Wände der erschlafften Kammern von dem aus den Vorhöfen eindringenden Blute allmählich auseinandergedrängt und die Kammerhöhlen erweitert werden. Aber auch am Ende der Kammererweiterung kann von einem Anschlagen der Vorhofsklappen an die Kammerwände nicht die Rede sein, obgleich man glauben könnte, dafs das Blut bei der erwachten Vorhofszusammenziehung mit einer gewissen Vehemenz aus den Vorhöfen in die Kammerhöhlen getrieben werde. Denn diese letztern sind gegen Beginn der Vorhofszusammenziehung bereits von Blut angefüllt und auch zwischen der der Kammerwand zugewendeten Fläche der Klappe und der Kammerwand befindet sich Blut. Dadurch, dafs durch die Vorhofszusammenziehung noch mehr Blut in die Kammerhöhlen gepreſst wird, geräth der Kammerinhalt in eine gewisse Spannung. Diese pflanzt sich nach physikalischen Gesetzen nach allen Richtungen hin fort, also auch auf das hinter der Klappe befindliche Blut. Diese wird also nicht an die Kammerwand angedrückt.

Den Versuchen Charles Williams schliefsen sich hinsichtlich der Zeit und ihrer Grofsartigkeit die Versuche des Dubliner Comités der British Association an.

Das Dubliner Comité*)

stellte am 11. August 1835 Behufs Erforschung der Actionen und Töne des Herzens Versuche an Kälbern an, welche man durch einen Keulenschlag auf den Kopf betäubte und deren Respiration sogleich künstlich unterhalten wurde. Die bloſsgelegten Herzen fuhren fort, 1—2 Stunden zu schlagen. Wir übergehen die ersten vier Versuche, welche sich auf die Bewegungen des Herzens beziehen, und führen nur die vier folgenden, welche die Herztöne zum Gegenstand haben, hier an.

*) Froriep's Notizen. Bd. XLVI. No. 1006. p. 244—246.

5. Versuch.

Es wurde bei einem Kalbe, wo man ein künstliches Athemholen bewerkstelligt hatte, ein Stethoskop, über dem Herzen, auf das Brustbein gesetzt, und es wurden beide Töne des Herzens deutlich gehört; der erste war langgezogen und dumpf, der zweite kurz und hell. Das Brustbein und die Rippen wurden entfernt, so dafs das Herz aufser aller Berührung mit irgend einem Theile der Brust schlug, und als man jetzt ein Stethoskop, welches mit einer biegsamen Röhre und einem Ohrstück versehen war, auf den Herzbeutel, über den Herzkammern, aufgesetzt hatte, so wurden beide Töne deutlich vernommen. Bei den Versuchen über die Töne des Herzens, bei entferntem Brustbein, fand man, dafs das biegsame Hörrohr dazu dienen könne, die Uebertragung des Stofses oder Impulses, welcher gefühlt wurde, wenn man das gewöhnliche Stethoskop anwendete, und welche der Beobachtung etwas hinderlich war, zu verhüten. Nun wurde das Ohr sehr nahe an das Herz gelegt, jedoch ohne dasselbe zu berühren, und es liefsen sich beide Töne unterscheiden, jedoch nur schwach. Ein kleines Stück Bret wurde über die Oberfläche der Ventrikeln gelegt und mit dem Herzbeutel in Berührung erhalten, und als man das gewöhnliche Stethoskop an die Oberfläche des Brets ansetzte, so wurden beide Töne so deutlich und fast eben so stark gehört, als wenn sie durch das Brustbein hindurchgehört würden. Als man das Hörrohr an die Ventrikel, nahe an ihrer Spitze, ansetzte, so wurde der erste Ton sehr deutlich, der zweite aber undeutlich gehört. Als man aber die Röhre über der Ursprungsstelle der grofsen Arterien ansetzte, so wurden beide Töne, besonders der zweite, deutlich gehört; der Herzbeutel wurde mit lauwarmen Wasser ausgedehnt, und in diesem Zustande vernahm man beide Töne, aber nicht so hell, als vor dem Einspritzen des Wassers.

6. Versuch.

Bei einem Kalbe, welches auf die vorige Weise präparirt worden war, wurden das Brustbein und die Rippen, wie bei dem letzten Versuche, entfernt und der Herzbeutel ausgeschnitten, und man vernahm beide Töne mittelst des an die verschiedenen Theile der Ventrikel angelegten Hörrohrs mit demselben Erfolge, als bei dem letzten Versuche. Die grofsen Arterien wurden dicht am Herzen zusammengedrückt, und der Charakter des zweiten Tons war verändert, und bisweilen schien es Einigen von dem Comité, als gehe der zweite Ton verloren, indem der erste unverändert blieb. Eine feine gekrümmte Nadel wurde nun in die Aorta eingestofsen und eine andere in die Lungenarterie, unter der Ansatzstelle einer der halbmondförmigen Klappen in jedem Gefäfse, und die Nadeln wurden ungefähr einen halben Zoll aufwärts und nach aufsen wieder durch die respectiven Gefäfse hindurchgeführt, so dafs in jedem, zwischen der Nadel und der Wand der Arterie, eine Klappe eingeschlossen war. Als das Hörrohr über den Ursprungsstellen der Arterien angelegt wurde, fand man, dafs der zweite Ton aufgehört hatte, dafs aber noch ein Ton, dem ersten im Charakter ähnlich und mit der Systole des Herzens zusammenfallend, hörbar war. Einige Mitglieder des Comités waren der Meinung, der eben erwähnte Ton halte über die gewöhnliche Dauer des ersten Tons an, ebenso wie er vor der Einführung der Nadeln gehört worden sei; und gegen das Ende des Versuchs wurde von Einigen des Comités die Bemerkung gemacht, es scheine der erste Ton wiederholt, oder zwei einander im Charakter ähnliche Töne, welche man rauschend nennen könne, noch fort gehört zu werden.

Als das Herz aus dem Körper genommen und die halbmondförmigen Klappen untersucht wurden, fand es sich, dafs in jeder Arterie eine Klappe an der Wand des Gefäfses anlag, so dafs das Herabtreten derselben ganz verhindert wurde. Es ist zu bemerken, dafs diese Operation mit gro-

fser Leichtigkeit und meist mit sicherem Erfolge bewerkstelligt werden kann.

7. Versuch.

Der vorige Versuch wurde an einem andern Kalbe wiederholt, und zwar mit demselben Erfolge, nämlich unter dem Aufhören des zweiten Tons. Während des Experiments hörte man den zweiten Ton wieder, jedoch etwas verändert; und bei der Untersuchung fand es sich, dafs die Nadel, welche in die Aorta eingebracht worden, wieder herausgeschlüpft war. Als man sie wieder hineinbrachte, hörte der zweite Ton wieder auf. Als man dieses Herz auch herausnahm, fand man die Klappen ebenso anliegend, als dies beim letzten Versuche angegeben ist.

8. Versuch.

Es wurde ein Kalb durch einen Schlag betäubt, und nachdem unmittelbar das Herz herausgenommen worden war, dieses auf die Tafel gelegt. Das Hörrohr wurde an die Seite der Ventrikel angelegt, während sie noch klopften, und man vernahm bei jeder Systole einen Ton, ähnlich dem Tone, welcher der erste genannt worden war; ein zweiter Ton war nicht zu hören. Als das Herz zu klopfen aufgehört hatte, wurden die halbmondförmigen Klappen zerstört, die Herzkammern mit Wasser ausgefüllt, hierauf das Herz aufrecht gehalten und das Hörrohr an die Ventrikel gelegt, indem diese mit der Hand zusammengedrückt wurden, so dafs dadurch ein Strömen des Wassers durch die Arterienstämme verursacht wurde; wenn man die Hand mit Einemmale wegnahm, wurde ein Ton von demselben Charakter gehört, als der vorige. Als man das Hörrohr an die Ventrikel legte, nachdem die Thätigkeit des Herzens ganz aufgehört hatte und dasselbe ganz leer war, so dafs man die innern Flächen der Ventrikel an einander reiben konnte, so wurde ein dem ersten etwas ähnlicher Ton vernommen. Brachte man in den linken Ventrikel, durch dessen venöse (auriculo-ventricular.) Oeffnung, den Finger ein und rieb sanft gegen dessen

innere Oberfläche, so wurde ein Ton, dem ersten ähnlich, hervorgebracht und mittelst des äufserlich an die Ventrikel gelegten Hörrohrs vernommen. Als man durch eine Glasröhre aus einer geringen Höhe auf die halbmondförmigen Klappen der Aorta, noch vor Zerstörung derselben, Wasser fallen liefs, so wurde ein Ton hervorgebracht, welcher dem zweiten Tone ganz ähnlich war; und wenn die Röhre zwischen die Klappen gebracht und gelind auf- und abwärts gerieben wurde, so vernahm man einen dem Raspelgeräusche ähnlichen Ton.

Aus diesen Versuchen schlofs das Comité*): 1) Die Töne werden nicht durch Berührung der Ventrikel mit dem Sternum oder den Rippen hervorgebracht. 2) Das Brustbein und die Vorderseite des Thorax vermehren durch ihre Berührung mit den Herzkammern die Vernehmlichkeit der Töne. 3) Der erste Ton ist mit der Systole der Kammern verbunden und mit ihr von gleicher Dauer. 4) Die Ursache des ersten Tons fängt an und endet mit der Systole und ist während der Fortdauer derselben in beständiger Wirksamkeit. 5) Derselbe ist nicht vom Schliefsen der Valvulae bi- und tricuspidalis zu Anfang der Systole abhängig, weil eine solche Bewegung der Klappen nur im Anfange der Systole stattfindet und von weit kürzerer Dauer ist als die Systole. 6) Er wird nicht hervorgebracht durch Aneinanderreiben der inneren Flächen der Kammern, da eine solche Reibung nicht eher stattfinden könne, als bis das Blut aus den Ventrikeln herausgetrieben ist, und doch der erste Ton mit dem Beginne der Systole anfängt. 7) Er wird entweder durch das rasche Strömen des Bluts über die unregelmäfsigen Innenflächen der Kammern bei dem Laufe desselben nach den Arterienmündungen hin oder durch das Muskelgeräusch der Ventrikel und wahrscheinlich durch diese beiden Ursachen zusammen hervorgebracht. 8) Der zweite Ton

*) Ebendas. pag. 246.

fällt mit dem Aufhören der Systole der Ventrikel zusammen und erfordert zu seiner Fortdauer (seinem Entstehen) die Integrität der halbmondförmigen Klappen der Arteria pulmonalis und Aorta und scheint durch die plötzliche Hemmung hervorgebracht zu werden, welche durch die Wirkung dieser Klappen auf die Bewegung der Blutsäulen verursacht wird, die nach jeder Zusammenziehung der Kammern vermöge der Elasticität der Arterienstämme stattfindet.

Die Schlüsse, welche das Dubliner Comité aus seinen Vivisectionen gezogen hat, weichen von denen, welche Charles Williams aus seinen Versuchen zu folgern sich berechtigt glaubt, nur darin ab, dafs es den Ursprung des ersten Tons nicht nur aus dem Muskelgeräusch der Kammern während deren Systole, sondern auch aus dem raschen Strömen des Blutes über die unregelmäfsigen Innenflächen der Kammern während seines Laufes nach dem arteriösen Ostium ableitet. Doch auch diese Annahme der Entstehung des ersten Tons müssen wir zurückweisen. Dafs die Muskelcontraction der Kammern die wahre Ursache des ersten Tons nicht sein könne, habe ich bereits oben bei der Beurtheilung der Schlüsse Charles Williams nachgewiesen. Aber auch die Entstehung eines Tons durch rasches Strömen über die unregelmäfsige Kammerwand ist physikalisch unmöglich. Es könnte dadurch nur ein gedehntes, diffuses akustisches Phänomen, d. i. ein Geräusch, entstehen. Denn zugegeben, dafs ein Bluttheilchen durch das Strömen über eine gewisse Stelle einen Ton erzeuge, so müfste ein jedes der folgenden Bluttheilchen, somit alle nach einander, weil sie auf demselben Wege vorwärts gedrängt werden und strömen, jedes einzeln je einen Ton verursachen. Es würde somit eine Reihe von unter einander verbundenen Tönen, eine gedehnte, diffuse akustische Erscheinung, ein Geräusch entstehen. Aufserdem steht der Annahme dieser falschen Ursache des ersten Herztons noch der Umstand entgegen, dafs oft, obgleich das Strömen des Bluts durch die Herzhöhlen nicht gehindert ist, kein Ton

erzeugt wird. — Ueber den fünften Schluſs des Comités, daſs der erste Ton nicht vom Schlieſsen der Valvulae bi- und tricuspidalis abhängt, ist alles das zu sagen, was ich über diesen Punkt in der Beurtheilung der Folgerungen Charles Williams auseinandergesetzt habe. Es ist wahr, daſs der erste Herzton nicht vom Schlieſsen der venösen Klappen erzeugt wird; dennoch ist sein Entstehen in deren Spannung begründet.

Obgleich nun durch die überzeugenden Versuche Charles Williams und des Dubliner Comités festgestellt worden war, daſs der erste oder dumpfe Herzton mit der Kammersystole und dem Herzimpulse, der hellere zweite Ton mit dem Anfange der Kammerdiastole gleichzeitig sei, daſs die Zusammenziehung der Vorhöfe der Kammersystole vorangehe, dennoch erneuerte Beau gegen Ende desselben Jahres den alten Fehler Corrigan's und Burdach's, und suchte ihn in einer neuen Gestalt zur Geltung zu bringen.

Beau *)

behauptete, durch zahlreiche Experimente und genaue Beobachtungen an Fröschen gefunden zu haben: 1) daſs auf die Zusammenziehung der Vorhöfe sogleich die Diastole der Kammern folge, hierauf die Zusammenziehung der Kammern gleichzeitig mit der Diastole der Vorhöfe, worauf diese Reihe der Actionen von Neuem beginne; 2) daſs die Herzspitze nicht während der Systole, sondern während der Diastole anschlage, daſs die Erweiterung der Kammern durch die Zusammenziehung der Vorhöfe bewirkt werde; 3) daſs der erste Ton, oder Ventrikelton oder unterer Ton, in dem Augenblicke, wo die Blutwelle, durch die Zusammenziehung der Vorhöfe vorgestoſsen, die Höhle der Kammer sehr schnell ausdehnt und zwar durch den Stoſs dieser Blutwelle auf die dem nervösen Ostium entgegenstehende Kammerwand erzeugt werde; 4) daſs endlich der zweite Ton, d. i. der Vor-

*) Archiv. de méd. Dec. 1835.

hofston oder oberer Ton, zu der Zeit entstehe, wo die Atrien ausgedehnt werden, und zwar durch den Anstofs der aus den Venen gegen die vordere Vorhofswand andringenden Blutwelle verursacht werde.

Nach Beau ist also der Vorhof der wichtigste und wirksamste Theil des Herzens und die Kammer nichts als das Anfangsstück der Arterie. Und diese verkehrte Ansicht will Beau den genauesten Beobachtungen, den sorgfältigsten Versuchen entnommen haben. Er selbst wenigstens ist davon überzeugt und hat auch später seine falsche Ansicht nicht geändert. Wenn Beau wirklich Versuche angestellt, so hat er doch sicher die sich ihm darbietenden Phänomene nach einer vorgefafsten Meinung beobachtet und beurtheilt. So konnte es leicht geschehen, dafs er, obschon er viele Jahre hindurch beobachtet hat, getäuscht worden ist. Doch zugegeben, dafs er richtig gesehen habe, kann man seinen, an so kleinen Thieren, deren Herzconstruction von der gröfserer Thiere abweicht, angestellten Versuchen mehr Glauben beimessen, als den an den Herzen grofser Thiere von Williams und dem Comité zu Dublin gemachten, zuverlässigen Beobachtungen? Dafs aber Beau sich in der That geirrt hat, hat Hope*), der der Prüfung der Beau'schen Beobachtungen wegen ebenfalls Frösche zu Experimenten benutzt hat, dargethan und kann jeder der Beobachtung einigermafsen Kundige sich leicht überzeugen. Es bleibt darum unerschütterlich fest stehen, dafs die Vorhofszusammenziehung der Kammersystole vorangehe, dafs diese mit dem ersten Tone und dem Herzstofs (choc) gleichzeitig sei, dafs hierauf die Kammerdiastole folge, deren Anfang der zweite Ton anzeigt. Wollten wir auch annehmen, dafs die von Beau angegebene Ordnung der Actionen die richtige sei, so ist darum seine Erklärung der Töne nicht weniger unhaltbar. Beau's Erklärung des ersten Tons ist falsch, da die zuverlässigsten

*) Raciborsky, traité de diagn. pag. 756.

Beobachter constatirt haben, dafs in der Zeit, in welcher die Atrien sich zusammenziehen und Beau den ersten Ton entstehen läfst, kein Ton vernommen werde, dafs im Gegentheil die Vorhofszusammenziehung schweigend vor sich gehe. Nicht weniger unrichtig ist Beau's Erklärung des zweiten Tons. Damit nämlich eine aus den Hohlvenen vorgestofsene Blutwelle nicht allmählich vordringe, sondern plötzlich an die vordere Vorhofswand anpralle (wie etwa ein in der Luft ausgegossener Wasserstrahl auf den Boden auffällt) und so einen Ton erzeuge, müfste ein von Blut leerer Raum im Atrium sein, in dem sich entweder Luft oder gar nichts befände. Ein leerer Raum aber kann in keinem Theile des Organismus entstehen und eine von Luft erfüllte Lücke im Blutstrom kann, wie wir früher bewiesen haben, in den Herzhöhlen nicht entstehen.

Ueberblicken wir nun die Menge von Irrthümern, aus denen das Beau'sche System zusammengesetzt ist, so kann es uns nicht wundern, dafs seine Theorie die Anerkennung, welche ihr das Ansehen des Autors verschafft hat, auch bei seinen Landsleuten bald verlor und jetzt der Vergessenheit übergeben worden ist.

(Fortsetzung folgt im nächsten Heft.)

I.

Geschichte der Physiologie der Herztöne

vor und nach Laënnec.

Von

Dr. **G. Joseph,** prakt. Arzte u. s. w. in Breslau.

(Fortsetzung von Bd. II. Heft I. S. 39.)

Die Verschiedenheit der Ansichten zwischen Charles Williams und dem Dubliner Comité in Beziehung auf den ersten Ton (Bd. II. Heft I. S. 36.) veranlafste die Brittische Gesellschaft, zur fernern Erforschung des so schwierigen Gegenstandes nochmals Versuche anstellen zu lassen. Das Londoner Comité, aus Charles Williams, Todd und Clerdinning bestehend, wurde damit beauftragt.

Das Londoner Comité*)

erhielt aus seinen, an jungen Eseln angestellten, Versuchen folgende Resultate:

I. Der erste oder Systoleton wurde fortwährend gehört, wenn das Herz pulsirte, ohne dafs es an einen Körper anschlug, der dicht genug gewesen wäre, einen Ton zu erzeugen. Der Ton dauerte nämlich fort, wenn es in dem geöffneten Herzbeutel, umgeben von den Lungen oder weichem Werg, frei lag und blofs an den Gefäfsen aufserhalb der Brust

---

*) Anhang zu dem von Dr. H. Velten übersetzten Werke Charles Williams. 1838.

schwebte. (Hierdurch wird bewiesen, dafs das Anschlagen des Herzens gegen einen festen Körper nicht die nothwendige Bedingung zur Erzeugung des ersten Tons ist.)

II. Der erste Ton dauerte fort, wenn die Vorhöfe mit den Fingern in die Ostia venosa hineingestopft wurden; ebenso, wenn die Finger durch Einschnitte in die Kammern bis auf den Boden derselben gedrückt wurden. Ferner wurde er vernommen, wenn das Herz so mit der Hand zusammengedrückt wurde, dafs es unmöglich noch Blut enthalten konnte. Ebenso deutlich war der Ton, wenn das Herz von den Gefäfsen getrennt, ja selbst wenn es aus der Brust entfernt wurde. (Hierdurch ist bewiesen, dafs die Thätigkeit der Klappen, das Aneinanderstofsen der einzelnen Blutströmchen, wie auch die innern Oberflächen der Kammern an der Erzeugung des ersten Tons keinen wesentlichen Antheil haben.)

III. Der erste Ton verschwand erst dann, wenn die Zusammenziehung der Kammern schwach wurde und die Spannkraft des Gewebes nachliefs.

IV. Der erste Ton konnte in seiner Eigenschaft und Kraft durch starke und plötzliche Zusammenziehung gewisser willkürlichen Muskeln nachgeahmt werden, besonders deutlich, wenn die Bauchmuskeln durch ein plötzliches Ausathmen in Bewegung gesetzt wurden. Bei diesem Versuche wurde das biegsame Stethoskop angewendet, um alle Reibung auf's sorgfältigste zu vermeiden.

V. Der zweite Ton wurde durch Alles, was die plötzliche Anspannung der Semilunarklappen verhinderte, sogleich gedämpft. So verschwand er, wenn man eine Klappe zur Seite zog, ferner beim Zusammendrücken der Wurzeln der grofsen Arterien, oder wenn man die Arterien aufschnitt, oder den Strom des Blutes in die Kammern hemmte.

VI. Der zweite Ton trat sogleich wieder ein, wenn die Klappen in ihrer Function nicht länger beeinträchtigt wurden.

VII. Der zweite Ton stimmt sowohl der Zeit als seiner

Eigenschaft nach mit der eigenthümlich hüpfenden Bewegung genau überein, welche man fühlt, sobald man den Finger auf die Arterien, in die Nähe der Klappen legte.

Inbegriff der Folgerungen.

1) Der erste Ton ist, so wie man ihn in der Brust vernimmt, gewöhnlich ein zusammengesetzter, indem er nämlich aus einem beständigen und wesentlichen besteht und einem, welcher nur unter gewissen Umständen hinzutritt. Das nothwendige Element des ersten Tons liegt im Innern selbst und hängt von dem plötzlichen Uebergang der Kammern aus dem Zustande der Erschlaffung (Diastole) zu dem der höchsten Spannung und Zusammenziehung des Gewebes (Systole) ab. Der äufsere oder beigeordnete Ton, welcher dem ersten Ton zur Verstärkung dient, wird durch das Anschlagen des Herzens an die Brustwand erzeugt.

2) Das Anstofsen der Bluttheilchen gegen einander oder gegen die innern Theile des Herzens oder der Gefäfse scheint auch nicht den geringsten Antheil bei der Entstehung des normalen ersten Tons zu haben.

3) Die Bewegungen der Vorhofsklappen bringen für sich keinen Ton hervor.

4) Die Aneinanderreibung der innern Oberflächen des Herzens ist nicht erwiesen.

5) Die Ursache des zweiten Tons ist das plötzliche Zusammenschliefsen der halbmondförmigen Klappen durch das Zurückfallen der Blutsäule im Augenblick der Diastole.

6) Die Columnae carneae scheinen gleichzeitig mit den Wänden der Kammern zu wirken und die Vorhofsklappen in die Kammern hineinzuziehen, so dafs der Druck des Blutes sie nur leise und gleichmäfsig verschliefst.

Im Ganzen stimmen die Resultate des Londoner Comité mit den von Charles Williams erhaltenen überein. Sie bestätigen bereits gefundene Gesetze. Doch sind auch einige Irrthümer zu bemerken. So ist der Nr. II. angehängte Schlufs (= Folgerung 3.), dafs die Thätigkeit der Vorhofsklappen für

sich keinen Ton hervorbringe, unrichtig. Allerdings wurden durch die angeführten Manipulationen die Vorhofsklappen verhindert, das Ostium venosum zu verschliefsen. Sie wurden aber durch dieselben nicht verhindert, mittelst der Contraction der Papillarmuskeln, welche sich gleichzeitig mit den Kammerwänden zusammenziehen, nach der Herzspitze hin gezogen und gespannt zu werden. Das Comité hat dieses noch übrige Moment der Tonerzeugung, dessen Dasein es in der Folgerung 6. selbst bekundet, hierbei ganz übersehen. Die in Nr. IV. enthaltene Beobachtung bedarf aus früher angegebenen Gründen (vergl. Bd. II. Heft I. S. 27.) noch gar sehr der Bestätigung. Wichtig für uns ist die sechste Folgerung, weil sie eine Erscheinung als wahr constatirt, welche von den meisten Forschern unbeachtet gelassen worden war.

Wir sind in der Aufzählung der Theorien der Herztöne bis zum Jahre 1837 angelangt. Bis dahin hatten sich um diesen Theil der Physiologie fast nur englische und französische Forscher verdient gemacht; der Versuch Burdach's ist ein sehr verfehlter. Nun erwacht auch in Deutschland mit der Verbreitung der Auscultation, nachdem die Ansichten der bereits angeführten Schriftsteller durch Uebersetzungen ihrer Werke bekannt geworden waren, für die Kenntnifs der akustischen Erscheinungen am Herzen ein reges Interesse. In den Lehrbüchern der Physiologie, welche um diese Zeit in Deutschland erscheinen, finden wir die Ansichten Charles Williams als die einzig haltbaren bezeichnet. So in dem Lehrbuch der Physiologie von

F. Arnold *).

„Zwei deutlich auf einander folgende Geräusche sind in der Herzgegend vernehmbar, von denen das erste mit dem Herzschlag isochron, dem Rauschen einer Flüssigkeit ähnlich, dumpfer und gedehnter ist und ohne Pause in das zweite, lautere, hellere und kürzere übergeht,

*) Lehrbuch der Physiologie von F. Arnold. Zürich 1837. S. 303.

das mit dem Zuklappen einer Blasebalgklappe verglichen werden kann. Nach beiden Geräuschen tritt eine kleine Pause ein. Das erste Geräusch entsteht durch Contraction der musculösen Kammerwände, das zweite durch die beim plötzlichen Rückstofs des Blutes in den Arterien auf die Valvulae semilunares entstehende Spannung dieser Klappen."

Arnold vergleicht den ersten Ton mit dem Rauschen einer Flüssigkeit, doch mit Unrecht, wie Jeder weifs, der irgend einmal die Töne eines gesunden Herzens gehört hat. Auch ist die Behauptung, dafs der erste Ton ohne Pause in den zweiten übergehe, nicht völlig richtig. Wäre sie wahr, so würden wir statt der beiden Töne nur einen längeren Ton hören. Die Pause ist freilich eine ganz überaus kleine. Ueber die Erklärung der Töne gilt das bei Beurtheilung der Ansicht Charles Williams Gesagte. Berthold und Tiedemann bekennen sich zu derselben Ansicht. Ebenso findet man in dem 1838 erschienenen Lehrbuche der Auscultation von

P. J. Philipp*)

die Schlüsse von Ch. Williams als allein haltbar bezeichnet. Dieses sehr werthvolle Werk hat zur Verbreitung der Ansichten jenes Forschers in Deutschland gewifs viel beigetragen, wurde jedoch bald durch das 1839 erschienene Lehrbuch der Auscultation von Scoda an Originalität übertroffen.

Bevor wir an die Beurtheilung der in diesem wichtigen Werke aufgestellten Theorie der Töne schreiten, haben wir der neuern Ansichten Pigeaux's und Hope's, so wie der Leistungen der Societät zu Philadelphia zu gedenken. Wir finden die Blutreibungstheorie in dem neuern Werke Pigeaux's, die Theorie der Klappentöne in dem Hope's und die des Muskelgeräusches in den Ansichten der eben genannten Societät vertreten.

---

*) Lehre von der Erkenntnifs und Behandlung der Lungen- und Herzkrankheiten. Berlin 1838. S. 104—112.

J. Pigeaux*)

hat in der neuern Ausgabe seines Werkes über Herzkrankheiten die frühere Ansicht über die Ursachen der Herztöne (vgl. Heft I. S. 11. u. 12.) berichtigen wollen. Betrachten wir, sagt er, den Zeitpunkt, in welchem die Kammern durch das aus den Vorhöfen hinein gelangte Blut erfüllt und am meisten ausgedehnt sind, so werden sich die Vorhöfe nicht zusammenziehen, da eine solche Bewegung eines Zweckes und einer Wirkung gänzlich entbehren würde. Daher mufs nach Pigeaux 1) die Herzcontraction bei den Kammern beginnen, wodurch das Blut, von allen Seiten her comprimirt, gegen die Vorhofs- und Seminularklappen gedrängt wird und nach Ueberwindung der letztern durch die Ostia arteriosa in die Räume der Arterien eintritt. Durch die Reibung des Bluts an die Kammer- und Arterienwände und an die arteriösen Mündungen entsteht der erste, dumpfe, in der untern Herzgegend am deutlichsten vernehmbare Ton. 2) In dem Augenblicke, in welchem die Zusammenziehung der Kammern aufhört, ziehen sich die Vorhöfe zusammen und drücken das Blut in die zum Theil leeren Räume der Ventrikel, welche in diesem Augenblicke an die Brustwand anschlagen. Durch die Reibung des Bluts an die Wände der Vorhöfe, Vorhofsmündungen, innere Kammeroberflächen entsteht der zweite, helle, in der obern Herzgegend am stärksten hörbare Ton. Beide Töne werden durch die Resonanz der umliegenden Theile verstärkt. 3) Endlich folgt ein gröfseres Moment der Ruhe, während welcher das Blut fortfährt, in die Räume der Ventrikel zu fliefsen, und, da es jedes Impulses entbehrt, weder einen Ton, noch ein Geräusch hervorruft.

In dieser neuen Theorie Pigeaux's ist die Anordnung der Herzbewegung der von ihm früher aufgestellten ganz entgegengesetzt. Jedoch eine Verbesserung der frühern Theorie kann diese neue um so weniger genannt werden, als darin

*) Traité pratique des maladies du coeur. Paris 1839. p. 49 s.

zu alten Irrthümern neue hinzugekommen sind. Wiederum nämlich finden wir hier die schon längst als falsch bewiesene Behauptung, dafs der Herzstofs während der Diastole der Ventrikel statt finde, und nun kommt noch der neue Irrthum, dafs die Vorkammern sich erst nach beendeter Contraction der Kammern zusammenziehen, hinzu. Es ist nicht zu ermitteln, wie Pigeaux in diesen Irrthum gerathen ist. Gewifs hat er noch kein lebendes Herz pulsiren gesehen; denn er würde auch bei einem Sturme der Herzbewegungen in diese falsche Meinung über den Rhythmus derselben nicht verfallen sein. Ueber die erdachte Entstehung der Töne durch die Blutreibung gilt das früher (Bd. II. Heft I. S. 11. u. 36.) Gesagte.

J. Hope*)

hat in seinem neuern Werke über Herzkrankheiten seine frühere Ansicht über die Ursachen der Töne gänzlich annullirt und sich zu der Ansicht Rouanet's bekannt, jedoch mit dem Unterschiede, dafs er den ersten Ton nicht ganz der Spannung der Vorhofsklappen zuschreibt, sondern ihn auch zum Theil aus dem Kammermuskelgeräusch entstehen läfst. Die Spannung der Vorhofsklappen bleibt ihm das Hauptmoment zur Erzeugung des ersten Tons. Er theilt deshalb nicht völlig die Ansicht Charles Williams, mit dem er sehr viele seiner Versuche vereint anstellte, weil er bei denselben die wichtige Beobachtung machte, dafs, wenn er mittelst eines gebogenen Eisendrahts das Schliefsen der Vorhofsklappen verhinderte, statt des ersten Tons ein Geräusch entstand, und dafs in Herzen mit krankhaft verdünnten Kammerwänden und erweiterten Höhlen der erste Ton heller wurde, obgleich ohne Zweifel in diesem Zustande des Herzens eine schwächere Zusammenziehung des Herzmuskels vor sich geht. Dieser Momente ist schon früher (Bd. II. Heft I. S. 17. 18. 27. u. 28.) gedacht.

*) Krankheiten des Herzens und der grofsen Gefäfse. London 1839, übersetzt v. Dr. Becker. 1839.

Die Societät zu Philadelphia*)

stellte Versuche an Widdern, Kälbern und Pferden an, deren Herzen bloſsgelegt und die Respiration sogleich künstlich unterhalten wurde. Die Beobachter bedienten sich eines elastischen Hörrohrs. Der hörende Beobachter sagte mit verschlossenen Augen seine Wahrnehmungen aus, welche sogleich schriftlich niedergelegt wurden. Man erhielt folgende Resultate, welche 1839 veröffentlicht worden sind.

1) Die Contraction der Ventrikel ist synchron mit dem Herzstoſs und erzeugt ihn, indem die Herzspitze an den Thorax schlägt.

2) Die Austreibung des Bluts geschieht durch Quercontraction; das Herz macht in der Systole eine Spiralbewegung und wird länger, nicht aber zieht sich die Spitze gegen die Basis zusammen.

3) Die Systole der Ventrikel und die Diastole der Atrien ist gleichzeitig und dauert ungefähr die Hälfte der Zeit eines Bewegungscyklus. Unmittelbar auf die Systole der Ventrikel folgt die Diastole, etwa $\frac{1}{4}$ der Zeit eines Cyklus dauernd, und mit ihr tritt Verkleinerung der Atrien ein, die einen Theil ihres Blutes in die Ventrikel ergieſsen ohne Muskelcontraction. In dem übrigen $\frac{1}{4}$ der Zeit ruhen die Ventrikel. Am Ende derselben ziehen sich die Atrien activ zusammen, dehnen durch Blut die Ventrikel aus, deren Systole dann beginnt.

4) Die Ventrikel ruhen zwischen Systole und Diastole vollständig, enthalten Blut, sind aber nicht angespannt, die Atrien bleiben fortwährend in partieller Spannung.

5) In allen Versuchen wurden die Geräusche durch die Bewegungen des Herzens und seines Inhalts erzeugt.

6) Sie sind um so heller, je dünner die Muskelwände sind, wie z. B. am rechten Ventrikel.

*) Report of experiments on the action of the heart, by DD. C. Pennock and E. Moore. Read before the pathol. Soc. of Philadelphia. 1839. — Zeitschrift f. d. gesammte Medizin v. Fricke u. Oppenheim. Bd. XV. 1840. S. 47–49.

7) Der erste Ton, der Herzstofs, und die Systole der Ventrikel sind isochron. Dieser Ton bildet sich aus der Contraction der Kammern, dem Aneinanderschlagen der Vorhofsklappen und dem Strömen des Bluts. Nach Herausnahme des Herzens, Spaltung und Entleerung der Kammern war noch ein ähnlicher Ton hörbar; die Klappen scheinen nur geringen Antheil zu haben.

8) Der zweite Ton hingegen wird ausschliefslich durch Druck des Bluts gegen die Semilunarklappen erzeugt, ist am lautesten an der Aorta, schwächer an der Arteria pulmonalis, wird matt bei schwacher Herzcontraction und verschwindet ganz bei Offenhalten der Klappen.

9) Er ist synchron mit der Diastole der Ventrikel.

Wir begegnen in den Beobachtungen dieser Gesellschaft manchem Irrthume. In der dritten Beobachtung sagt das Comité, dafs die Systole der Ventrikel $\frac{1}{2}$, die Diastole etwa $\frac{1}{4}$ der Zeit eines Bewegungscyklus dauere. Diese Behauptung ist unrichtig. Die Diastole dauert vielmehr länger als die Systole, nicht allein während der Zeit des zweiten Tons, sondern auch während der darauf folgenden Ruhe. Gegen das Ende der Diastole der Ventrikel erwacht die Contraction der Atrien und geht unmittelbar in die Systole der Ventrikel über. Bei ruhiger, langsamer Herzbewegung, an welcher Williams und Hope ihre Beobachtungen gemacht haben, dauert die Diastole zweimal so lang als die Systole, mindestens so lang als dieselbe. Doch vielleicht versteht das Comité unter Diastole der Ventrikel nur den kurzen Moment der Contraction der Atrien, so dafs also die grofse Pause zwischen Systole und Diastole der Ventrikel zu liegen käme. Dann würde die angegebene Zeit richtig sein. Der zweite Ton, welchen das Comité (vgl. Folgerung 9.) ebenfalls mit der Diastole der Ventrikel synchron sein läfst, würde dann zur Zeit der Zusammenziehung der Atrien entstehen. Alles dies widerspricht den genauen Beobachtungen zuverlässiger Forscher. Ferner behauptet das Comité, dafs die Atrien, indem

sie sich verkleinern, einen Theil ihres Blutes in die Ventrikel ergiefsen ohne Muskelcontraction, ein ander Mal activ. Wie ist eine spontane Verkleinerung der Atrien ohne Contraction möglich, oder wie will man eine solche passive Contraction der Vorhöfe, wie sie sich das Comité denkt, von einer activen unterscheiden? Die übrigen Resultate constatiren bereits von früheren Forschern gefundene Wahrheiten.

Joseph Scoda*).

Wir kommen nun zu dem Meister der Auscultation in Deutschland, welcher sich auch um die Erklärung der akustischen Herzerscheinungen verdient gemacht hat. Bis auf Scoda hat kein deutscher Physiologe etwas zur Aufklärung des so schwierigen Gegenstandes beigetragen. Vor ihm war bei allen französischen, englischen und deutschen Schriftstellern nur von zwei Herztönen die Rede. Scoda hat zuerst gelehrt, dafs in der Herzgegend eigentlich acht Töne vernommen werden. In der That vernimmt jeder aufmerksam Horchende sowohl in der Gegend des rechten als auch des linken Ventrikels und sowohl des rechten als auch des linken Ostium arteriosum je zwei Töne und unterscheidet die Töne an den arteriellen Ostien durch ihren umgekehrten Rhythmus von denen an den venösen. Er hört jene im jambischen, diese im trochäischen Rhythmus auf einander folgen. In Beziehung auf die Aufeinanderfolge der Herzbewegungen und der ihnen entsprechenden Töne stimmt Scoda mit Ch. Williams überein. Er geht von dem Grundsatz aus, dafs zur Erforschung der Ursachen der Töne Vivisectionen allein nicht hinreichen, sondern dafs auch Beobachtungen an Gesunden und Kranken, sowie Vergleichung der an lebenden Menschen beobachteten Erscheinungen mit dem jedesmaligen Zustande der in Betracht kommenden Theile nach dem Tode, nöthig seien. Scoda's System ist folgendes.

---

*) Abhandlung über Auscultation und Percussion. 1. Auflage. Wien 1839. 4. Auflage. Wien 1850. S. 173—197.

Der erste Ventrikelton oder systolische Ventrikelton entsteht durch den Stofs des Bluts an die Bi- und Tricuspidalklappe im Beginn der Diastole der Atrien, dadurch, dafs diese Klappen in Schwingungen gerathen, und durch den Anschlag der Herzspitze an die Brustwand. Sind die Klappen gesund, so werden reine Töne vernommen; in einigen Krankheiten der Klappen erscheinen statt der Töne Geräusche. Es sind daher zur Erzeugung reiner Töne gesunde Klappen nöthig und die Töne zeigen einen vollständigen Klappenschlufs an, durch welchen das Blut verhindert wird, in die Vorhöfe zurück zu fliefsen*). Der zweite Kammerton oder diastolische Ton entsteht bald durch Anschlag des Blutes an die Wände der Kammern während deren Diastole, bald durch das Losreifsen der Herzspitze von dem Pericardium. Ein reiner zweiter Kammerton bedeutet, dafs das Ostium venosum nicht verengt sei und dafs das aus den Vorhöfen in die Kammern dringende Blut nicht rauhe Stellen passire**).

Der erste Arterienton entsteht gleichzeitig mit der Kammersystole durch die plötzliche Spannung der Wände der grofsen Arterienstämme. Ein reiner arteriöser, mit der Systole der Kammern gleichzeitiger erster Ton bedeutet, dafs das arteriöse Ostium weder verengt, noch mit Excrescenzen besetzt ist und dafs der Zustand der Trunci arteriarum normal ist***).

Der zweite Arterienton entsteht durch den Rückstofs des Bluts während der Kammerdiastole durch die Schwingungen der Klappen und Arterienwände. Durch einen reinen diastolischen Arterienton wird angezeigt, dafs die arteriellen Klappen vollkommen schlufsfähig sind.

Die Töne der rechten Ostien weichen von denen der linken in Höhe und Stärke ab.

In der Erklärung des ersten Kammertons und des zwei-

*) S. 215. — **) S. 219. — ***) S. 228.

ten Arterientons stimmt Scoda mit Rouanet überein. Unrichtig ist die von Scoda aufgestellte Ursache des zweiten Kammertons. Damit das Blut beim Eindringen in die Kammern einen Ton erzeuge, müfste es an deren Wände so anprallen, wie etwa in der Luft ein Wasserstrahl auf einen Körper fällt und einen Ton hervorbringt. Es müfste daher ein mit Luft erfüllter oder luftleerer Raum zwischen Blut und Ventrikelwand da sein, welcher in den Räumen des Herzens nicht existirt. Der diastolische Kammerton entsteht vielmehr in den Anfängen der Arterienstämme und wird in den Kammern als schwächerer, dahin fortgeleiteter Ton gehört; denn wenn bei Insufficienz der Valvulae semilunares aortae ein Geräusch statt des zweiten Tons gehört wird, so wird auch in der Gegend der linken Kammer ein Geräusch statt des diastolischen Tons vernommen, obgleich bei der Section nur die Aortaklappen verbildet gefunden werden. Ferner wenn durch Excrescenzen am linken Ostium venosum ein diastolisches Geräusch erzeugt wird, so wird im linken Ventrikel statt des diastolischen Tons ein Geräusch vernommen, welches, je näher wir mit dem Ohre der Aorta kommen, desto schwächer wird, da ein Ton oder Geräusch am Orte seines Ursprungs am stärksten ist und an Stärke verliert, je mehr wir von da unser Ohr entfernen. Es ist dies der Grund, warum wir die Töne in den Arterien im jambischen, die im Ventrikel im trochäischen Rhythmus hören. Der erste, d. i. schwächere Arterienton ist der fortgeleitete erste Ventrikelton; der zweite, d. i. schwächere Ventrikelton ist der fortgeleitete zweite Arterienton.

Ferner irrt Scoda, wenn er glaubt, ein reiner diastolischer Ventrikelton zeige an, dafs das Ostium venosum weder verengt, noch mit Excrescenzen besetzt sei. Durch diesen Ton erfahren wir nichts über die Beschaffenheit jenes Ostium. Ich habe hier im Hospitale zu Allerheiligen Gelegenheit gehabt, mehrere an Insufficienz der Bicuspidalklappe leidende Kranke zu beobachten, an deren linker Herzkammer ein

diastolischer Ton, kein Geräusch gehört wurde. Dennoch wurde bei der Section eine sehr grofse Verengerung des linken Ostium venosum gefunden.

Nicht weniger unbegründet ist die Erklärung des ersten Arterientons; denn mehrere Gründe widersprechen derselben: 1) Damit die Arterienwände durch Spannung in Schwingungen gerathen und tönen, ist, wie an Leichen angestellte Experimente zeigen, eine sehr grofse Gewalt nöthig, welche im Leben nie in Wirksamkeit tritt. 2) Vivisectionen zeigen, dafs die durch die Kammersystole bewirkte Spannung der Arterienwände geringer ist, als dafs in denselben Schwingungen entstehen können. 3) Der Ursprung dieses Tons ist in den Ventrikeln, nicht in den Arterien; er ändert sich zugleich mit dem ersten Ventrikelton. Man findet bei Insufficienz der Bicuspidalklappe, wo systolisches Geräusch an der Herzspitze und an dem Ost. ven. sin. gehört wird, bei der Section die Aorta oft ganz gesund. 4) Wenn wir in gröfseren Arterien, wie Carotis, Cruralis, einen systolischen Ton vernehmen, so entsteht dieser Ton nicht im Gefäfse, sondern im Stethoskop oder Ohre; denn durch die pulsirende Bewegung der Arterien wird die Luftsäule in unserem Ohre erschüttert, geräth in Schwingungen und tönt. Dieser Ton gleicht dem, welchen wir vernehmen, wenn wir mit der Vola der einen Hand unser Ohr verschliefsen und mit einem Finger der andern Hand auf den Rücken jener klopfen. Weil wir nun bei Insuffic. bicuspidal. nicht allein statt des systolischen Tons im linken Ventrikel ein starkes, sondern auch statt des ersten Aortatons ein schwaches Geräusch zu hören pflegen, obwohl weder die Aortawand noch das Ost. arter. bei der Section krank gefunden wird, so ist es klar, dafs der erste Arterienton in den Kammern, nicht in den Arterien entsteht.

Scoda und die, welche sein System der Herztöne billigen, glauben deshalb an die Entstehung von acht Tönen, weil bei Insufficienz der Bicuspidalklappe ein erster Ton in

der Aorta und bei Insufficienz der Aortaklappen ein diastolischer Ton am linken Ventrikel zuweilen vernommen wird. Auch ich hatte einmal Gelegenheit, jenen ersten Umstand zu beobachten. Und zwar wurde in diesem Falle ein sehr starker erster Ton der Art. pulm. vernommen. Dennoch täuscht sich Scoda. Denn wenn wir die Lage der arteriellen Ostien vor Augen haben, so werden wir nicht zweifeln, dafs die an einander so nahen Orten und zu derselben Zeit entstandenen Töne der Art. pulm. und Aorta in eine akustische Empfindung zusammenfliefsen. Deshalb kann es leicht geschehen, dafs ein starker, hoher Ton der Art. pulm., weithin schallend, in die Aorta fortgeleitet, daselbst ein schwaches Geräusch übertönt. Ebenso kann bei Insufficienz der Aortaklappen statt eines diastolischen Geräusches irgend einmal ein Ton gehört werden, wenn aus einer anderen Ursache der zweite Ton der Art. pulm. sehr verstärkt ist. Dann übertönt ein so starker, in den linken Ventrikel hineinschallender Ton ein daselbst entstehendes schwaches, diastolisches Geräusch. Nachdem wir nun alle Gründe, welche Scoda für ein Entstehen von acht Tönen vorbringt, widerlegt haben, so ist es klar, dafs die acht Töne auf vier zurückgeführt werden müssen.

Das System Scoda's ermangelte nicht, zahlreiche Anhänger zu finden und Versuche zur Verbesserung hervorzurufen, deren Besprechung wir aber, da sie einige Jahre später erschienen, erst später folgen lassen.

Ebenso wichtig wie das Jahr 1839 ist auch das Jahr 1840 für die Physiologie der Herztöne. Es erschienen die äufserst interessanten Beobachtungen über die Function der Atrioventricularklappen und Papillarmuskeln von G. Kürschner und J. Heine.

Kürschner's Ansicht*) ist, dafs die Atrioventricularklappen nicht durch die ganze Zeit der Kammersystole am

*) Die venösen Klappen des Herzens und ihre Verrichtungen. Froriep's neue Notizen. 1840. Nr. 316.

Vorhofe ausgespannt und geschlossen verharren, sondern dafs sie beim Vorrücken der Kammerzusammenziehung durch die sich gleichzeitig zusammenziehenden Papillarmuskeln vom Ostium ab und gegen die Herzspitze hin gezogen werden und auf diese Weise die Kammern in der Herauspressung des Blutes unterstützen. Würden letztere dieses Hülfsmittels zur Herausschaffung des Blutes entbehren und die Klappen im Ostium während der ganzen Dauer der Systole unausgesetzt gespannt verharren, so würde immer ein Theil des Blutes in der Kammer zurückbleiben, nämlich der letzte Theil der Blutsäule, welcher im Ost. arter. liegt und dessen Höhe die Höhe einer Semilunarklappe ist; denn auf diesen kann die pressende Gewalt der Kammerwände nicht mehr wirken. Dieser letzte Theil der Blutsäule soll nach Kürschner dadurch noch aus der Kammer geschoben werden, dafs die Klappensegel, nach abwärts gezogen, alle Bluttheilchen an die pressende Wand der Kammer schieben. Diese Beobachtung ist schon vom Londoner Comité (Folgerung 6.) mitgetheilt worden. So viel ist gewifs, dafs bei einem solchen Verhalten die Vorhofsklappen die Ventrikel in der Fortbewegung der Blutsäule unterstützen; ob aber dadurch auch jener ganze oben erwähnte letzte Theil der Blutsäule herausgeschafft werden kann, ist noch nicht erwiesen.

Mit der eben erörterten Ansicht Kürschner's stehen zum Theil die Ansichten Joseph Heine's über die Ursachen der Töne in Einklang.

Joseph Heine*).

Der erste Ton hat seinen Grund in der plötzlichen Ausbreitung der zwei- und dreispitzigen Klappe und besteht aus zwei unmittelbar in einander übergehenden Momenten, welche sich während der Systole folgen und den Membranenton diese

*) Ueber die Mechanik der Herzkammerbewegung und über die Motive des ersten und zweiten Tons, als Manuscript lithographirt 1840, dann herausgegeben in d. Zeitschrift für rationelle Medizin von Henle. Bd. I. S. 114—122.

ganze Zeit hindurch dauern lassen. Im ersten Momente werden durch die sich zusammenziehenden Papillarmuskeln die Klappentheile plötzlich über das Kammerblut ausgespannt, im zweiten wird durch die Contraction der Kammern das Blut an die bereits schon in Spannung begriffenen und darin erhaltenen Klappenmembranen gepreſst, was die Fortsetzung des Membranentons verursacht, d. h. die Schwingung der Klappe wiederholt sich während der Systole durch zwei in ihrer Art verschiedene Impulse*).

Die Contraction der Ventrikel treibt nicht alles Blut aus den Kammern. Auf das letzte Quantum Blut nämlich, dessen Basis der Umfang des Anfangs der Arterie, dessen Höhe die Höhe einer Valv. semilun. ist, können die pressenden Kammerwände nicht mehr wirken, es nicht weiter treiben. Diese Blutmasse sinkt demnach bei Beginn der Diastole in die Kammer zurück. Gleichzeitig stürzt das Vorkammerblut in die Kammer. Aus dem Aufeinandertreffen dieser zwei in Stärke ungleichen Blutströme aus verschiedener Richtung leitet Heine den klappenden zweiten Herzton ab**).

Heine theilt mit dem Dubliner Comité und Kürschner das Verdienst, auf ein oft ganz übersehenes und von manchen Forschern falsch gedeutetes Moment in der Herzthätigkeit aufmerksam gemacht und seine Bedeutung richtig erfafst zu haben. Es ist dies die Function der Papillarmuskeln. Diejenigen, welche mit Laënnec glauben, dafs die Musculi papillares erschlaffen, während die übrige Muskelpartie des Herzens sich zusammenzieht, haben nicht einen einzigen Grund für ihre rein willkürliche Annahme. Heine's Ansicht dagegen stützt sich auf Beobachtungen, welche später wiederholt werden. Es ist klar, dafs die Zusammenziehung dieser Muskelpartien des Herzens bei der Spannung der Klappen ein ebenso wichtiges Moment ist, als das Anpressen des durch die Contraction der Kammerwände auf

*) S. 121. — **) S. 115.

einen kleinern Raum reducirten Blutes an die Klappen. Heine's Annahme aber, dafs beide Momente des ersten Tons nicht isochron seien, sondern einander folgen, ist ebenso willkürlich als seine Erklärung des zweiten Tons.

Es ist wunderlich, dafs H. sich als Motiv zur Erzeugung desselben eines Umstandes bedient, welchen Kürschner als eine Unvollkommenheit in der Erklärung der Blutcirculation zu beseitigen bemüht ist. Angenommen jedoch, nach jeder Systole sänke ein Theil Blutes in die Kammer zurück, während aus dem Vorhofe neues Blut in die Kammer strömt, so geben doch beide Momente noch keine Bedingung zur Erzeugung des zweiten Tons. Damit dieser dabei entstände, müfste ein Raum zwischen dem zurücksinkenden und den neu einströmenden Blute vorhanden sein und beide müfsten plötzlich, mit Einem Schlage, wie eine Welle an die andere anprallen. Dafs ein solches Anprallen in den Räumen des Herzens nicht möglich ist, haben wir schon früher dargethan. Die Diastole ist kein Act, in dem der Kammerraum durch Nervenaction eröffnet würde, sondern das aus dem Vorhof vordringende Blut drängt mechanisch die noch aneinander liegenden, aber nunmehr erschlafften Herzwände auseinander und füllt allmählich den Raum aus. Demgemäfs kann darin kein Moment für Tonerzeugung gefunden werden.

Der Zeit nach folgen jetzt die Theorien von Gendrin, Cruveilhier, Barth und Roger. Die letzte der Theorien, welche die Blutreibung als Ursache der Herztöne ansehen, ist die von

P. Gendrin*).

Nach Gendrin wird das in den Kammern enthaltene Blut durch deren Contraction in Schwingungen versetzt, welche gegen die Herzspitze hin convergiren und sich den Herzwandungen mittheilen. Dadurch wird der erste Herzton

*) Leçons sur les maladies du coeur et des grosses artères. Paris 1841. pag. 32.

erzeugt. Dieser ist an der Stelle des Thorax, wo die Herzspitze anschlägt, am deutlichsten zu hören, theils wegen der erwähnten Convergenz der Schwingungen der Bluttheilchen, theils deshalb, weil der Schall daselbst durch das unmittelbare Anschlagen der Herzspitze an die Brustwand am vollkommensten in letztere übergeht.

Sobald die Diastole der Ventrikel beginnt, stürzt das Blut in die Räume der Kammern. Darin strömt es zuerst nach abwärts, gegen die Herzspitze hin, von da nach aufwärts, und stürzt zuletzt an der Basis des Herzens gegen die Wände der Kammern. Dieser Anschlag des Bluts an die soliden Kammerwände erzeugt den zweiten Ton, der deshalb an der Basis des Herzens am lautesten ist. Die Valvulae semilunares tragen zur Hervorbringung des zweiten Tons nichts bei; denn sie sind schon geschlossen, bevor die Anfüllung der Kammerräume stattfindet, also vor Entstehung des zweiten Tons. Die Vorhofsklappen tragen zur Erzeugung des ersten Tons nichts bei; denn ihre Vibrationen müssen sich mit den Schwingungen des Blutes vermischen. Man nimmt ferner den ersten Ton an der Anschlagsstelle der Herzspitze, nicht in der Nähe der Vorhofsklappen am stärksten wahr. Wäre der erste Ton von der Spannung der Atrioventricularklappen abhängig, so müfste er in Fällen, wo dieselben zerstört sind, fehlen. Er ist aber in solchen Fällen im Gegentheile häufig lauter als bei normalem Zustande der Klappen. Wäre der zweite Ton abhängig von der Spannung der Valvulae semilunares, so dürfte er in Fällen, wo diese zerstört sind, nicht wahrgenommen werden. Nach G. ist er aber jedesmal vorhanden und wird nur durch abnorme Geräusche maskirt, die dessen Wahrnehmung bei unmittelbarer oder mittelbarer Anlegung des Ohres an den Thorax hindern. In solchem Falle behauptet G. sich überzeugt zu haben, dafs die Töne vorhanden waren, wenn er das Ohr ein wenig vom Thorax entfernte.

Da wir schon früher bewiesen haben, dafs es nach aku-

stischen Gesetzen unmöglich ist, dafs die mikroskopisch-kleinen Blutkörperchen hörbar schwingen können, ferner dafs von der Erzeugung eines Tons durch Anprallen des Blutes an die innere Oberfläche der Herzräume nicht die Rede sein könne, so dürfen wir uns hier darauf beschränken, die Gründe, welche G. gegen das Entstehen der Töne durch Schwingungen der Klappen vorgebracht hat, als falsch zurückzuweisen. G. leugnet das Tönen der Klappen, weil deren Schwingungen mit den Schwingungen der Bluttheilchen sich vermischen, demgemäfs zu Grunde gehen würden. Und doch gibt es ein physikalisches Gesetz*), dafs sowohl Töne als Geräusche von schwingenden Körpern, welche von Flüssigkeit umgeben sind, erzeugt, zu unserem Ohr durch ein flüssiges oder solides Medium fortgeleitet und gehört werden können. Auch wird der erste Ton nicht deshalb, weil der Strom der schwingenden Bluttheilchen gegen die Herzspitze hin convergirt, in der Gegend der Herzspitze am lautesten gehört, sondern weil an dieser Stelle des Thorax die Schwingungen vom Herzen in die Brustwand zur Zeit des Anschlags am leichtesten übergehen können. Dies ist auch der Grund, warum der erste Ton nicht in der Gegend der Vorhofsklappen, sondern hier, obgleich am entfernteren Orte, am lautesten ist. An blofsgelegten Herzen aber wird dieser Ton an allen Stellen der Kammeroberfläche gleich laut gehört. Ferner, obgleich die Semilunarklappen bei Beginn der Kammerdiastole vor Entstehung des zweiten Tons schon geschlossen sind, so wird dieser Ton dennoch von diesen Klappen erzeugt; sie sind nämlich bereits geschlossen und werden von dem Impulse des durch die erwachende Zusammenziehung der Arterien vorwärts und rückwärts gedrückten Blutes stärker gespannt und dadurch in Schwingungen versetzt. Endlich irrt G., wenn er behauptet, auch bei zerstörten Klappen einen deutlichen Ton

*) Pouillet-Müller's Lehrbuch der Physik. 1847. Bd. I. S. 297. Bd. II. S. 68.

gehört zu haben, wenn er nicht etwa die Empfindung des Herzanschlags mit der akustischen Empfindung eines Tons verwechselt. G. vergifst, dafs sehr selten beide Vorhofsklappen, niemals die Valvulae semilunares beider arteriösen Ostien zugleich zerstört sind und dafs je die systolischen und die diastolischen Töne beider Herzhälften zu derselben Zeit entstehen und für unser Ohr in eine akustische Empfindung zusammenfliefsen. Wenn nun G. auch bei kranken Klappen einer Herzhälfte Töne vernommen hat, so hat er, besonders bei etwas vom Thorax entferntem Ohre, nicht die Töne der kranken, sondern der gesunden Herzhälfte gehört. Auch kann ein leichtes Blasen, welches wir so oft statt des Tones hören, einen wirklich vorhandenen Ton nicht maskiren. Die Idee der Blutreibung scheint mit der Theorie Gendrin's für immer zu Grabe getragen zu sein.

Von Gendrin rührt auch die Theilung der Zeit eines Bewegungscyklus in noch mehr Theile als in Systole und Diastole her. Er bezeichnet nämlich die Zeit der Kammerzusammenziehung mit Systole, die Zeit zwischen dem ersten und zweiten Ton mit Perisystole, die Zeit des zweiten Tons mit Diastole, die Zeit zwischen dem zweiten Ton und der Vorkammerzusammenziehung mit Peridiastole, die Zeit der Vorhofszusammenziehung mit Präsystole. Dieser Bezeichnungen bedient sich Gendrin zur genauen Bestimmung der Zeit, in welcher Geräusche gehört werden. Ich kann nicht glauben, dafs dadurch ein Nutzen für die Diagnostik entsteht, besonders da zur Erkennung der Klappenkrankheiten zu wissen genügt, ob ein Geräusch systolisch oder diastolisch ist.

Cruveilhier*)

behauptet, dafs an der Ursprungsstelle der Arterien beide Herztöne erzeugt werden. Der erste Ton entstehe durch das Aufrichten, der zweite Ton durch den Schlufs und die Spannung der Semilunarklappen. Seine Ansicht stützt sich auf

*) Gazette médicale de Paris. 1841. No. 32.

Beobachtungen an einem Kinde, welches mit Ektopie des Herzens geboren war. Das Herz dieses Kindes, welches ganz aufserhalb des Thorax (aus dem es durch eine runde Oeffnung im obern Theile des Brustbeins getreten war) lag, war ganz blofs, ohne Perikardium, pulsirte sehr lebhaft, war stark gebaut, an der Oberfläche trocken und von blasser Farbe. Das Kind schien keinen Schmerz zu empfinden, wenn das Herz berührt oder sanft gedrückt wurde. Auch seine Action wurde dadurch nicht gestört. Beim unmittelbaren Anlegen des Ohres hörte C. den doppelten Herzton, und zwar den ersten Ton viel schwächer, als man ihn durch die Brustwand zu hören gewohnt ist. Beide Töne waren am Grunde des Herzens am stärksten, an der Spitze am schwächsten. C. will sehr genau die Ventrikel im Momente ihrer Zusammenziehung beobachtet und an keiner Stelle ihrer Oberfläche ein Vibriren wahrgenommen haben. Er schlofs daraus, dafs weder die Kammerwände, noch die Vorhofsklappen die Ursache des ersten Tons seien und dafs dieser Ton durch das Aufrichten der arteriösen Klappen bedingt werde, indem er sich am stärksten an gleicher Stelle mit dem zweiten Tone hören liefse. Zur Bestätigung dieser Ansicht führt er auch Erfahrungen am Krankenbett an. In allen Krankheiten der Valvulae semilunares sollen bei normalem Zustande der Atrioventricularklappen beide Herztöne verändert sein. Als Mitursache des ersten Tons nimmt C. den Choc an und erklärt daraus die Thatsache, dafs der erste Ton an der Anschlagsstelle der Herzspitze am lautesten sei.

Zugegeben, dafs man alle Theile eines so kleinen Herzens einzeln, genau getrennt, behorchen könne (was jedoch unmöglich scheint, weil sowohl das Aufsatzstück des Stethoskops, als auch unsere Ohrmuschel fast die ganze Oberfläche des Herzchens bedeckt), so kann dennoch aus der isolirt dastehenden Beobachtung einer Abnormität nicht erschlossen werden, wie sich das Herz einer von Natur normal gebauten Brust verhalte. Wie wenig darauf zu geben sei,

hat Charles Williams*) neulich berichtet, da ihm, vereint mit mehreren andern Aerzten, die Gelegenheit geboten war, eine solche Abnormität zu beobachten. Obwohl alle im Auscultiren tüchtig, konnten sie sich dennoch weder über die Ordnung der Bewegungen noch der Töne einigen, da das Kind nicht einen Augenblick still lag. Ein ähnliches Beispiel berichtet C. Forget**). Am 15. August 1850 habe Follin der medicinischen Facultät der Akademie ein Beispiel von Ektopie des Herzens mitgetheilt, an welcher Follin beobachtet hätte, dafs die Vorhöfe sich stark und energisch, die Kammern dagegen schwach und langsam zusammenzogen, was allen bis jetzt gemachten zuverlässigen Beobachtungen widerspricht. Man darf in unserer Wissenschaft einer vereinzelten Beobachtung keine Beweiskraft vindiciren wollen, und ich stimme Forget's Worten bei: „Car l'autorité du nombre peut seule transformer en lois des aperçus qui, déduits des faits isolés, pourraient être considérés comme l'effet du hasard ou d'inductions prématurées." Doch Cruveilhier beruft sich auch auf Erfahrungen am Krankenbett. Bei Krankheiten der Valvulae semilunares aortae sollen auch bei gesunder Bicuspidalklappe beide Töne des linken Ventrikels in Geräusche umgewandelt sein. Diese Beobachtung ist jedoch auf die Fälle zurückzuführen, wo bei Insufficienz der Aortenklappen und Excrescenzen, Rigiditäten oder Stenose des Ostium arterios. sin. ein starkes bruit de va et vient gehört wird und den ersten Ton der linken Herzhälfte, zuweilen auch den der rechten maskirt. Endlich ist der erste Ton an der Anschlagsstelle der Herzspitze nicht nur deshalb am lautesten, weil er daselbst durch einen neu entstandenen Ton verstärkt wird, sondern auch, weil er daselbst am

*) Ueber Prognose und Behandlung der organischen Krankheiten des Herzens, übersetzt v. Dr. Reumont. Bonn 1851. S. 23.

**) Précis historique et pratique des maladies du coeur. Strasbourg et Paris 1851. pag. 13.

leichtesten in die Brustwand fortgepflanzt wird und zu unserem unmittelbar oder mittelbar anliegenden Ohre gelangt.

Barth und Roger*)

sind überzeugt, dafs die Ursachen der Herztöne mehrfach sind. Der erste Ton verdanke seine Entstehung: 1) der Muskelcontraction der Kammern, 2) der Spannung der Vorhofsklappen, 3) dem Herzstofs (Choc). Die Motive des zweiten Tons seien: 1) die Auseinanderdehnung der Kammern durch das aus den Vorhöfen hineinstürzende Blut, 2) die plötzliche Spannung der Semilunarklappen, 3) der Rückstofs des arteriösen Blutes auf diese Klappen (Choc de retour). Die Spannung der Klappen sei das hauptsächlichste, vielleicht einzige Moment der Tonerzeugung. Alle diese Momente haben wir früher bereits hinlänglich erörtert. Die Ansicht von Barth und Roger ist deshalb von Wichtigkeit, weil sie die der meisten Physiologen Frankreichs repräsentirt.

Seit 1842 tritt in den literärischen Erscheinungen des Auslandes, welche auf unsern Gegenstand Bezug haben, Stillstand ein. Dagegen gibt sich in Deutschland ein erhöhtes Interesse dafür kund, besonders angeregt durch die Forschungen der Brittischen Gesellschaften, Charles Williams und Scoda's Werk. Die erste Theorie, welcher wir hier begegnen, ist von

Baumgärtner**).

Sie verdient jedoch diesen Platz nur wegen ihrer Unvollkommenheit und der Menge der Irrthümer, aus denen sie zusammengesetzt ist. Baumgärtner hat in seinem Werke in Bezug auf die Physiologie der Herztöne dargethan, dafs er, unbekümmert um die wichtigen Forschungen von Charles Williams und Anderen, noch den alten, längst widerlegten Fehlern, in welche Corrigan und Pigeaux verfallen waren, treu anhänge. Baumgärtner schreibt den ersten Ton

*) Traité pratique d'auscultation etc. Paris 1841.

**) Grundzüge der Physiologie u. s. w. 2. Aufl. 1842. S. 369.

der Diastole der Kammern, den zweiten Ton der Diastole der Vorkammern zu. Die Ursache der Töne sucht er in der plötzlichen Erweiterung dieser Höhlen. Der erste Ton entstehe durch Schwingungen der Kammerwände in dem Augenblicke, in welchem die Kammern ausgedehnt werden und die Herzspitze an die Brustwand schlage. Der zweite Ton entstehe theils durch die Schwingungen der Vorkammerwände während ihrer Erweiterung, theils durch den Anschlag des Blutes an die Atrioventricularklappen, welche bei der Kammerzusammenziehung fortgestofsen werden. — Die falsche Ordnung der Herzactionen hat Baumgärtner mit Corrigan, Pigeaux, Burdach gemein, weshalb das bei den genannten Physiologen Gesagte auch hier gilt. Was die Erklärung der Töne betrifft, so verweisen wir auf das bei der Beurtheilung der Burdach'schen Erklärung Gesagte. Die Wände der Kammern und Vorkammern erschlaffen in der Diastole, sie werden nicht plötzlich gespannt. Die Diastole der Kammern geht geräuschlos und allmählich vor sich. Sie ist kein Act der Nerventhätigkeit, sondern der Ruhe. Die erschlafften Kammerwände werden durch das aus den Vorhöfen eindringende Blut allmählich auseinander gedrängt, und so die Kammerräume erweitert, wie man dies besonders bei langsamen Rhythmus an blofsgelegten Herzen genau beobachten kann. Da nun diese Ausdehnung und Erweiterung allmählich, nicht plötzlich vor sich geht, so können die Kammerwände dadurch weder in Schwingungen gerathen, noch tönen. Fehlt nun diese Ursache der Tonerzeugung, so fällt das ganze System Baumgärtner's in nichts zusammen.

Nach diesem sehr unerquicklichen Befunde ist die Dissertation A. Baumgarten's über den Mechanismus des Klappenschlusses eine wahrhaft tröstliche Erscheinung.

August Baumgarten*)

setzte in seiner Schrift eine neue Ansicht über den Mecha-

*) Commentatio de mechanismo, quo valvulae venosae cordis clauduntur. Marburgi 1843.

nismus, nach welchem die Vorhofsklappen geschlossen werden, auseinander, welche sich einigermafsen an die Arbeit Kürschner's anschliefst. Die venösen Klappen des Herzens werden durch die Zusammenziehung der Vorkammern schon vor der Systole der Kammern, nicht, wie nach Rouanet angenommen werde, durch diese letztere geschlossen. Während der Diastole fliefse das Blut beständig in die Kammerräume, und gegen Ende der Diastole, wenn die Vorkammern sich zu contrahiren anfangen, seien sie bereits von Blut erfüllt. Die venösen Klappen müssen wegen ihres geringen specifischen*) Gewichtes schon vor der Zusammenziehung der Vorkammern auf der Oberfläche des Kammerblutes schwimmen. In Herzen, deren Vorkammern entfernt und die mit einer Flüssigkeit vom specifischen Gewichte des Blutes gefüllt sind, könne man dies Verhalten der Klappen beobachten, und zwar biete die Form der schwimmenden Klappe das Ansehen eines Trichters dar, der dadurch entstehe, dafs die ringförmige Basis der Klappe breit sei, die Segel aber, welche tiefer liegen, sich fast berühren, wobei ihre Säume etwas von einander abstehen. So verhalten sich die Klappen vor Beginn der Vorkammerzusammenziehung. Durch diese werde noch etwas Blut in die bereits vollen Kammern hineingepreſst, die Resistenz der Wände einigermafsen überwunden und der Kammerinhalt comprimirt. Da diese Compression, wie bei jeder andern Flüssigkeit, nach allen Seiten hin sich fortpflanze, so müsse sie sich auch auf das zwischen Klappensegel und Kammerwand befindliche Blutquantum fortpflanzen und die von allen Seiten gleichmäfsig gedrückte Klappe behalte ihre frühere Lage bei. In demselben Augenblicke aber, in welchem die Vorkammerzusammenziehung aufhöre, mache das zusammengepreſste und deshalb einen gröfsern Raum einzunehmen strebende Blut von allen Seiten

*) Besser gesagt, wegen ihres geringen absoluten Gewichtes und wegen der Tenacität und Elasticität der an ihnen haftenden Sehnenfäden.

her eine Bewegung nach dem Orte hin, wo die Compression nachgelassen, d. i. nach dem Ostium venosum hin. Bei dieser Bewegung stofse die unterhalb der Klappe und zwischen deren Segel und der Kammerwand gelegene Blutmasse auf das schwimmende Klappensegel und treibe es nach innen und aufwärts gegen das Ostium, wodurch eine demselben parallele Lage der Klappensegel entstehe. Indem nun die Segel der Klappe aufwärts getrieben, dabei ihre Säume entfaltet werden und, weil die Fläche der Segel gröfser sei, als die des Ostium, über einander zu liegen kommen, so werden die Klappen vollständig geschlossen. Diesen Klappenschlufs hat Baumgarten durch ein Experiment nachgeahmt*). „Man schneide die Vorhöfe eines Herzens ab und unterbinde die Stämme der Arterien. (Im lebenden Zustande wird diese Bedingung durch den Druck der arteriellen Blutsäule und durch das Aufhängen der Arterien an die Brusteingeweide erfüllt.) Füllt man hierauf die Ventrikel mit einer Flüssigkeit, welche gleiches Gewicht mit dem Blute hat, so sieht man, dafs die Klappen trichterförmig werden und in der Flüssigkeit schwimmen. Beim langsamen Zugiefsen von Flüssigkeit bleibt die Klappe in der angegebenen Stellung, wobei die Flüssigkeit vom Ostium abläuft. So wie man aber in den Ventrikel einen Wasserstrahl von 1′ Höhe leitet, so berührt dieser kaum den Wasserspiegel oder die Klappe, als die Klappe plötzlich so fest schliefst, dafs man das Herz bei der Spitze fassen und umwenden kann, ohne dafs ein Tropfen aus dem Ventrikel zum Ostium hinausfliefst." In diesem Experimente wird die Druckgewalt der aus der Höhe eines Fufses herabstürzenden Flüssigkeit der Druckkraft der sich zusammenziehenden Atrien gleich gesetzt. — Wenn die Klappe bei Beginn der Systole der Kammern nicht schon geschlossen wäre und die Räume des Vorhofs und der Kam-

*) Ueber den Mechanismus, nach welchem die venösen Klappen geschlossen werden. J. Müller's Archiv für Anatomie und Physiologie. Berlin 1843. S. 407.

mer durch einen offenen Spalt in der Klappe unter einander in Communication ständen, so würde das von der drückenden Kammerwandung gegen das nicht drückende Ostium hingedrängte Blut nicht allein durch das arterielle Ostium in die Arterien, sondern auch durch jenen Spalt in den Vorhofsraum dringen. Es würde demnach eine Regurgitation stattfinden, was dem Plane in der Anbringung der Klappe widerspräche und nur bei insufficienten Klappen stattfände. Damit die Vorhofsklappen verhindern, dafs das Blut in's Atrium zurückfliefse, müssen sie schon vor der Kammerzusammenziehung geschlossen sein. Obgleich ich diese Ansicht theile, so scheinen mir doch die Zeitmomente, in denen diese Bewegungen zu Stande kommen, für eine weitere Trennung zu kurz zu sein. Die ganze Dauer eines Bewegungscyklus des Herzens beträgt nämlich höchstens eine Secunde, die Diastole $\frac{1}{2}$ Secunde u. s. w. Die Klappen werden nach Beendigung der Vorkammercontraction, vor Beginn der Kammercontraction, geschlossen. Im Momente der höchsten Ausdehnung der Kammer durch die Zusammenziehung der Atrien ist jedoch auch schon die Contraction der Kammern erwacht. Wie schwer ist es, diese Momente sich getrennt zu denken! An blofsgelegten Herzen geht die wurmförmige Zusammenziehung der Vorkammern für unsere Augen blitzschnell, ohne Unterbrechung, in die der Kammern über.

Die Untersuchungen Baumgarten's haben bei sehr wenigen Physiologen Beachtung gefunden. Unter diesen wenigen war

J. Purkinje*)

der Erste, welcher ein dem von Baumgarten gefundenen Gesetze des Klappenschlusses entsprechendes System der Herztöne aufstellte. „Wenn man das Ohr an die Brust eines Gesunden anlegt und dabei den Puls fühlt, so unter-

*) Vortrag über die Saugkraft des Herzens. Uebersicht der Arbeiten der schlesischen Gesellschaft für vaterländische Kultur. Breslau 1844. S. 163.

scheidet man vier Momente: a) hört man einen dumpfen Schlag; b) darauf folgt unmittelbar die Hebung der Pulsader; c) auf diese wird ebenso schnell ein hellerer Schlag des Herzens vernommen, und auf diesen folgen d) etwa im Verhältnifs zu den vorigen zwei Theile Ruhe. Diesen Momenten entsprechen: a) die plötzliche Spannung der Kammerklappen, welche in dem Augenblicke ihr Maximum erreicht, wo die Contraction der Vorkammern zu Ende gekommen ist und die der Kammern begonnen hat; b) die Contraction der Kammern wird am Puls der Arterien wahrgenommen und fällt mit diesem in Einen Moment zusammen; c) die elastische Reaction der Arterien hat die plötzliche Spannung und Schliefsung der halbmondförmigen Klappen zur Folge, welche als das zweite, hellere Herzgeräusch vernommen wird; d) darauf folgt ein etwas längerer geräuschloser Zeitraum, welcher der Erschlaffung und Anfüllung der Kammern und der Contraction der Vorkammern entspricht."

Dafs der erste Ton nur der Spannung der Klappen am Ende der Systole atriorum und beim Beginn der Systole ventriculorum entspreche, ist nicht völlig richtig, da sich aus den Versuchen Charles Williams *) und des Dubliner Comité **) ergeben hat, dafs der erste Ton die Kammersystole begleite, mit ihr von gleicher Dauer sei, mit ihr beginne und ende. Ebenso kann Purkinje's Behauptung, dafs der Pulsschlag der Arterien der Kammercontraction entspreche, nur für die gröfsern, dem Herzen nahen Arterien, wie die Carotis, gelten, aber in Bezug auf die kleinern, entfernteren nicht volle Wahrheit haben, da es feststeht, dafs der Puls derselben, z. B. der Art. brachialis, ein wenig später als der Ictus cordis gefühlt wird. Somit ist es Purkinje nicht gelungen, die Ursachen der Töne, besonders des ersten Tons, in Einklang zu bringen mit den Resultaten der Untersuchungen Baumgarten's.

---

*) Exper. I.

**) Froriep's Notizen. 1006. Schlufs 3.

In der um diese Zeit erschienenen Arbeit von G. Kürschner*) und dem Lehrbuch der Physiologie von J. Müller**) ist der Versuche Baumgarten's nicht Erwähnung gethan. Beide Physiologen bekennen sich zu den Ansichten Charles Williams.

In dem vortrefflichen Lehrbuch der Physiologie von G. Valentin***)

sind jene Untersuchungen zwar erwähnt, ohne dafs jedoch näher darauf eingegangen wird. Valentin repräsentirt vollständig die Ansichten Rouanet's, führt sie uns als in physiologischen Gesetzen begründet vor Augen, stellt die Beziehung der Töne zu den physiologischen Vorgängen im Herzen auf's klarste dar und erläutert sie durch einfache, leicht fafsliche Experimente.

Die Scoda'sche Ansicht finden wir um diese Zeit in den 1845 erschienenen Werken von J. Clarus†) und F. Zehetmayer††) vertreten. W. Grabau†††) weicht nur darin von Scoda ab, dafs er den ersten Ventrikelton als nicht allein durch die Klappenschwingungen, sondern auch durch das Muskelgeräusch, die Blutreibung und den Anschlag des Herzens an die Brustwand erzeugt annimmt. In der Erklärung der übrigen Töne stimmt er mit Scoda völlig überein.

Dasselbe Princip, welchem Scoda und die eben genannten Forscher zugethan sind, sucht J. Roger durch Aufstellung neuer Hypothesen zu begründen.

Julius Roger††††)

läfst den ersten Ventrikelton und zweiten Arterienton wie Rouanet entstehen. Er setzt hinzu, nach dem Schlusse

*) Handwörterbuch der Physiologie v. Rudolph Wagner. Bd. II. S. 99—101. Braunschweig 1844.

**) Lehrbuch der Physiologie. 1844. Bd. I. S. 145.

***) Lehrbuch der Physiologie. 1844. Bd. I. S. 427—430.

†) Die physicalischen Untersuchungen des Herzens. 1845. Leipzig. S. 9 f.

††) Die Herzkrankheiten. Wien 1845. S. 58 f.

†††) Der Schlag und die Töne des Herzens. Jena 1846. S. 129—149.

††††) Archiv für physiologische Heilkunde von Roser und Wunderlich. 1846. Jahrg. V. S. 627—630.

und der Spannung der Vorhofsklappen, welche zur Entstehung des ersten Tons Veranlassung gab, müsse in dem Augenblicke, in welchem die Klappen auseinander treten, ein Ton, also ein diastolischer, entstehen. Ebenso werde der erste Arterienton dadurch erzeugt, dafs die Semilunarklappen, während der Diastole fest geschlossen, bei Beginn der Systole der Kammern plötzlich sich von einander entfernen. Um diese Erklärung der Töne glaubhafter zu machen, erwähnt er folgendes Experiment. Wenn man mit einem mit klebriger Flüssigkeit befeuchteten Finger an einen elastischen Körper, z. B. an den Tragus auriculae, klopfe, so höre man nicht nur im Augenblicke des Anklopfens, sondern auch des Entfernens des Fingers einen Ton. Beide Bedingungen zur Tonerzeugung seien im Herzen zugegen: die Klappen seien elastisch, das Blut sei eine klebrige Flüssigkeit.

Dennoch beweist Roger's Experiment nichts, da die zarten und weichen Klappen mit dem rigiden, harten Ohrknorpel nicht verglichen werden können. Ferner läfst uns seine Erklärung in dem Falle im Stich, wenn wir bei Insufficienz der Mitralklappe, wo weder von einem Aneinanderschlagen, noch von einem Auseinandertreten der Klappenzipfel die Rede ist, also die Roger'sche Bedingung zur Erzeugung seines zweiten Ventrikeltons fehlt, dennoch einen deutlichen, zuweilen sehr starken, diastolischen Ton in der Gegend des linken Ventrikels vernehmen *).

Wir kehren nun zur Besprechung der Ansichten zurück, welche von den Untersuchungen Baumgarten's hervorgerufen worden sind. Wir haben früher bemerkt, dafs die Ansicht Baumgarten's nur sehr wenige Anhänger gefunden hat. Zu diesen wenigen gehören aufser dem schon früher genannten J. Purkinje noch J. Hamernjk und J. Nega, deren Arbeiten in den allerletzten Jahren der Neuzeit erschienen sind.

(Schlufs folgt im nächsten Hefte.)

*) Scoda. 1850. S. 187: „Bei Insufficienz der zweizipfligen Klappe kommt ein verstärkter zweiter Ton an der Herzspitze häufiger vor."

I.

Geschichte der Physiologie der Herztöne

vor und nach Laënnec.

Von

Dr. **G. Joseph**, prakt. Arzte u. s. w. in Breslau.

(Schlufs von Bd. II. Heft III. S. 374.)

Joseph Hamernjk*)

ist in Bezug auf den Mechanismus, nach welchem die Valvulae venosae geschlossen werden, derselben Meinung wie Baumgarten. Nach Hamernjk ist für das Zustandekommen des Klappenschlusses die Blutmenge, welche jenen Trichter der Klappe (vgl. Baumgarten) umgibt und sich in dem obern Raume zwischen Klappe und Kammerwand befindet, von der gröfsten Wichtigkeit, weil sie das Klappensegel von der Kammerwand allmählich entfernt, gleichsam wie einen Riegel vor das Ostium schiebt und auf diese Weise verhindert, dafs das Blut durch das Ostium ins Atrium zurückfliefst. Hamernjk bleibt jedoch dabei nicht stehen, sondern behauptet, dafs derselbe Mechanismus, nach welchem die Vorhofsklappen geschlossen werden, auch beim Schlusse der Seminularklappen stattfinde. Auch hier ist ihm die in den Sinus valsalvae enthaltene, also die Seminularklappen umgebende Blutmenge von der wichtigsten Bedeutung für das Zustandekommen eines vollkommenen Klappenschlusses. Je mehr Blut durch die Zusammenziehung der Kammern in die Arterien gepreſst wird, desto ausgedehnter wird der Um-

*) Prager Vierteljahresschrift. 4. Jahrgang 1848. Bd. IV. S. 146—172. u. 5. Jahrg. 1849. Bd. IV. S. 105–112.

fang der Gefäfse, desto mehr Blut sammelt sich in den Sinus valsalvae, desto näher an einander rücken die Seminularklappen. Wenn nun ein Arterienstamm durch das in denselben hineingedrungene Blut so sehr ausgedehnt ist, dafs er nicht weiter ausgedehnt werden kann, oder — mit andern Worten — wenn der hydrostatische Druck der arteriösen Blutsäule auf die Klappen nunmehr gröfser geworden ist, als die Druckgewalt des hineingepreſsten Kammerbluts, so werden die Valvulae seminulares völlig nach abwärts gedrückt, demnach geschlossen. Die zwischen den Klappen und der Arterienwand gelegene Blutmasse verhindert, indem sie von der Peripherie des Gefäfscylinders aus die Klappen nach innen, nach der Centralachse desselben hintreibt, demgemäfs immer näher, endlich zum Schlusse bringt, dafs Blut aus der Arterie in die Kammer zurückfliefst. So sind demnach auch die Valvulae seminulares vor Beginn der Gefäfsretraction bereits geschlossen. Wenn die Retraction der Gefäfse erwachen würde, bevor die Seminularklappen geschlossen sind, so würden dieselben Nachtheile in der Circulation entstehen, deren Baumgarten beim derartigen Schlusse der Vorhofsklappen erwähnt. Das von allen Seiten von der drückenden Gefäfswand gegen nicht drückende Orte, wie z. B. gegen den offenen Spalt im Ostium, hin gedrängte Blut würde durch diesen Spalt in die Kammer zum Theil zurücktreten. Daher wird die Systole sowohl der Vorhöfe als auch der Kammern durch den Schlufs der entsprechenden Klappen, bevor sich die Wände der angefüllten Räume contrahiren, beendet. Hierauf geht Hamernjk zu den Ursachen der Töne über.

Da die venösen Klappen schon vor der Systole der Kammern geschlossen werden, der erste Ton aber, wie erwiesen ist, die Systole der Kammern begleitet, so folgt daraus, dafs Schlufs der venösen Klappen und Erzeugung des ersten Tons nicht in derselben Zeit geschehen können, sondern dafs jener vorausgehen müsse. Der erste Ton entsteht dadurch, dafs das durch die Kammerzusammenziehung noch mehr zusam-

mengepreſste Blut die schon geschlossenen und gespannten Klappen plötzlich noch mehr spannt und zur Vibration bringt. Ebenso entsteht auch der zweite Ton nicht zur Zeit des Schlusses der Seminularklappen, sondern ein wenig später, indem die geschlossenen Seminularklappen durch den Impuls des durch die Retraction der Arterie zusammengepreſsten Blutes plötzlich noch mehr gespannt und in Schwingungen versetzt werden. Wenn zur Zeit der erwachenden Retraction der Arterien die Klappen nicht schon geschlossen wären, so würde durch die aus den früher angegebenen Gründen entstehende regurgitirende Strömung des Blutes das Zustandekommen eines Tons verhindert werden. Sehr viel Gewicht legt Hamernjk auf seinen Ausspruch, daſs da, wo ein Ton entstehen soll, jede Strömung fern sein müsse; deshalb sei in dem Moment, wo die Vorhofsklappen schwingen, nur das Blut im Conus arteriosus, nicht im Conus venosus der Kammer im Strömen begriffen. Auſser diesen Tönen, welche durch die Schwingungen der Klappen entstehen, nimmt Hamernjk mit Scoda auch einen selbständigen ersten Ton in den beiden Arterienstämmen an, welcher mit dem ersten Kammerton gleichzeitig *) sein und von der plötzlichen, durch das eindringende Blut bewirkten Spannung der Arterienwand erzeugt werden soll.

---

*) Dies ist ohne Zweifel die Ansicht Hamernjk's von der Erzeugung des ersten Arterientons, obgleich seine Worte über diesen Punkt — wie überhaupt sein Ausdruck zuweilen sehr unklar und unverständlich ist — gänzlich unsinnig sind. So sagt er S. 106. und 107: „Dieser am dritten Intercostalraum an den Arterienstämmen hörbare erste Ton ist gleichzeitig mit der Systole der Kammern, gleichzeitig mit dem Schlusse der arteriellen, gleichzeitig mit dem Tönen der venösen Klappen." Ohne Zweifel hat sich Hamernjk hier schlecht ausgedrückt. Wäre der Sinn dieser Worte seine wahre Meinung, so wäre sie vollkommen unsinnig. Da nämlich nur durch die Contraction der Kammern das Blut in die Arterien getrieben wird, so dringt nur während der Systole der Kammern Blut in die Arterien ein. Woher sollten nun aber die Arterien ihr Blut empfangen, wenn gleichzeitig mit der Systole der Kammern auch die Valvulae seminul. geschlossen würden, also das Eintreten des Blutes verhinderten?

Dafs ein solcher selbständiger erster Arterienton nicht existirt, habe ich früher, wo ich über das System Scoda's gesprochen habe, bewiesen. Ich habe hier nichts hinzuzufügen und spreche nur über die von Hamernjk angegebene Erzeugung des ersten und zweiten Herztons. Nach Hamernjk entstehen beide Töne nicht durch den Klappenschlufs. Auch finde zur Zeit ihrer Schwingung kein Strömen des Blutes gegen die Klappe hin statt. Hamernjk hat sich hier wahrscheinlich unklar ausgedrückt. Damit eine gespannte Membran in Schwingungen gerathe, mufs sie von einem Impulse getroffen werden, wodurch sie momentan noch mehr gespannt wird, mag dieser Impuls durch plötzliche Dehnung von ihren Endpunkten aus oder durch Anstofsen eines andern Körpers hervorgebracht werden. Von welchem Impulse nun die ausgespannten Klappen getroffen werden, damit sie schwingen, sagt uns Hamernjk nicht, sondern er behauptet nur, dafs dieser Impuls nicht vom Blute ausgehe. Dennoch ist es klar, dafs das Blut wenigstens im Beginn der Kammerzusammenziehung aufwärts an die Ostia venosa gedrängt werde. Das zusammengepreſste Blut sucht überall einen Ausweg, wird also auch gegen das Ostium venosum getrieben. Dafs sich dies wirklich so verhalte, folgt schon aus dem Umstande, dafs bei Insufficienz der Valvula bicuspidalis von dem durch das nicht völlig verschlossene Ostium venosum in den Vorhof zurückfliefsenden Blute ein Geräusch hervorgebracht wird. Das Blut könnte jedoch dahin nicht zurückfliefsen, wenn nicht auch im Conus venosus, und zwar gegen das Ostium venosum hin, eine Blutströmung stattfände. Ueber das weitere Verhalten der venösen Klappen während der Systole, ob Hamernjk sie im Ostium ausgespannt bleiben, oder im Vorrücken der Systole von den Papillarmuskeln nach der Herzspitze hin gezogen und gespannt sich denkt, läfst er nichts verlauten. Seine Theorie ist bis auf das Gerügte vollkommen begründet, seine Meinung über die Analogie im Verhalten der venö-

sen und arteriösen Klappen stützt sich auf unbestreitbare Gründe.

In denselben Jahren, in welchen Hamernjk seine Ansichten über die Ursachen der Herztöne veröffentlichte, legten auch A. Fr. Günther, G. Rapp, C. Canstatt und M. A. Wintrich — wie letzterer sich ausdrückt — ihr Glaubensbekenntnifs über denselben Gegenstand ab.

August Friedrich Günther*) und Georg Rapp**) repräsentiren die Ansichten Charles Williams. Carl Canstatt***) und M. A. Wintrich†) bekennen sich zur Ansicht Rouanet's und stimmen auch darin mit einander überein, dafs sie die Zeit der Vorhofszusammenziehung nicht der Zeit der Kammerdiastole, sondern der Zeit einer neu angenommenen Herzsystole angehören lassen.

C. Canstatt

spricht im Anfange einer Arbeit über die organischen Krankheiten der Valvula bicuspidalis seine Ansicht über die Herztöne aus. „Jede Herzaction, aus Zusammenziehung und Erschlaffung bestehend, beginnt", sagt er „mit der Zusammenziehung der Vorhöfe (Systole atriorum); es folgt als Fortsetzung dieser Bewegung die Zusammenziehung der Kammern (Systole ventriculorum), durch den Herzstofs fühlbar, durch den ersten Ton hörbar angedeutet, in welcher das Blut durch das offen stehende Ostium arteriosum in die Arterie gelangt. Beide Momente bilden das erste Tempo, welches durch Beginn des zweiten Tempo, nämlich den Schlufs der Seminularklappen und den zweiten Ton, beendet wird. In diesem zweiten Tempo, welches durch die Zeit des Schlusses der

*) Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Leipzig 1848. Bd. II. S. 174 f.

**) Beiträge zur Diagnostik der Klappenaff. des Herzens, der med. Facultät zu Würzburg bei Habilitation als Privatdocent vorgelegt. 1849. S. 9.

***) Klinische Rückblicke und Abhandlungen. Erlangen 1848. S. 161.

†) Fragmente zur physik Diagnostik. Archiv für physiolog. Heilkunde von W. Griesinger. 8. Jahrg. Nr. XX. Stuttgart 1849.

Seminularklappen und die darauf folgende Pause ausgefüllt wird, strömt das Blut ohne Gewalt aus den Vorhöfen in die Kammern und füllt letztere allmählich an. Dieses allmähliche Einströmen erhält einen letzten Nachdruck durch den Beginn des ersten Tempo, indem durch die Zusammenziehung der Atrien ein letzter Rest des Blutes aus den Vorhöfen in die Kammern gepreſst wird."

Nach Canstatt ist die Contraction der Vorkammern nicht ein Theil der Diastole, sondern einer Systole. Seine Systole ist also nicht nur eine Systole der Kammern, wie bei allen übrigen Schriftstellern, sondern des ganzen Herzens, welche bei den Vorhöfen beginnt und sich wurmförmig auf die Kammern fortsetzt. Er verlängert also die Zeit der Systole um den letzten Theil der Zeit der Diastole. Welcher Nutzen der Wissenschaft aus dieser neuen Begriffsbestimmung von Systole und Diastole erwächst, ist nicht ersichtlich, wohl aber könnte dieselbe bei einer so schwierigen Sache leicht zu Verwirrungen Veranlassung geben. — Canstatt behauptet, daſs das Blut aus der Kammer in die Arterie durch das zur Zeit offen stehende Ostium arteriosum gelangt. Dies ist ein Irrthum. Es ist nämlich durch zahlreiche Beobachtungen constatirt, daſs die Arterienstämme schon bei Beginn der Ventrikelzusammenziehung Blut enthalten. Dies Blut lastet auf den Seminularklappen und bewirkt, daſs dieselben geschlossen bleiben. Da aber die Druckgewalt des aus dem sich zusammenziehenden Ventrikel herausgepreſsten Blutes gröſser ist, als die Schwere des in der Arterie befindlichen Blutes, so überwindet sie dieses Hinderniſs, treibt die Klappen allmählich auseinander, öffnet sich das Ostium. — Endlich ist durchaus noch nicht entschieden, ob aus den Vorhöfen durch ihre Zusammenziehung alles darin enthaltene Blut herausgepreſst wird. Canstatt nimmt dies willkürlich an.

Die Ansichten der meisten deutschen Physiologen der Jetztzeit scheint Kiwisch zu vertreten.

Kiwisch von Rotterau*)

repräsentirt die Theorie Rouanet's, deren Grundsätze er durch eigene sehr wichtige Untersuchungen auf bestimmte physikalische Gesetze zurückführt, indem er die Bedingungen sowohl zur Erzeugung eines Tons als auch eines Geräusches in den Kreislaufsorganen bestimmt. Membranen können nach ihm auf doppelte Weise Töne erzeugen. Sie schwingen nämlich entweder, wenn sie aus dem Zustande der Erschlaffung in den der Spannung versetzt werden, oder wenn sie im Zustande der Spannung von dem Impulse einer äufsern Gewalt getroffen werden. Kiwisch behauptet, dafs die Herztöne auf jene erstere Weise allein entstehen, während auf diese letztere Weise keine Schwingung der Klappen zu Stande kommen könne, weil sie niemals genug gespannt würden. Doch ist wohl klar, dafs gerade auf letztere Weise die Klappen leicht in Schwingungen gerathen können, weil in Bezug auf die Vorhofsklappen die Spannkraft der dichten und dicken Papillarmuskeln, in Bezug auf die Seminularklappen die Spannkraft der sich contrahirenden elastischen Gefäfswände, wodurch das Blut an die bereits geschlossenen Klappen angepreſst wird, sehr bedeutend ist. Ich werde über diesen Punkt beim Schlusse meiner Abhandlung ausführlicher sprechen.

Noch ist die für uns sehr wichtige Ansicht zu erwähnen, welche mein verehrter Lehrer und Freund

J. Nega**)

über die Ursachen der Herztöne aufgestellt hat und welche in Bezug auf den ersten Ton nur darin mit der Hamernjk's übereinstimmt, dafs sie denselben erst nach beendetem Schlusse

---

*) Neue Forschungen über die Schallerzeugung in den Kreislaufsorganen. Verhandl. der physikal.-med. Gesellschaft in Würzburg. 1850. Bd. I. S. 6—144.

**) Beiträge zur Kenntnifs der Function der venösen Klappen und Erzeugung der Herztöne, im Bericht über die Arbeiten der schles. Gesellsch. für vaterländische Cultur im Jahr 1850. Breslau 1851. S. 164—170.

der Atrioventricularklappen entstehen läfst, im Uebrigen aber auf ein von Kürschner zuerst beschriebenes Verhalten der Vorhofsklappen sich stützt und von den Meinungen aller andern Forscher abweicht. Da die Vorhofsklappen schon vor Beginn der Systole der Ventrikel geschlossen sind und in der Systole von den Papillarmuskeln abwärts gezogen werden, so behauptet Nega, dafs der erste Ton nicht dadurch entstehe, dafs durch den Blutdruck die im Ostium ausgebreiteten Klappen gespannt und in Schwingungen versetzt werden, sondern dadurch, dafs diese Klappen von den Papillarmuskeln abwärts gezogen und gespannt werden. Der Impuls des Blutes gegen die Vorhofsklappen trage zur Spannung der Klappen und Erzeugung des ersten Herztons nichts bei, da an Herzen von Thieren, welche an Verblutung starben, beobachtet worden, dafs der zweite Ton viel früher als der erste verschwinde, auch der erste Ton oft noch vorhanden sei, wenn — wie an ausgeschnittenen noch pulsirenden Herzen ersichtlich — kein Blut mehr die Räume des Herzens passire.

Diese Ansicht stützt sich 1) auf die Untersuchungen J. Heine's*), G. Kürschner's**) und des Londoner Comité's***), aus denen erhellt, dafs die Vorhofsklappen während der Systole der Kammern von den Papillarmuskeln nach der Herzspitze hin gezogen werden; 2) auf die Beobachtung des Charles Williams †), des Comité zu Dublin ††) und zu London †††), dafs der erste Ton auch noch an ausgeschnittenen Herzen wahrnehmbar sei. Hieraus zieht nun Nega den Schlufs, dafs für die Schwingungen der Atrioventricularklappen die Abwärtsspannung derselben

*) Henle's und Pfeufer's Zeitschrift. Bd. I. 1844. S. 118.
**) Froriep's Neue Notizen. 1840. Nr. 316.
***) Folgerung 6.
†) Versuch I. Beobachtung 6.
††) Versuch VIII.
†††) Experiment II.

durch die Contraction der Papillarmuskeln*) das noch einzig übrig bleibende Motiv sei. Er stellte im vorigen Jahre zur Fortsetzung seiner frühern Forschungen, und um seine Ansichten über die Entstehung des ersten Herztons durch neue Beweisgründe zu befestigen, an Kälbern Vivisectionen an, bei welchen unter andern Aerzten auch ich gegenwärtig war. Da er die Resultate dieser Versuche in seiner Habilitationsschrift binnen Kurzem veröffentlichen wird, so will ich nicht vorgreifen. Nur so viel sei in Bezug auf seine Ansicht und über seine neuesten Versuche zu sagen mir erlaubt, dafs sich kaum ein directer Beweis für die Richtigkeit seiner Theorie, zu welcher er auf dem Wege der exclusiven Schlufsfolgerung gelangt ist, wird führen lassen. Es ist durch erneute Versuche zu constatiren, dafs an ausgeschnittenen noch pulsirenden Herzen wirklich noch ein systolischer Ton, kein Reibegeräusch — wie Hope sagt — zu hören ist. Bestätigt sich die Beobachtung der angeführten Forscher, dann ist die Ansicht allein richtig, dafs der systolische Ton durch die von der Contraction der Papillarmuskeln bewirkte Abwärtsspannung der Klappen entsteht, da dann kein anderes Moment zur Tonerzeugung existiren würde**).

---

*) Schon Laënnec erkannte, dafs die Papillarmuskeln mit den Vorhofsklappen so verbunden sind, dafs sie, wenn sie sich contrahiren, die Klappen nach der Herzspitze hinziehen und das Ostium öffnen müfsten. Da ihm hierdurch die Blutcirculation beeinträchtigt zu werden schien, so stellt er die willkürliche Behauptung auf, dafs sie sich nicht gleichzeitig mit den Herzwänden, sondern in der Diastole contrahiren

**) Bereits nach Vollendung meiner Abhandlung erschien am 12. Aug. die Habilitationsschrift Dr. Nega's, meines geistreichen Lehrers und Freundes: Beiträge zur Kenntnifs der Function der Atrioventricularklappen des Herzens, der Entstehung der Töne und Geräusche in demselben und deren Deutung. Breslau 1852, welche für die Physiologie des gesunden und kranken Herzens von Wichtigkeit ist und eine gröfsere Verbreitung verdient, als sie gewöhnlich Habilitationsschriften zu Theil wird. Er theilt darin ausführliche Berichte über die von ihm angestellten Vivisectionen mit, durch die er in seinen Ansichten befestigt worden. In Bezug auf die Ursachen der Herztöne ist er seiner frühern, von uns mitgetheilten Ansicht treu geblieben.

Wir haben früher erwähnt, dafs Kiwisch die Ansicht der meisten deutschen Physiologen der Jetztzeit repräsentirt. Es sind noch die Ansichten der französischen und englischen Physiologen der Gegenwart hier anzuführen. Erstere sind durch Barth und Roger, Moneret und C. Forget, letztere durch Charles J. B. Williams vertreten.

Barth und Roger*)

haben in der neuen Ausgabe ihres Werkes über Auscultation ihre frühere Ansicht (vergl. diese) über die Ursachen der Herztöne nicht geändert. Zu derselben Ansicht bekennt sich auch C. Forget**).

Moneret***)

hält bei der Ansicht Rouanet's ohne jeden Zusatz fest.

---

1) „Die Herztöne werden erzeugt durch Spannung der Atrioventricular- und Seminularklappen, sind also nur Klappentöne, nichts Anderes." 2) „Im Herzen werden im normalen Zustande primär nur zwei Töne hervorgebracht, ein Kammerton als erster, ein Gefäfston als zweiter, die anderen sind nur Fortleitungen dieser beiden" (Seite 24.). 3) „Der erste Herzton ist Kammerton und wird erzeugt während der Systole durch die verstärkten Schwingungen der nach abwärts gespannten Klappensegel und Chordae tendineae, dauert während der ganzen Systole an, erreicht seine gröfste Intensität am Ende der Systole gleichzeitig mit Verlängerung des dicken Durchmessers und mit der gröfsten Wölbung der vordern Fläche des Herzens, also mit der Höhe des Herzstofses." 4) „Der zweite Herzton ist Gefäfston und wird erzeugt im ersten Viertheil der Kammerdiastole durch die gröfsere Spannung der Valvulae seminulares nach abwärts." 5) „Bei Eröffnung der Vorkammern, bei Verblutung überhaupt schwindet alsbald der zweite oder Gefäfston, der erste bleibt, so lange noch energische Herzcontractionen stattfinden" (Seite 25.). Die Behauptungen, dafs der erste Ton am Ende der Systole seine gröfste Intensität erreiche, wie sich Grabau ausdrückt: „Der erste Ton wird crescendo gehört", ferner dafs der zweite Ton zwar noch ins erste Viertheil der Diastole falle, jedoch nicht den ersten Moment derselben bilde, werden wohl wenige Forscher theilen, weil sie einer unvergleichlich genauen Beobachtung entnommen zu sein scheinen, wie sie sogar dem Charles Williams und den Mitgliedern der angeführten Comitéen abgeht. Wir erwarten von den erneuten Forschungen der Zukunft ihre Bestätigung.

*) Traité pratique d'auscultation. Paris 1850. p. 366.

**) Précis théorétique et pratique des maladies du coeur, des vaisseaux et du sang. Strasbourg 1851. p. 15. Corollaires XVI. et XVII. p. 452. et 453.

***) Revue méd. et chir. Mars 1850.

Die Herztöne entstehen allein durch die Schwingungen der Klappen. Er bestreitet, dafs die Stärke des ersten Tons durch den Herzstofs vermehrt werde, da die Herzspitze, niemals von der Thoraxwand entfernt, während der Systole an den Thorax nicht anschlage, sondern eine kleine Stelle desselben vortreibe, wodurch ein Ton nicht hervorgerufen werden könne.

Dennoch kann durch den Herzstofs ein dumpfer Schall erzeugt werden, da 1) zwischen Herz und Herzbeutel eine dunstförmige Flüssigkeit sich befindet, also ein Raum, sei er auch ungemein klein, existirt, 2) die Muskelsubstanz des Herzens während der Zusammenziehung in sich selbst härter wird, 3) die Herzspitze während der Diastole einen andern Ort im Thorax einnimmt und von diesem aus plötzlich in der Systole an die oben erwähnte Anschlagstelle getrieben wird — somit die Bedingungen zur Schallerzeugung zwischen Herzspitze und Brustwand gegeben sind.

Charles J. B. Williams

hat in seiner neulich erschienenen Schrift*) sich ebenfalls zur Theorie Rouanet's hingeneigt und seine Ansicht über die Ursachen des ersten Herztons dahin abgeändert, dafs er denselben sowohl von den Schwingungen der Vorhofsklappen als auch der Herzwände ableitet.

So hat also von allen Theorien, welche wir kennen gelernt haben, die Ansicht Rouanet's in einem Zeitraum von zwanzig Jahren die meiste, ja fast alleinige Anerkennung und Geltung erlangt und behalten. Alle übrigen Theorien, welche das Problem der Herztöne auf andere Weise zu lösen versuchten, die Töne aus den Schwingungen anderer Theile als den Klappen ableiteten, sind der Vergessenheit übergeben. Nur die Theorie des Muskeltons zählt noch einige Anhänger, wenngleich ihr eifrigster Verfechter, Charles Williams,

*) Ueber Prognose und Behandlung der organischen Krankheiten des Herzens, übersetzt von Dr. Reumont. Bonn 1851. S. 9.

ihr nur noch in modificirter Gestalt huldigt. Auch die Systeme von acht Herztönen, obgleich auf Rouanet's Theorie basirt und obgleich Scoda ihr Begründer, haben nur noch einen sehr beschränkten Kreis von Anhängern. Die Versuche jedoch, welche die Theorie Rouanet's nach dem ermittelten physiologischen Verhalten der Klappen während jedes Bewegungscyklus des Herzens modificirten, sind für uns noch heute von Wichtigkeit; denn es scheint, dafs die Theorie Rouanet's nur einiger Modificationen und Ergänzungen bedarf, um das Problem der Herztöne genügend gelöst zu haben, um zur unumstöfslichen Wahrheit zu werden. Diese Modificationen und Ergänzungen, welche zum Theil zerstreut an den verschiedensten Stellen meiner Abhandlung vorkommen, will ich kurz auseinandersetzen und so meine Ansicht über die Ursachen der Herztöne der Abhandlung als Schlufs hinzufügen.

Zwei Zustände des lebenden Herzens wechseln fortwährend mit einander ab: die Zusammenziehung und die Erschlaffung oder Erweiterung, die Systole und die Diastole. Während der ganzen Dauer der Herzerschlaffung, welche für unser Ohr durch den zweiten, hellen Herzton und die demselben folgende geräuschlose Pause angedeutet wird, strömt das Blut beständig aus den Vorhöfen in die Kammern, dehnt sie allmählich aus und füllt sie an. Die höchste Ausdehnung derselben wird gegen das Ende der Diastole, der grofsen Pause, durch die Zusammenziehung der Vorhöfe bewirkt, welche geräuschlos vor sich geht und wodurch noch mehr Blut in die bereits angefüllten Räume der Kammern gepreſst wird. Auf diese Zusammenziehung der Vorhöfe folgt ohne mefsbares Zeitintervall (Harvey, Haller, Ch. Williams) die Zusammenziehung der Kammern.

Die Zusammenziehung der Kammern wird angedeutet durch den Herzstofs, durch den dumpfen ersten Herzton und durch den Pulsschlag der dem Herzen nahen Arterien. Sie hat zum Zweck, das Kammerblut in die Arterienstämme zu

treiben. Damit dieser Zweck erreicht werde, ist sowohl am Ostium venosum als auch arteriosum der Kammer ein Klappenapparat angebracht, der so eingerichtet ist, dafs dadurch das Blut verhindert wird, in den Herzraum zurückzufliefsen, aus welchem es herausgetrieben worden ist. Das Blut mufs also verhindert sein, 1) in den Vorhof und, wenn es aus der Kammer in die Arterie gepreſst worden, 2) in die Kammer zurückzufliefsen. Diese Verhinderung des Rückflusses wird durch den Schluſs respective der Atrioventricularklappen und der Seminularklappen bewerkstelligt.

Der Schluſs der Atrioventricularklappen kommt mittelst der Zusammenziehung der Vorhöfe zu Stande (Baumgarten). Die Atrioventricularklappen müssen wegen ihres geringen Gewichts, und von den elastischen Sehnenfäden getragen, im Kammerblute schwimmen und wegen ihrer Gestalt das Ansehen eines Trichters haben. Durch die Zusammenziehung der Vorhöfe wird noch etwas Blut in die bereits vollen Kammern hineingepreſst, ihre Wände noch mehr ausgedehnt, deren Resistenz einigermafsen überwunden und der Kammerinhalt etwas comprimirt. Da diese Compression, wie bei jeder andern Flüssigkeit, nach allen Seiten hin sich fortpflanzt, so mufs sie sich auch auf das zwischen Klappensegel und Ventrikelwand befindliche Blut fortpflanzen, und die von allen Seiten gleichmäfsig gedrückte Klappe behält ihre frühere Lage bei. In demselben Augenblicke aber, wo die Zusammenziehung der Atrien aufhört, macht das zusammengepreſste und deshalb einen gröfsern Raum einzunehmen strebende Blut von allen Seiten her eine Bewegung nach dem Orte hin, wo die Compression nachgelassen hat, d. i. nach dem Ostium venosum hin. Bei dieser Bewegung stöfst das Blut auf die schwimmenden Klappensegel, treibt sie gegen das Ostium hin und bringt so eine dem Ostium parallele Lage der Klappe hervor. Indem nun dabei die Säume der Klappensegel entfaltet werden und, weil die Fläche der Segel gröfser als die des Ostium ist, zum Theil über einander

zu liegen kommen, so werden die Klappen vollständig geschlossen.

Im Moment, wo die Contraction der Atrien aufgehört und der Schluſs der Vorhofsklappen stattgefunden hat, ist die Contraction der Ventrikel erwacht. Das Zeittheilchen zwischen Ende der Contraction der Atrien und Beginn der Contraction der Ventrikel ist so klein, daſs an bloſsgelegten Herzen für die Augen des Beobachters die Zusammenziehung der Atrien sich ohne Intervall auf die Kammern fortzusetzen scheint (Harvey, Haller, Ch. Williams u. s. w.).

Das während der Kammerzusammenziehung allseitig zusammengepreſste Blut findet nun das venöse Ostium durch die Atrioventricularklappen geschlossen und kann nur durch Auseinanderdrängung der Seminularklappen und Eröffnung des arteriösen Ostium ausweichen. So gelingt es der Kammer, ihren Inhalt in die Arterien zu entleeren. In dieser Action wird sie durch die Vorhofsklappen unterstützt. Im Beginn der Systole nämlich, wo das Blut nach beiden Ostien hin gedrängt wird und die noch geschlossenen Seminularklappen auseinander drängen soll, ist es nöthig, daſs die Vorhofsklappen das venöse Ostium völlig und fest verschlieſsen, weil die Druckgewalt des Blutes zu dieser Zeit gleichmäſsig beide Ostien trifft. Daher wird im Anfange der Systole die Wirkung der Zuggewalt der Papillarmuskeln nach abwärts in Bezug auf die Vorhofsklappen durch das aufwärts drückende Blut paralysirt. Sobald jedoch das arteriöse Ostium geöffnet, ist die Druckgewalt des Kammerblutes von allen Seiten nach diesem Orte hin abgeleitet, und es ist dann nicht mehr nöthig, daſs das venöse Ostium verschlossen sei, weil der Blutstrom nur nach dem Ostium venosum hin gerichtet ist. Weil nun zugleich die Druckgewalt des Bluts vermindert ist, so tritt auch die Wirkung der Musculi papillares auf die Klappen durch ihre Zuggewalt nach der Herzspitze hin jetzt hervor: die Vorhofsklappen werden durch sie nach der Herzspitze hin gezogen, gespannt,

schieben das Blut, der Art und Weise ihrer Insertion gemäfs, gegen das Ostium venosum hin und tragen so zur Herausschaffung des Blutes aus der Kammer bei.

Beim Vorrücken der Systole hat die nach der Herzspitze hin gezogene Klappe wiederum die Trichterform angenommen. Der kegelförmige Raum dieses Trichters, welcher immer mehr wächst, wird von dem aus dem Vorhofe fliefsenden Blute ausgefüllt, so dafs also der Blutstrom in die Kammer nicht während der ganzen Zeit der Systole, sondern nur im Augenblick des Klappenschlusses und im Anfange der Systole unterbrochen ist.

Durch die Systole der Ventrikel ist nun der gröfste Theil ihres Inhalts in den Anfangstheil der Arterienstämme gelangt und es kommt jetzt Alles darauf an, den Rückfluſs des Bluts in die Kammern zu verhindern. Dies geschieht durch den Schluſs der Seminularklappen. Der Mechanismus hierbei ist ganz derselbe wie beim Schlusse der venösen Klappen. Denselben Antheil, welchen der Vorhof am Zustandebringen des Schlusses der Vorhofsklappen hat, denselben hat auch die Kammer in Bezug auf den Schluſs der Seminularklappen. Die Kammer ist gleichsam in jeder ihrer Functionen der Vorhof der Arterie.

Wenn die Vorhöfe sich zu contrahiren anfangen, sind die Kammern bereits von Blut erfüllt. Bei Beginn der Ventrikelcontraction sind die Arterien nicht blutleer (Harvey, Lancisi, Haller), da durch die vorangegangene Retraction der Arterie nicht alles Blut weiter vorwärts gestoſsen worden war. Durch dieses Blut, welches die Sinus valsalvae erfüllt, werden die arteriösen Klappen im Schlusse erhalten. Durch die Druckgewalt des aus der Kammer getriebenen Blutes werden sie allmählich auseinander gedrängt und den Wänden der Arterien genähert, weil die Druckgewalt des eindringenden Kammerbluts gröfser ist, als die Schwerkraft der in der Arterie befindlichen Blutsäule. Durch die fortwährende Vermehrung derselben aber wird ihre Schwerkraft bedeu-

tender, endlich gleich der Druckgewalt der Kammer, und wenn die Contractionskraft aufzuhören beginnt, gröfser als dieselbe. Je gröfser aber die Schwerkraft der arteriösen Blutsäule wird, desto mehr erfüllen sich die Sinus falsalvae mit Blut, desto mehr entfernen sich die Valvulae seminulares von den Arterienwänden, desto näher an einander rücken sie. Ist endlich der hydrostatische Druck der arteriösen Blutsäule gröfser als die Druckgewalt des Kammerbluts, so gelangt kein Blut mehr in die Arterie, die Sinus valsalvae sind am meisten ausgedehnt, die Valvulae seminulares liegen fest an einander, das Ostium arteriosum ist durch sie verschlossen.

Nun erwacht die Retraction der elastischen, ausgedehnten Arterie und die Blutmasse derselben geräth unter einen stärkern Druck, die früher wellenförmig gekrümmten kleinen Arterien werden mehr gerade Cylinder. Das durch die Systole der Kammern vorwärts getriebene Blut behält seine Lage bei, weicht nicht zurück. Wir fühlen dies an der Begrenzung der Pulswelle auch an den kleinen Arterien z. B Art. brachialis. Entsteht aber durch einen offen gebliebenen Spalt in dem Ostium arteriosum — bei Insufficienz der arteriösen Klappen — ein Rückfluſs des Bluts in die Kammer, so ist diese Rückwärtsbewegung der Blutwelle zum Herzen hin auch an der Art. brachialis und andern Arterien wahrzunehmen und man bezeichnet diese Art des Pulses mit dem Namen Insufficienzpuls).

Wir sahen, daſs der Schluſs der Seminularklappen eher zu Stande kam, als die Retraction der Arterien begonnen hatte. Die Retraction der Arterien trägt ebenso wenig zum Schlusse ihrer Klappen bei, wie die Zusammenziehung der Kammern zum Schluſs der Atrioventricularklappen. Doch ist das Zeitintervall zwischen Schluſs der Seminularklappen und Retraction der Arterien verschwindend klein; es wird wahrscheinlich durch die Pause zwischen dem ersten und zweiten Herzton angedeutet.

Sobald die Zusammenziehung der Arterie beginnt, fangen

die Kammern an, zu erschlaffen, das Einströmen des Bluts dauert fort, bis endlich am Ende der Diastole der Kammern die Contraction der Atrien wieder erwacht und derselbe Bewegungscyklus am Herzen, welchen wir eben beschrieben haben, wieder seinen Anfang nimmt. Die Zeit eines solchen Bewegungscyklus beträgt $\frac{2}{3}$ bis eine ganze Secunde.

Die Systole der Kammern wird durch den ersten, dumpfen Herzton hörbar und durch den Herzstofs fühlbar angedeutet. Der erste Herzton, welcher aus früher angegebenen Gründen an der Anschlagsstelle der Herzspitze am deutlichsten zu hören ist, entsteht durch die Schwingungen der Klappen und besonders der saitenartigen Chordae tendineae. Diese Schwingungen werden dadurch erzeugt, dafs die Chordae, während die Segel das Ostium venosum verschliefsen, von den sich contrahirenden Musculi papillares nach der Herzspitze hingezogen und gespannt, vom Blute aber, welches die Klappe nach dem Ostium hin drängt, nach dem Ostium hin, d. i. nach einer der Herzspitze entgegengesetzten Richtung hin, gezogen und gespannt werden. Integrität der Klappen und der Chordae tendineae ist zur Erzeugung des ersten Herztons erforderlich. Die Chordae tendineae tragen zur Erzeugung des ersten Tons das Meiste bei*). An ihren Endpunkten wirken im Beginn der Systole zwei nach entgegengesetzten Richtungen hin spannende Zugkräfte. Sie werden 1) dadurch, dafs die Klappensegel von der Druckgewalt des zusammengepreſsten Kammerbluts nach dem Ostium hin gedrängt werden, nach dem Ostium hin gezogen und gespannt, 2) durch die Zugkraft der sich contrahirenden Papillarmuskeln nach der Herzspitze hin gezogen und durch beide Momente plötzlich in einen höhern Grad von Spannung versetzt, als der war, den sie durch den mittelst der Vorhofscontraction bewirkten Schlufs der Atrioventricularklappen erlangt

*) Vgl. meine Dissertation: De causis sonorum cordis, p. 43. Corollar. 8. et 9. Vratislav. 1851.

hatten. Diese beiden Momente der Tonerzeugung in den Kammern sind im normal pulsirenden Herzen bei Integrität des Thorax immer vorhanden, demgemäfs die normalen Ursachen. Bei ausgeschnittenen, noch energisch pulsirenden Herzen ist nur noch das letztere Moment vorhanden. Weitere Forschungen müssen darthun, ob dies allein zur Hervorbringung des systolischen Tons genügt und ob der Ton, welchen die britischen Forscher unter diesen Verhältnissen gehört haben wollen, nicht durch Erschütterung der Luftsäule im Stethoskop oder Ohre erzeugt werde.

Für unser Ohr ist es unmöglich, zu erkennen, ob die Stärke des ersten Tons in seinem Beginnen oder Ende ist, weil er höchstens nur $\frac{1}{4}$ Secunde dauert, eine für unser Gehör nicht mehr theilbare Zeit, in welcher Anfang und Ende einer Erscheinung verschmelzen.

Die Retraction der Arterienstämme und die mit ihr gleichzeitige Diastole der Ventrikel sind in ihrem Beginn durch den zweiten, hellen Herzton hörbar angedeutet, welcher an den Stellen des Thorax, die der Lage der Arterienstämme entsprechen, am lautesten ist. Er entsteht dadurch, dafs die bereits geschlossenen Valvulae semilunares durch die bei der Retraction der Arterienhäute vermehrte Druckgewalt des arteriösen Blutes plötzlich noch mehr gespannt werden und nach dem früher erwähnten physikalischen Gesetze schwingen.

Die Ordnung eines Bewegungscyklus ist also, kurz zusammengefafst, folgende:

I. Die Systole: die Zusammenziehung der Kammern gleichzeitig mit dem ersten Ton und Herzstofse. In der auf den ersten Ton folgenden Pause kommt der Schlufs der Valvulae semilunares zu Stande.

II. Die Diastole: die Erschlaffung und allmähliche Ausdehnung der Kammern, wobei Retraction der grofsen Arterienstämme, welche der zweite Ton und die auf denselben folgende geräuschlose Pause andeutet. Gegen das Ende derselben findet die Zusammenziehung der Vorhöfe statt, im

Moment der Beendigung der Vorhofszusammenziehung der Schluſs der Vorhofsklappen und blitzschnell darauf die Zusammenziehung der Kammern, mithin ein neuer Bewegungscyklus.

Die durch die Klappenschwingungen erzeugten Töne würden nicht entstehen können, wenn nicht schwingbare Körper eben so gut in Flüssigkeiten (also auch im Blute), als in der Luft hörbar schwingen könnten *). Ersteres findet im Herzen statt.

Membranen und Saiten tönen entweder, wenn sie aus dem Zustande der Erschlaffung plötzlich in genügende Spannung versetzt werden, oder wenn sie, bereits gespannt, plötzlich von einem sie noch mehr spannenden äuſsern Impulse, wie Zug, Stoſs, plötzlich gesteigertem Druck, getroffen werden. Die letztere Art der Tonerzeugung geht — wie wir gesehen haben — am Klappenapparat des Herzens vor sich.

Obwohl die Herztöne zum Theil durch den plötzlichen Impuls des zusammengepreſsten und seinerseits ebenfalls pressenden Bluts gegen die Klappen erzeugt werden, so ist dennoch hier von keinem Anprallen des Bluts gegen die Klappen (etwa wie eines Wasserstrahls an einen Stein in der atmosphärischen Luft) die Rede. Ein solches Anprallen könnte nur stattfinden, wenn sich zwischen Blut und Klappe ein entweder mit Luft erfüllter oder leerer Raum befände, der im Herzen nicht existirt. Denn die Blutsäule kann, wie dies früher von uns bewiesen worden ist, keinen Augenblick von der umgebenden Gefäſswand zurückweichen.

Wir wissen, daſs der systolische Ton dumpf und gedehnt, der diastolische hell und kurz ist. Dieser Unterschied der Töne ist sowohl durch die Beschaffenheit der umgebenden Wände, als auch durch die Zartheit und Gröſse der Klappen bedingt. Für alle tönenden Körper gilt das Gesetz **), daſs,

*) Pouillet-Müller, Lehrbuch der Physik 1847. Bd. I. S. 297. Bd. II. S. 68.

**) Ebendas. Bd. I. S. 331 und 313.

je zarter die tönende Membran, je schwingbarer die umgebende Wand, desto heller der Ton ist. Die umgebenden Wände der Vorhofsklappen sind die musculösen, dicken Ventrikelwände, die der Semilunarklappen die zarten und vergleichsweise dünnen, elastischen Arteriencylinder. Die Semilunarklappen sind kleiner als die Vorhofsklappen, deshalb ihre Töne heller als die der Vorhofsklappen.

Die Meinung Grabau's*), dafs die Herztöne durch die Klappen allein nicht hervorgebracht würden, weil so zarte und kleine Membranen (besonders beim Fötus) in so grofser Ausdehnung deutlich vernehmbare Töne unmöglich hervorbringen könnten, ist eine irrige. Allerdings werden die Töne im Herzen nicht als so starke erzeugt, wie wir sie am unversehrten Thorax vernehmen; aber Grabau vergifst, dafs nach einem akustischen Gesetze**) die Töne schwingender Membranen, wenn letztere mit resonanten Körpern verbunden und von ihnen umschlossen sind, stärker und in gröfserem Umfange vernommen werden. Die Herztöne vernehmen wir am unverletzten Thorax stärker, weil sie durch die Resonanz der Brustwände verstärkt werden, nach Entfernung der vordern Brustwand aber weit schwächer und in kleinerem Umkreise, nämlich nur am Herzen selbst.

Die Töne des Fötusherzens geben ein Beispiel, dafs die Töne in um so weiterm Umfange gehört werden, eine je gröfsere Menge resonanter Theile (Fruchtwasser, Eihäute, Uterinalwand, Bauchdecken der Mutter) zwischen Herzen und Ohre sich befindet. Die fötalen Herztöne werden in einem Umkreise vernommen, welcher den Umfang des Fötusherzens fünf-, zuweilen zehnmal übertrifft.

Da der Ton eines festen Körpers leicht von festen und flüssigen Körpern, schwer (und wenn er schwach ist, niemals) durch die Luft zu unserem Gehörorgan

*) Der Schlag und die Töne des Herzens. Jena 1846. S. 138.
**) Pouillet-Müller's Lehrb. Bd. I. S. 340.

fortgepflanzt wird*), so hören wir äufserst selten die im Brustraume entstandenen Herztöne, wenn wir unser Ohr von der Brustwand entfernt halten. Sobald jedoch die Verbindung zwischen Brustwand und Ohre durch Anlegung desselben an jene hergestellt ist, so hören wir die akustischen Herzerscheinungen um so besser und stärker, je inniger die Verbindung ist. — Darauf beruht auch die Erscheinung, dafs wir den ersten Ton nicht an der Stelle des Thorax, welche einem Ostium venosum entspricht, sondern da, wo die Herzspitze in der Systole den Thorax berührt, am stärksten wahrnehmen, obwohl er an blofsgelegten Herzen an allen Theilen der Kammern gleich stark vernommen wird. An diesem Orte nämlich ist die Verbindung des Herzens mit der Brustwand und durch letztere mit unserem Ohre im Momente des Ictus cordis am innigsten und der Ton gelangt daselbst am leichtesten in unser Gehörorgan. Aufserdem wird dieser Ton noch durch den von der systolischen Erschütterung der Brustwand erzeugten Schall verstärkt. Diesen systolischen Percussionsschall hören wir oft auch dann noch, wenn bei organischen Krankheiten der Herzklappen Geräusche statt der Töne vernommen werden.

Die Art der Erscheinung des ersten Tons ausgenommen, werden die Herztöne bei normalen Brustzuständen in der Gegend des Thorax am stärksten gehört, welche dem Orte ihres Ursprungs entspricht. Deshalb wird auch der zweite Ton, der in den Arterienstämmen entsteht, an der Basis des Herzens stärker als an den Kammern vernommen, woselbst er, als ein dahin fortgepflanzter Ton, weit schwächer erscheint. Aus gleichem Grunde ist auch der erste Ton an den Ventrikeln stärker als an den Arterien. Da nun in jedem Ostium nur Ein Ton entsteht und die fortgeleiteten Töne an einem Orte schwächer erscheinen, als die an demselben Orte entstandenen, so hören wir zwar an jeder Kammer, sowie an

*) Pouillet-Müller's Lehrb. Bd. I. S. 287.

jeder Arterie zwei Töne, aber die Töne in den Kammern erscheinen im trochäischen, die in den Arterien im jambischen Rhythmus. Der in den Ventrikeln entstandene erste Ton erscheint in denselben stärker als der dahin fortgeleitete zweite, diastolische, in den Arterien entstandene Ton, und der in den Arterien erzeugte zweite Ton in denselben stärker als der aus den Kammern dahin fortgeleitete systolische Ton.

Aus der Lage und der Nähe der Klappen und Ostien, ferner aus dem Umstande, dafs die Systole der rechten Herzhälfte gleichzeitig mit der Systole der linken, die Diastole der rechten gleichzeitig mit der Diastole der linken ist, leuchtet ein, dafs die gleichzeitigen Töne der rechten und linken Herzhälfte je in eine einzige akustische Empfindung verschmelzen müssen. Man hört deshalb an allen Stellen nur zwei Töne, einen systolischen, aus den gleichzeitigen Schwingungen der Valvulae bi- und tricuspidalis, und einen diastolischen, aus den der Valvulae semilunares arteriae pulmonalis und aortae entstandenen. Nur in den Arterien ist es möglich, da, wo sie aus dem Herzen bereits herausgetreten sind und von einander etwas abstehen, bei verstärktem Ton der Arteria pulmonalis, die in ihnen ursprünglich erzeugten Töne an Höhe oder Helligkeit zu unterscheiden. Im Herzen selbst ist dies nur möglich, wenn der systolische oder diastolische Ton einer Herzhälfte in Geräusche umgewandelt ist, die Töne der andern aber rein sind.

Die Herztöne sind bei gesundem Innern und Aeufsern des Thorax am deutlichsten in der Herzgegend und werden schwächer, je weiter wir unser Ohr von dieser Gegend entfernen. Am Thorax fetter Personen sind sie weniger weit und stark zu hören, als an dem magerer, weil ein magerer Brustkorb resonanter ist, als ein mit starken Muskeln und einer dicken Fettschicht bedeckter.

Die Töne der Kinderherzen, deren Klappen zarter und kleiner sind, als die in Herzen Erwachsener, bieten eine gröfsere Schallhöhe und Helligkeit dar. Die Höhe eines Tons

steht nämlich zur Länge und Spannung einer schwingenden Membran oder Saite in einem solchen Verhältnifs, dafs der Ton um so höher wird, je mehr die Länge der Membran verkürzt oder je mehr letztere gespannt wird*). Auf diesem akustischen Gesetze beruht auch die gröfsere Höhe und Lautheit des zweiten Tons der Arteria pulmonalis, wenn die Spannung ihrer Klappen durch eine gröfsere Menge in der Arterie enthaltenen Blutes (bei sogenannter Plethora pulmonum) vermehrt wird.

II.

Das Verhältniss der Krankheiten

in senkrechter Richtung

von der Küste der Nordsee bis zum Rücken des Thüringerwaldes.

Von Dr. **C. F. Fuchs** zu Brotterode.

(Schlufs zu Bd. II. Heft II. S. 320.)

3. Die Gehirnerweichung.

Obgleich die Gehirnerweichung nur eine Sterblichkeit von 3,4 Proc. erzeugt, so ist sie doch ein wichtiges Glied in der Kette und mufs besonders berücksichtigt werden (s. Henke's Zeitschrift f. d. Staatsarzneikunde. 1841. 4. H. S. 293 ff.).

Die Gehirnerweichung beginnt mit halbseitigem oder auf einzelne Stellen beschränktem Kopfschmerz, mit Jucken in der Haut des Nackens und der obern Extremitäten, mit kurzen Anfällen von Schwindel und Eingenommenheit des Kopfs; das geistige Vermögen nimmt allmählich ab, besonders das,

---

*) Pouillet-Müller's Lehrb. der Physik. Bd. I. S. 321.