

(Aus dem physiologischen Laboratorium in Leiden.)

## Ein dritter Herzton.

Von

**W. Einthoven.**

(Unter Mitwirkung von J. H. Wieringa und E. P. Snyders,  
Assistenten am Laboratorium.)

(Mit 3 Textfiguren und Taf. I.)

Bei der Fortsetzung der Untersuchung über die Herztöne mittels des Saitengalvanometers<sup>1)</sup> beobachteten wir, dass bei einigen Cardiophonogrammen, namentlich bei den im Februar dieses Jahres aufgenommenen Spitzentönen von *Wi*, kurz nach den Schwingungen des zweiten Tones noch eine neue Schwingung vorhanden war, die nur als ein dritter Herzton gedeutet werden konnte.

Die Erklärung für das Entstehen dieses dritten Tones lag nicht unmittelbar auf der Hand, und wie merkwürdig uns die Erscheinung auch vorkam, so schoben wir doch — weil wir noch mit andern Arbeiten beschäftigt waren — eine nähere Untersuchung darüber vorläufig auf.

Ein paar Monate später fragte mich Dr. A. G. Gibson aus Oxford — der zwar mit unseren früheren Aufsätzen über die Registrierung der Herztöne bekannt war, aber nichts von den später von uns gemachten Beobachtungen wissen konnte —, ob sich in meiner Sammlung von Cardiophonogrammen normaler Personen auch einige befänden, worin ein Extraton in der Phase der Diastole sichtbar wäre. Gibson war mit einer Untersuchung über den Venapuls beschäftigt<sup>2)</sup> und hatte beobachtet, dass bei einigen

1) Vgl. Die Registrierung der menschlichen Herztöne mittels des Saitengalvanometers. Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 117 S. 461. 1907.

2) Die Untersuchung Gibson's wird demnächst in „The Lancet“ unter dem Titel „The significance of a hitherto undescribed wave in the jugular pulse“ erscheinen.

Individuen ohne krankhafte Herzaffectio, an der Herzspitze während der Pause ein tiefer Ton hörbar ist, den er als einen nachkommenden diastolischen Ton beschreibt. Der Schall ist hell und macht nicht den Eindruck eines Geräusches. Dieser besondere Ton, der schwächer und viel tiefer als der gewöhnliche zweite Ton ist, wechselt an Intensität, während er namentlich zur Zeit des Intervalles zwischen dem Ende einer Expiration und dem Beginn der nachfolgenden Inspiration deutlich zu sein scheint.

In den Fig. 1 und 2 der Taf. I bilden wir die Cardiophonogramme von *Wi* ab, so wie dieselben beim Anlegen des Stethoscoptrichters in die regio des apex cordis registriert wurden<sup>1)</sup>. Die Bewegungsgeschwindigkeit der empfindlichen Platte betrug 50 mm pro Secunde, so dass 1 mm einer Abscisse einer Zeit von 0,02 Secunde entspricht<sup>2)</sup>. Der dritte Herzton ist mit 3 angedeutet. Wenn wir aus der Form und den Dimensionen der Curven herzuleiten versuchen, welchen Eindruck der dritte Herzton auf das wahrnehmende Ohr machen soll, so können wir ihn nicht anders beschreiben als Gibson that: einen an Intensität wechselnden, aber doch immer sehr schwachen nachkommenden diastolischen Ton von niedriger Tonhöhe und hellem Klang.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass der von Gibson in Oxford gehörte Ton derselbe ist wie derjenige, welchen wir in Leiden registriert haben. Gibson's Beobachtungsgabe ist erstaunlich, und wir haben alle Ursache uns zu freuen, dass das Saitengalvanometer die Richtigkeit seiner Wahrnehmungen — an der man in Ermangelung von Cardiophonogrammen vielleicht noch zweifeln könnte — auf entscheidende und objektive Weise bewiesen hat.

Dass wir in Leiden keine Ahnung von dem Vorhandensein des Tones hatten, bevor die registrierten Curven denselben ans Licht ge-

1) Ueber die Methode des Registrérens, vgl. Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiol. a. a. O. Wir sind gerne bereit, den Fachgenossen auf Anfrage Copien unserer ursprünglichen Negative zu übersenden, die der Natur der Sache nach die Besonderheiten der Curven viel schärfer und genauer wiedergeben, als es in den Reproduktionen möglich ist.

2) In den Figuren der Tafel I — die Schälle reproduciren — stellt 1 mm einer Abscisse eine Zeit von 0,02 Sec. vor. In den Textfiguren, die Elektrocadiogramme und Venenpulse wiedergeben, war es wünschenswerth, die empfindliche Platte mit geringerer Geschwindigkeit zu bewegen. In diesen Figuren entspricht 1 mm einer Abscisse einer Zeit von 0,04 Sec.

bracht hatten, darf als eine neue Probe für den doch schon allgemein anerkannten Satz gelten, dass eine Erscheinung genauer studirt werden kann, wenn sie in einem graphischen Bilde festgelegt worden ist, als wenn man sie nur mittels eines flüchtigen, vorübergehenden Gehöreindrucks kennen lernt.

*Wi* ist ein gesunder, langer, junger Mann von 21 Jahren, der während der photographischen Aufnahme horizontal auf einem Bette ausgestreckt lag. Der Rhythmus seiner Herzwirkung ist nicht vollkommen regelmässig. Bei den ersten Herzschlägen der Fig. 1 und 2 Taf. I dauert eine Herzperiode — die zwischen den Anfangspunkten zweier nacheinander folgenden systolischen Töne gemessen werden kann — 0,74 Sec., woraus eine Frequenz von 81 Schlägen pro Minute berechnet wird, während am Ende der Fig. 2 eine Herzperiode 0,82 Sec. dauert, was einer Frequenz von nur 73 Schlägen pro Minute entspricht. Die Dauer der Systole — die zwischen den Anfangspunkten des ersten und zweiten Tones gemessen wird — ist durchschnittlich 0,33 Sec.; das Verhältniss der Systolendauer zur Dauer der ganzen Periode ist ungefähr wie 0,33:0,80 oder wie 41:100.

Der Beginn des dritten Tones fällt im Mittel 0,13 Sec. (variierend zwischen 0,11 und 0,15 Sec.) nach dem Anfang des zweiten Tones und durchschnittlich 0,32 Sec. vor den Anfang des nächstfolgenden ersten Tones.

In den beiden genannten Figuren ist die Dauer des ersten Tones ungefähr 0,08, des zweiten Tones 0,05, des dritten Tones 0,02 bis 0,03 Sec. Die beiden ersten Töne sind Geräusche, die aus Tönen von unregelmässiger Tonhöhe zusammengesetzt sind. Die gegenseitige Distanz einiger Spitzen in der Curve zeigt, dass dabei Töne von mehr als 100 ganzen Schwingungen pro Secunde vorhanden sind, während der dritte Ton nur aus einer einzigen Schwingung gebildet zu werden scheint, deren Periode ungefähr 1 mm = 0,02 Sec. beträgt.

Die Intensität des dritten Tones ist veränderlich. Während derselbe in einigen Herzschlägen gänzlich fehlt, erreicht in den Fig. 1 und 2 die maximale Amplitude seiner Schwingungen 2 mm. Die Amplituden der Schwingungen des ersten und zweiten Tones sind ungefähr einander gleich und erreichen 14 mm. Setzt man das Verhältniss der Amplituden des ersten oder des zweiten Tones zu der-

jenigen des dritten auf  $a = 7$ , und das Verhältniss der Schwingungsfrequenzen auf  $b = 2$ , so ist das Verhältniss der Intensitäten gleich  $a^2b^2 = 196$ . Der dritte Ton ist also, wenn seine Intensität ein Maximum erreicht, noch ungefähr 200 mal schwächer als der erste oder der zweite.

Während die obengenannten Verhältnisszahlen sich auf die objectiven Intensitäten beziehen, fällt eine Vergleichung der Intensitäten der Empfindung für den dritten Ton noch sehr viel ungünstiger aus, weil ein Ton von 50 Schwingungen pro Secunde objectiv rund 100 mal stärker <sup>1)</sup> sein muss als ein Ton von 100 Schwingungen pro Secunde, um eine ebenso starke Gehörempfindung zu erzielen. Erreicht also der dritte Ton eine solche Intensität, dass er gerade noch eben hörbar ist, so dürfen die ersten und zweiten Töne 20 000 mal abgeschwächt werden, bevor auch die von ihnen erzeugten Schallempfindungen ausgelöscht werden.

Dies erklärt die Schwierigkeit der auscultatorischen Untersuchung. Gibson hebt dies nachdrücklich hervor und sagt, dass man, um den Ton zu hören, fremde Schälle so viel, wie nur thunlich ist, ausschalten muss, während man seine Aufmerksamkeit während des Intervalles, worin der Ton erzeugt wird, besonders anzustrengen genöthigt ist. Während die Fig. 1 und 2 der Taf. I und noch einige andere hier nicht reproducirten Cardiophonogramme das Vorhandensein des dritten Herztones bei *Wi* ausser Zweifel setzen, ist es uns doch nicht gelungen, den betreffenden Ton mittelst des Stethoskopes zu hören. Wir haben *Wi* auscultatorisch untersucht, sowohl horizontal liegend wie aufrecht sitzend, bei Dyspnoë und Apnoë, unmittelbar nach kräftiger Körperanstrengung und nach langdauernder Ruhe, aber immer ohne ein positives Resultat. Dabei sei bemerkt, dass die Herztöne von *Wi* rein sind, ohne Nebengeräusche, aber dass sie an einigen Stellen einigermaassen gespalten erklingen. Die Spaltung ist namentlich und oft deutlich hörbar am zweiten Tone des Pulmonalostiums.

Die Frage taucht auf, wie es mit den Cardiophonogrammen anderer Personen steht? Ist der dritte Herzton eine seltene Er-

---

1) Berechnet nach Max Wien, Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 97 S. 1. 1903. H. Zwaardemaker und F. H. Quix geben in Engelmann's Arch. f. Physiol. 1904 S. 25, Unterschiede an, die einen gleichen Sinn, jedoch eine andere Grössenordnung haben.

scheinung, oder darf man annehmen, dass er, sei es denn auch weniger deutlich, doch bei den meisten Menschen vorhanden ist? Wir glauben das letzte. In unserer Sammlung von Cardiophonogrammen — die bis heute noch relativ beschränkt ist — finden wir schon vielfache Andeutungen für das Vorhandensein des Tones; wir können jedoch bisher noch keine sichere Schlussfolgerung ziehen, weil die Zeit der Diastole nur selten vollkommen schalllos ist und unregelmässige schwache Schälle die scharfe Unterscheidung des dritten Tones erschweren.

Wir müssen jetzt versuchen, das Entstehen des dritten Herztones zu erklären.

Erstens sei bemerkt, dass die Saitenschwingung, die in den beiden schon erwähnten Figuren mit der Ziffer 3 angedeutet worden ist, nicht durch irgend einen zufälligen, ausser Zusammenhang mit der Herzwirkung stehenden Schall erzeugt sein kann. Die Schwingung kommt regelmässig in nahezu derselben Phase der Herzbewegung vor, während ihre Amplitude zwar veränderlich ist, ihre Periode und ihr allgemeiner Charakter jedoch nahezu vollkommen constant bleiben.

Diese Regelmässigkeit ist um so merkwürdiger, weil im Allgemeinen die Constanz der durch die Herzwirkung erzeugten Schälle nicht sehr gross genannt werden darf. Die vielfachen Veränderungen, die diese zeigen, bilden einen Gegensatz zu der grossen Constanz des Elektrocardiogrammes, durch dessen Form, wie bei einer früheren Gelegenheit schon betont worden ist, die verschiedenen Individuen leicht von einander unterschieden werden können.

Ist einmal festgestellt, dass der rhythmisch wiederkehrende Schall durch die Herzwirkung erzeugt wird, so dass er thatsächlich ein dritter Herzton genannt werden darf, so müssen wir uns fragen, welche Theile des Herzens oder der Blutgefässe durch ihre Bewegung den Ton hervorbringen.

Gibson bringt ihn mit dem Venenpuls in Verbindung, und sucht die Erklärung in einer Schwingung der Valvulae cuspidales. Er beschreibt im Venenpuls einiger von ihm untersuchten Personen ausser den drei allgemein bekannten Spitzen, die wir der Bequemlichkeit wegen in diesem Aufsatz mit 1, 2 und 3 benennen werden, noch eine vierte Spitze, die er *b* nennt, und die unmittelbar auf Spitze 3 folgt<sup>1)</sup>.

1) Für eine Literaturangabe und eine Besprechung der Erklärungen, die für das Zustandekommen der verschiedenen Spitzen des Venenpulses gegeben werden,

Nach Gibson wird die Spitze *b* durch die Valvulae tricuspidales erzeugt, die bei der Füllung des rechten Herzens während der Diastole eine aufwärtsgerichtete Bewegung machen und dabei den von ihm gehörten Extraton hervorbringen sollen.

Wir haben in den von uns selbst registrierten Venenpulsen keine Bestätigung dieser Vorstellung finden können. In untenstehender Figur 1 gibt *p* das Phlebogramm der V. jugularis von *Wi* wieder; *c* ist der Carotispuls und *e* das Elektrokardiogramm bei Stromableitung von der rechten Hand und dem linken Fuss. Das Netz von Quadratmillimetern, das ebenso wie bei all unseren anderen Figuren zugleich mit den Curven photographirt wird, gibt ein vorzügliches Mittel an die Hand, genaue Zeitbestimmungen zu machen. Die empfindliche Platte hatte eine Bewegungsgeschwindigkeit von

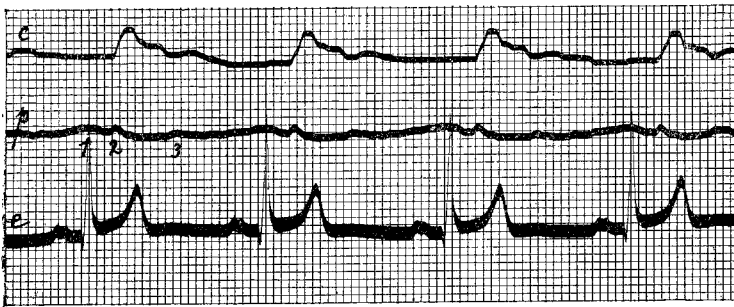


Fig. 1. Pulse und Elektrokardiogramm von *Wi*. Absc. 1 mm = 0,04 Sec.; Ordin. 1 mm =  $10^{-4}$  Volt. *c* = Carotispuls, *p* = Phlebogramm der V. jugularis, *e* = Elektrokardiogramm. Die drei typischen Spitzen des Phlebogramms sind mit 1, 2 und 3 angedeutet.

25 mm pro Secunde, so dass 1 mm einer Abscisse mit 0,04 Sec. übereinstimmt. Weil die Ordinaten die regelmässig wiederkehrenden Spaltbilder sind, die momentan auf die empfindliche Platte geworfen werden, so müssen diejenigen Punkte der drei Curven, die auf eine selbe Ordinate fallen, auch in derselben Zeit registriert sein. Dies macht das Ziehen von gebogenen Nulllinien, so wie es bei Zeitmessungen nach der gewöhnlichen graphischen Methode oft notwendig ist, überflüssig. Schätzt man die Länge einer Abscisse bis auf 0,1 mm genau, so kann man die Zeiten, worin die verschiedenen

---

vergleiche man ausser A. G. Gibson, a. a. O. noch L. Bard, Journal de Physiol. et de Pathol. générale 1906 p. 454 und p. 466. Die vierte Spitze *b* von Gibson entspricht wahrscheinlich der Spitze *d* von Bard.

Punkte der drei Curven geschrieben worden sind, auch unmittelbar und mit keinem grösseren Fehler als 0,004 Sec. kennen lernen<sup>1)</sup>).

Obgleich im Phlebogramm von *Wi* die Curve zwischen der Spitze 3 und der nächstfolgenden Spitze 1 einigermaassen wellenartig verläuft, so scheint es doch nicht leicht, darin eine regelmässig vorkommende vierte Spitze zu unterscheiden. Jedoch muss anerkannt werden, dass auch die drei typischen Spitzen in unserer Figur nur klein sind. Zur Vergleichung reproduciren wir in Fig. 2 das Phlebogramm und den Carotispuls einer anderen Person *Me*, dessen Herztöne gleichfalls registriert sind, aber in dessen Cardiophonogrammen kein deutlicher dritter Herzton sichtbar ist. Die drei typischen Spitzen im Phlebogramm von *Me* sind grösser als von *Wi*.

Weil wir in der Form des Phlebogrammes keine genügende Erklärung für die Entstehung des dritten Herztones finden können,



Fig. 2. Pulse von *Me*. Absc. 1 mm = 0,04 Sec. *c* = Carotispuls, *p* = Phlebogramm der V. jugularis.

müssen wir versuchen, auf andere Weise die Ursachen dieses Tones ausfindig zu machen. Wir fangen damit an, dass wir die von Gibson<sup>2)</sup> kurz erwähnte Möglichkeit ausschalten, dass der dritte Herzton einfach ein praesystolisches Geräusch oder ein praesystolischer Ton sei, so wie man dieselben bei einer Mitralstenose beobachten kann. Ein solches praesystolisches Geräusch ist in vielen Hinsichten von unserem dritten Herzton verschieden. Der Zeitpunkt des Hervortretens, die Dauer und der Charakter des Schalles sind anders, wovon man sich leicht überzeugt, wenn man die Herztöne von *Wi*, der kein Herzleiden hat, mit den Curven vergleicht, die man von Patienten mit Mitralstenose erhält. In Fig. 3 der Taf. I sind die Spitzentöne

1) Man sieht z. B. leicht, dass die Spitze 2 des Phlebogramms noch eben vor dem Carotispuls anfängt.

2) A. a. O.

eines zehnjährigen Mädchens *Bo* reproducirt worden, das mit einer deutlichen Mitralklappenstenose im Universitäts-Krankenhaus zu Leiden verpflegt wurde<sup>1)</sup>. Man sieht, dass es während der Zeitdauer der Diastole deutliche Saitenschwingungen gibt, die kurz vor dem Anfang der Systole verstärkt werden. Dieser praesystolische Schall ist in der Figur mit *a* angedeutet.

In der Zeit der Systole bleibt zwischen dem ersten und zweiten Ton die Saite fast vollkommen in Ruhe. Obgleich der diastolische Schall nicht bei jeder Herzperiode gleich stark ist und hier und dort Unregelmässigkeiten zeigt, so genügt doch ein einziger Blick auf Taf. I — wo man Fig. 3 mit den Fig. 1 u. 2 vergleichen kann —, um ihn vom dritten Herztone zu unterscheiden. Denn der diastolische Schall der Fig. 3 der Tafel hält längere Zeit an und stellt

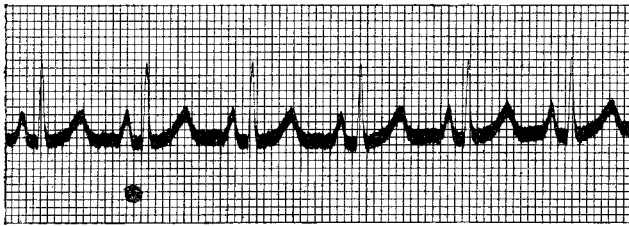


Fig. 3. Telecardiogramm einer Patientin mit Mitralklappenstenose. Stromableitung von rechter Hand und linkem Fuss. Absc. 1 mm = 0,04 Sec. Ordin. 1 mm =  $10^{-4}$  Volt.

ein wirkliches Geräusch dar, das aus unregelmässigen Schwingungen von verschiedener Oscillationsfrequenz zusammengesetzt ist.

Der Zeitpunkt, worin die praesystolische Verstärkung sichtbar ist, fällt mit der Contraction der Vorkammern zusammen und kann schärfer im Elektrocardiogramm als in der Curve der Herztöne bestimmt werden. In obenstehender Fig. 3 geben wir das Telecardiogramm unseres kranken Mädchens wieder. Der Strom wurde von der rechten Hand und dem linken Fuss abgeleitet, während in der Figur wieder 1 mm einer Abscisse 0,04 Sec., 1 mm einer Ordinate  $10^{-4}$  Volt entspricht. Wir sehen, dass in Uebereinstimmung mit der grösseren Kraft, welche die linke Vorkammer aufwenden muss,

1) Gerne statten wir wieder Herrn Prof. Nolen und seinen Assistenten für die uns bereitwilligst geleistete Hülfe unseren besten Dank ab. Die Töne wurden ebenso wie bei früheren Gelegenheiten auf dem physiologischen Laboratorium registriert, während die Patientin sich im Spital befand. Die elektrischen Leitungsdrähte zwischen Laboratorium und Spital functioniren immer vorzüglich.



das Blut durch die verengte Mitralklappe zu treiben, die Vorkammer Spitze im Elektrocardiogramm hoch ist<sup>1)</sup>. Das Intervall zwischen dem Beginn der Vorkammer- und dem Beginn der Kammercontraction beträgt 0,12 bis 0,14 Sec. Bei *Wi*, der eine geringere Pulsfrequenz hat, ist das gleichnamige Intervall etwas grösser und erreicht 0,16 Sec., siehe Textfig. 1; ein durch die Vorkammercontraction verursachter Ton sollte also bei *Wi* auch 0,16 Sec. vor dem Beginn des systolischen Tones hörbar sein. Wie wir jedoch oben schon sahen, ist der Abstand unseres dritten Tones vom nächstfolgenden systolischen Ton zweimal grösser.

Durch all dies wird entscheidend bewiesen, dass der dritte Ton kein prä systolisches Mitralgeräusch oder kein praesystolischer Mitralton ist<sup>2)</sup>.

Wir müssen jetzt noch die Möglichkeit ausschliessen, dass der von uns studirte Extraton, den wir als einen dritten Herzton aufgefasst haben, vielleicht nur eine gewöhnliche Spaltung oder Verdopplung des zweiten Tones sei.

Die Spaltung des zweiten Tones wird in normalen Herzen vielfach wahrgenommen und ist, wie oben schon bemerkt wurde, auch bei *Wi* vorhanden. Die Erscheinung wird durch eine ungleichzeitige Spannung der valvulae semilunares aortae und pulmonalis hervorgerufen, worüber man sich, wie Sahli mit Recht bemerkt<sup>3)</sup>, nicht all zu sehr zu verwundern braucht. Im Gegentheil darf es vielmehr wunderbar heissen, dass trotz der zahllosen Einflüsse, die sich auf die Herzwirkung geltend machen, die Coincidenz aller systolischen und aller diastolischen Erscheinungen doch in den meisten Fällen vollkommen zu sein scheint.

Es ist jedoch leicht, das ungleichzeitige Reagiren der Aorten- und Pulmonalklappen als Ursache des dritten Herztones auszuschliessen. Wir wenden dazu die graphische Methode an und versuchen in den Cardiophonogrammen den Zeitunterschied, der zwischen den zweiten Tönen beider Ostien bestehen kann, genau zu messen. Bei *Wi* werden zu gleicher Zeit erst der Carotispuls und die Aortentöne, vgl. Taf. I Fig. 4, und danach der Carotispuls und die

---

1) Vgl. auch: Le télécardiogramme. Arch. intern. de Physiol. t. 4 p. 132. 1906.

2) Auf dieselben Gründe hin wird bewiesen, dass der dritte Herzton von der Erscheinung verschieden ist, die man mit dem Namen von Galopprrhythmus andeutet, vgl. Sahli, Lehrbuch der klin. Untersuchungsmethoden S. 262. 1905.

3) A. a. O. S. 258.

Pulmonaltöne, vgl. Taf. I Fig. 5, registriert, während schliesslich im Quadratmillimeternetz die Intervalle zwischen den Pulsen und den zweiten Tönen bestimmt werden.

Das Ergebniss der Messungen zeigt, dass die Zeitunterschiede zwischen dem zweiten Pulmonalton und dem zweiten Aortenton nicht oder kaum grösser sind als die Unterschiede, welche die Intervalle darbieten, die zwischen dem Puls und einer Reihe von zweiten Tönen eines selben Ostiums bestehen. Sie betragen höchstens  $1\text{ mm} = 0,02\text{ Sec.}$  und sind also viel kleiner als die Intervalle von  $0,11$  bis  $0,15\text{ Sec.}$ , die wir zwischen dem zweiten und dem dritten Ton haben nachweisen können.

Nachdem wir auch noch kurz an den Unterschied im Charakter erinnert haben, der zwischen dem Schall des dritten Tones und demjenigen des zweiten Pulmonal- oder Aortentones besteht, und der in den reproducirten Cardiophonogrammen deutlich sichtbar ist, scheint uns schliesslich kein Zweifel mehr berechtigt an der Richtigkeit der Behauptung, dass der dritte Herzton durch etwas anderes als durch ein ungleichzeitiges Entstehen der zweiten Pulmonal- und Aortentöne hervorgerufen wird.

Es kommt uns vor, dass die wahrscheinlichste Erklärung des dritten Herztones in einer Schwingung der Aortenklappen gesucht werden muss. Diese Klappen tragen während der Diastole den in der Aorta herrschenden Blutdruck, der, wie bekannt, in jeder Herzperiode einer Anzahl von Schwankungen unterliegt. Es braucht nicht Wunder zu nehmen, dass die Aortenklappe, wenn diese Druckschwankungen in einigen Fällen eine grosse Amplitude erreichen, nach der Erzeugung des diastolischen Tones zum zweiten Male eine beträchtliche Spannungsvermehrung erfährt, wodurch sie aufs Neue zu einer kurzen Schwingung genöthigt wird.

Obgleich die katakrotischen Pulserhebungen auch die Folgen von Blutdruckschwankungen sind, können wir doch aus der Form eines Carotispulses noch nicht viel über die Druckwellen schliessen, die in der unmittelbaren Nähe des Aortenostiums vorhanden sind. Eine Vergleichung der Intervalle zwischen den katakrotischen Pulserhebungen mit demjenigen Intervalle, das zwischen dem zweiten und dritten Herzton besteht, kann darum von nur wenig Nutzen sein. Wir können jedoch darauf aufmerksam machen, dass in unserem speciellen Fall der Betrag der katakrotischen Blutdruck-

schwankungen bei *Wi* genügend gross ist, unsere Erklärung annehmlich zu machen. Man vgl. z. B. die Curve des Carotispulses in Fig. 4 Taf. I.

Sobald wir unsere Erklärung durch die Wahrnehmungen zu bestätigen suchen, stossen wir scheinbar auf eine grosse Schwierigkeit. Wenn der dritte Ton ein Aortenton ist, sollte man erwarten, dass man ihn auch am besten am Ostium aortae im rechten zweiten Intercostalraum wahrnehmen könnte. Und dies stimmt nicht mit den Beobachtungen von Gibson überein. Gibson beschreibt als das Ergebniss seiner auscultatorischen Untersuchung, dass der Extraton nur an der Herzspitze gehört wird<sup>1)</sup>, was bei einer oberflächlichen Betrachtung die von uns gegebene Erklärung hinfällig machen würde. Man braucht jedoch die reproducirten Cardiophonogramme nur etwas näher zu betrachten, um oben erwähnten Widerspruch auf ganz befriedigende Weise lösen zu können.

Insbesondere müssen wir unsere Aufmerksamkeit auf den zweiten Aortenton richten. Mittels der Taf. I Fig. 4 können wir leicht constatiren, dass dieser Ton lange andauert<sup>2)</sup> und noch 0,16 bis 0,18 Sec. nach seinem Beginn deutliche Schwingungen hervorbringt. Dahingegen beträgt an der Herzspitze das Intervall zwischen dem Beginn des zweiten und dem Beginn des dritten Tones nur ungefähr 0,13 Sec.; die Dauer des dritten Tones selbst ist nicht länger als 0,02 oder 0,03 Sec., so dass der zweite und der dritte Ton an der Herzspitze zusammen mit ihrem Intervall noch weniger Zeit erfordern als der zweite Aortenton allein.

Wenn die Spitzentöne zugleich mit dem Carotispuls registrirt werden, kann man das Intervall messen, das zwischen diesem Puls und dem zweiten Spitzenton besteht. Dieser Zeitunterschied zeigt sich ebenso gross wie das Intervall zwischen demselben Puls und dem zweiten Aortenton. Der zweite Spitzenton und der zweite Aortenton fangen also in demselben Augenblick an, und dies setzt uns in den Stand, auf die Curve von Taf. I Fig. 4, worauf die

---

1) In einem Fall war der Extraton ausser an der Herzspitze auch noch am Halse bei der V. jugularis hörbar, vgl. Gibson, a. a. O.

2) Wir bemerkten schon bei einer früheren Gelegenheit — vgl. Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 117 S. 467. 1907 —, dass auch bei den Pulmonal-tönen der zweite Ton im Verhältniss zum ersten länger andauert als bei den Spitzentönen.

Aortentöne reproducirt sind, den Augenblick zu markiren, worin an der Herzspitze der dritte Ton gehört wird.

Wir haben in der Figur diesen Augenblick jedesmal mit einem  $\times$  angedeutet, wobei wir für den Abstand zwischen den Anfangspunkten des zweiten und des dritten Tones den Mittelwerth von 0,13 Sec. angenommen haben. Man sieht, wie die Kreuze alle in Zeitpunkte fallen, worin die Saite noch durch den zweiten Aortenton in Schwingung gehalten wird. Und so ist es vollkommen klar, dass man den dritten Herzton am Aortenostium, — d. h. auf der Stelle selbst, wo er erzeugt wird, — dadurch nicht leicht unterscheiden kann, weil dort zu gleicher Zeit andere Schälle hörbar sind.

Wir erlauben uns noch einen Augenblick bei der Form der zweiten Aorten- und Pulmonaltöne stehen zu bleiben. Bei den meisten der abgebildeten zweiten Pulmonaltöne sieht man, dass ungefähr 1 mm, d. h. 0,02 Sec. nach ihrem Beginn, die Schwingungsamplituden während eines sehr kurzen Momentes verkleinert werden, dass letztere dann unmittelbar danach wieder zunehmen und dabei sogar die vorige Grösse überschreiten. Man kann die zweiten Pulmonaltöne in zwei Theile eintheilen: Der erste Abschnitt ist von mässiger Stärke und von einer Dauer von 0,02 bis 0,03 Sec.; der zweite Abschnitt ist stärker, länger anhaltend und gleichmässig abklingend. Das graphische Bild ist in vollkommener Uebereinstimmung mit dem auscultatorischen Resultat, wodurch man den zweiten Pulmonalton als einigermassen gespalten kennen lernt<sup>1)</sup>.

Beim Abklingen des zweiten Pulmonaltones wird der Schall nicht nur schwächer, sondern die Schwingungen, aus welchen er zusammengesetzt ist, werden zugleich weniger frequent. Dieselbe Eigenschaft kommt den zweiten Aortentönen zu, bei welchen letzteren man beobachten kann, wie das Ende des Schalles oft aus einer langen Reihe von ziemlich schwachen und wenig frequenten Schwingungen besteht. Die Periode dieser Schwingungen beträgt 1 bis 1,5 mm = 0,02 bis 0,03 Sec. und stimmt also ungefähr mit der Periode des dritten Spitztones überein, wodurch ein neuer Grund für die oben gegebene Erklärung geliefert wird, dass der dritte Spitzton durch eine Schwingung der Aortenklappen hervorgerufen wird.

---

1) Die Curven, die man von deutlich verdoppelten zweiten Tönen erhält, so wie dieselben z. B. bei Patienten mit Mitralfehlern vorkommen, weisen oft eine viel längere Zeit von 0,01 bis 0,03 Sec. von fast vollkommener Ruhe zwischen den beiden Theilen des Doppeltönen auf.

Es fällt nicht schwer, die Ursache der Verringerung der Schwingungsfrequenz am Ende des zweiten Aortentones ausfindig zu machen. Dieselbe muss in der Verringerung des Blutdruckes liegen, die unmittelbar nach dem Beginn der Kammerdiastole in der Aorta auftritt. Die Spannungen der Aortenklappen und der Aortenwand nehmen dabei ab, und eine geringere Spannung dieser Theile muss die Periode ihrer Schwingungen vergrößern.

Jetzt fragen wir noch, warum der Schall des zweiten Aortentones continuirlich ist, während zwischen dem zweiten und dritten Spitzenton ein schallfreies Stadium existirt. Auch hierauf ist die Antwort nicht schwierig. Am Aortenostium werden sowohl die Schwingungen der Aortenwand wie diejenigen der Semilunarklappen wahrgenommen, während aller Wahrscheinlichkeit nach die erstgenannten Schwingungen nur mangelhaft zur Herzspitze fortgepflanzt werden. Die Schwingungen der Semilunarklappen erreichen die Herzspitze dahingegen ungestört. Zwar werden sie dort — wie auch bei Vergleichung der Fig. 1 und 2 mit Fig. 4 der Taf. I ersichtlich ist — schwächer sein als am Aortenostium, wo sie erzeugt werden, aber an der Herzspitze sind sie von den Schwingungen der Aortenwand getrennt, so dass wir im dritten Spitzenton die Nachschwingung der Aortenklappen rein beobachten können.

Obenstehende Betrachtungen bestätigen die schon erwähnte Vermuthung, dass der dritte Herzton, obgleich er bei manchem Individuum noch schwächer als bei *Wi* erklingen mag, doch als eine allgemein vorkommende Erscheinung betrachtet werden muss.

---

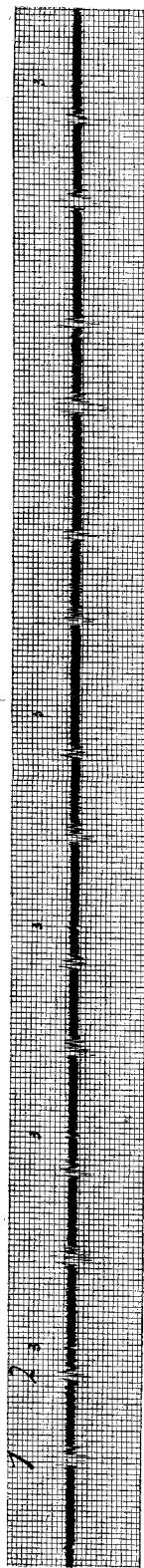


Fig. 1. Wt. Spitzentöne.

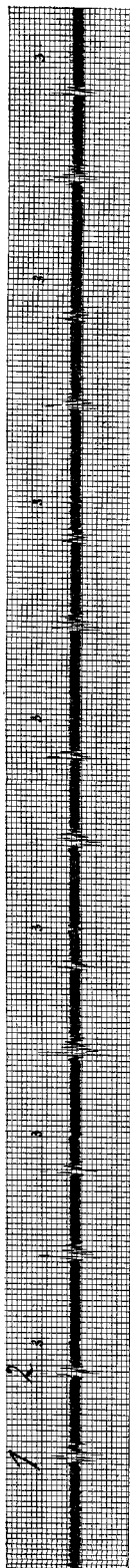


Fig. 2. Wt. Spitzentöne.

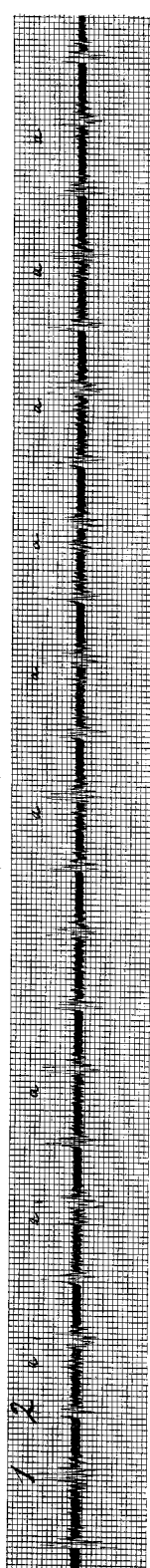


Fig. 3. Stenosis Mitralis. Spitzentöne.

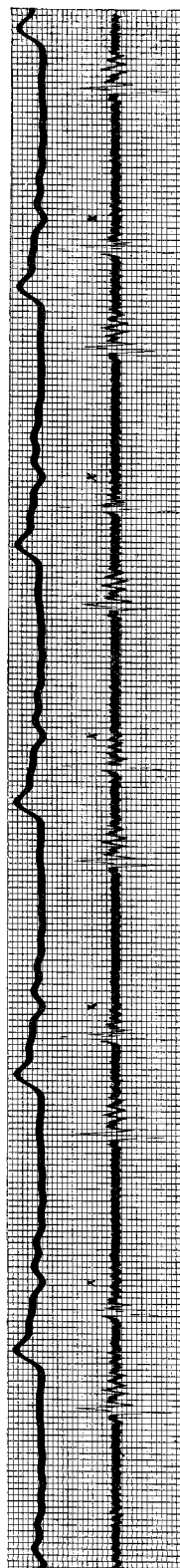


Fig. 4. Wt. Aortentöne.

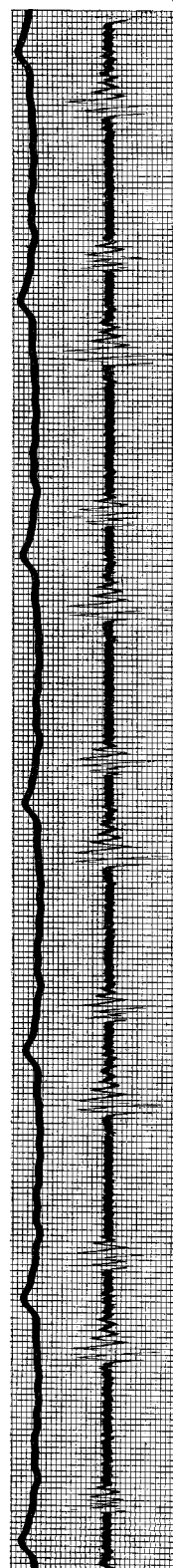


Fig. 5. Wt. Pulmonaltöne. (Herztöne. Absz. 1 mm = 0,02 Sek.)