

stelligen trigonometrischen Grössen kürze ich wiederum auf 2 Ziffern ab, so dass die Factorentabelle nur 1—2ziffrige Zahlen enthält. Komma's werden vermieden, indem alle Werthe mit 10 multiplicirt erscheinen. Die Multiplicationen wird ein practischer Rechner nicht mit Logarithmen, sondern mit Hülfe kleiner Täfelchen für die 9 vorkommenden trigonometrischen Factoren ausführen. Hat man eine Anzahl Analysen ausgeführt, so hat man selten neue Multiplicationen zu machen, da fast jeder vorkommende y -Werth sammt seinen 9 Producten schon früher vorgekommen sein wird, letztere also ohne Weiteres in die Factorentabelle übertragen werden können.

Eine vollständige Analyse sammt Messungen lässt sich bei dem angegebenen Verfahren in 2—3 Stunden durchführen.

(Experimentelle Untersuchung aus dem Laboratorium von Prof. Joh. Dogiel zu Kasan.)

Ueber die Entstehung des ersten Herztones.

Von

Dr. med. **A. Kasem-Bek,**
Privatdocent an der Universität zu Kasan.

Mit 3 Holzschnitten.

Ueber die Entstehungsursache des ersten Herztones liegen sowohl zahlreiche experimentelle Untersuchungen an Thieren, wie auch pathologisch-anatomische und klinische Beobachtungen an Kranken vor. Die Literatur der Frage zerfällt sonach in zwei Gruppen: 1) experimentelle Bearbeitung und 2) klinisches Material.

Gegenwärtig will ich nur auf die Literatur der ersten Gruppe eingehen, weil ich die der zweiten Gruppe in einer weiteren Arbeit, welche meine klinischen Beobachtungen und zwar nach Möglichkeit an solchen Herzkranken, bei denen die Erscheinungen bei Lebzeiten durch postmortale pathologisch-anatomische

Untersuchung controllirt werden konnten, bringen wird, näher zu besprechen hoffe. Zur Zeit genügt dieses Material allein nicht zur Entscheidung der Frage nach der Ursache des ersten Herztones. Williams¹⁾ war der erste, welcher an Thierversuchen zu beweisen suchte, dass der erste Herzton durch Contraction der Ventrikelmuskulatur zu Stande kommt. Um den Blutzufuss zum Herzen und somit auch den Verschluss der Atrioventrikularklappen zu verhindern, öffnete er die Brusthöhle, legte das Herz frei und drückte mit den Fingern die Vorhöfe an die Ventrikelöffnungen, oder aber übte mit dem durch einen Einschnitt im linken Vorhof in die Ventrikelhöhle geführten Finger einen Druck auf den rechten Ventrikel aus. Während der in beiden Fällen fortdauernden, starken Herzcontractionen war der erste Herzton, wenn auch nicht mehr so deutlich, so doch zu hören. Zerstörte er durch einen Einschnitt im linken Vorhof theilweise die linke Mitralklappe, so verschwand wohl der zweite Herzton, der erste jedoch blieb erhalten.

Aehnliche Versuche überzeugten Williams, dass der erste Herzton ausschliesslich von der Muskelcontraction abhängt und dass die Anwesenheit des Blutes im Herzen nur die Tonstärke beeinflusst, weil im blutleeren Herzen der erste Ton nicht so laut ist wie unter entgegengesetzten Verhältnissen. Er glaubt, dass im letzteren Falle der Herzmuskel bei seiner Zusammenziehung einen grössern Widerstand zu überwinden hat, welchen die den Rückfluss des Blutes verhindernden Klappen noch vermehren.

In der Folge wurde der Antheil der Muskelcontraction an der Bildung den ersten Herztones auch vom gelehrten Comité der wissenschaftlichen Societät von Grossbritannien und von der gelehrten Gesellschaft zu Philadelphia anerkannt. Für's erste genügten die durch genannte gelehrten Gesellschaften bestätigten Versuche von Williams, um seiner Lehre gegenüber der von Rouannais, nach welcher der Herzton ausschliesslich durch Spannung der zwei- und dreizipfeligen Klappen entstehen sollte, Geltung zu verschaffen. Aber schon 25 Jahre später wurde ihre Richtigkeit durch die experimentellen Untersuchungen von Hell-

1) Die Pathologie und Diagnose der Krankheiten der Brust. Uebers. von Velten. 2. Aufl. 1838.

ford und Füller¹⁾ stark angezweifelt. Hellford hemmte den Blutzufluss zum Herzen durch Compression der Hohl- und Lungenvenen, wonach trotz der fortdauernden starken Herzcontractionen beide Herztöne verschwanden. Aus diesem Grunde sieht er die Ursache des ersten Herztones in der Klappenspannung an den venösen Oeffnungen. Ungeachtet dessen traten wieder für die Muskeltheorie der Entstehung des ersten Herztones, 1868, Joh. Dogiel und C. Ludwig²⁾ ein. Sie vervollkommneten wesentlich die Untersuchungsmethode von Williams, indem sie darauf achteten, dass 1) solche Versuche nicht fehlen, in welchen das Herz weniger Blut enthält, als zur Anspannung der Klappen nöthig ist, 2) keine Luft während der Contractionen in die Herzhöhlen tritt und 3) der schalleitende Apparat so angebracht wurde, dass die Herzcontractionen kein Geräusch verursachen konnten. Zu diesem Zweck verfahren sie folgendermaassen:

Beim curaresirten Hunde wurde die Brusthöhle geöffnet und nacheinander die obere und untere Hohlvene, die Lungenvenen und schliesslich die Aorta unterbunden. Hierauf wurde das Herz ausgeschnitten und in einen mit defibrinirtem Blut gefüllten Kolbenabschnitt gebracht, dessen verjüngtes Ende mit einer elastischen Membran geschlossen und mit dem Kautschukrohr des Königschen Stethoskops verbunden war. Unter solchen Bedingungen contrahirte sich das Herz entweder normal und stark oder aber peristaltisch. Im ersten Falle vernahm man einen Ton, im letzteren ein unbestimmtes Geräusch. Diesen Befund konnten die Herren Funke, Schweiger-Seidel und Prof. Thomas bestätigen. Bei zwei gelungenen Versuchen hörte letzterer der Systole synchronische, kurze und scharf abgebrochene Töne, welche sich von normalen Tönen nur durch ihre Kürze und geringere Intensität unterschieden. In einer zweiten Versuchsreihe legten sie an alle aus dem Herzen und in das Herz tretende Gefässe in der Brusthöhle solche Ligaturen, welche leicht zu lösen und wieder zuzubinden waren, so dass ein Versuch mehrmals wiederholt werden konnte. Beim Aushorchen kam das Stethoskop unmittelbar

1) Füller, Krankheiten des Herzens. Uebersetzt von Schaltzen. Berlin 1864.

2) Joh. Dogiel u. C. Ludwig, Ein neuer Versuch über den ersten Herzton. Arbeiten aus der physiol. Anstalt zu Leipzig. 1868.

auf die Ventrikeloberfläche zu liegen. Hierbei waren stets zwei Töne hörbar: der eine rührte vom Schlage des Herzens an das Hörrohr her, denn er wechselte mit dem Wechsel des Stethoskops aus einem anderen Material, der andere aber blieb sich immer gleich und hatte die Contraction der Muskelbündel zur Ursache. Somit bewiesen Dogiel und Ludwig, dass das Muskelgeräusch den wesentlichsten Antheil an der Bildung des ersten Herztones hat; denn ungeachtet dessen, dass die einzelnen Herzcontractionen keinen Ton erzeugen können, ist es nach diesen Forschern doch möglich, dass das System der vielverzweigten Muskelbündel im Herzen bei plötzlicher Zusammenziehung einen Ton oder ein Geräusch giebt.

Schon ein Jahr später veröffentlichte Guttman¹⁾ seine gemeinschaftlich mit Prof. Rosenthal ausgeführten Versuche über die Entstehung des ersten Herztones. Sie wiederholten zwei Versuche am blutleeren Herzen nach Dogiel und Ludwig und kamen zum Resultat, dass der auch hier vernehmbare Ton im Vergleich zum normalen dumpf und klanglos sei. Guttman glaubt, dass in solchen Fällen der erste Herzton durch die, wenn auch schwache Klappenspannung in Folge der Contraction der Papillarmuskeln zu Stande kommt. Hierzu würden ja schon solche Contractionen der Papillarmuskeln genügen, durch welche die Klappen nur in Schwingung und nicht zum Schluss geriethen. Nichtsdestoweniger giebt Guttman schliesslich doch zu, dass der erste Herzton ein gemischter ist und in erster Linie durch die Klappenspannung in zweiter aber durch die Muskelcontraction entsteht. Bald hierauf erschien die Arbeit von Bayer²⁾, welche beweist, dass die Klappenspannung nicht den ersten Herzton erzeugen kann. Zu diesem Zwecke hat er im Laboratorium von Prof. Ludwig eine Reihe von Versuchen an Herzklappen von Hunden, Schafen, Schweinen und Menschen ausgeführt. Das Herz kam in ein ebensolches Gefäss wie in dem ersten Ludwig'schen Versuche, in die Aorta wurde ein fast meterlanges Glasrohr eingebunden, in die Ventrikelhöhle durch die Herzspitze ein metalli-

1) Ueber die Entstehung des ersten Herztones. Virchow's Archiv 1869, Heft 2, pag. 223.

2) Weitere Beiträge zur Frage über die Entstehung des ersten Herztones. Archiv für Heilkunde 1870, Heft 2, pag. 157.

scher Trichter, von welchem ein mit einem Hahn versehenes Kautschukrohr zu einem Wasserreservoir ging, damit man vermittelst eines Wasserstrahls Verschluss und Erschütterung der Klappen bewirken konnte. Zuerst wurde das Reservoir soweit gehoben, dass die Klappen sich schlossen, hierauf der Hahn geschlossen und dann das Reservoir etwa 2 Meter hoch gehoben, worauf der Hahn schnell geöffnet wurde, um durch den Wasserstoss eine Erschütterung der schon geschlossenen Klappen zu erhalten. Im Moment der Klappenerschütterung hörte man einen besonderen specifischen Ton, der im Vergleich zum gewöhnlichen ersten Herzton kürzer, dumpfer und höher war. Veränderte Bayer die Höhe der Wassersäule, so wurde dieser Ton wohl schwächer, behielt aber seine übrigen Eigenschaften bei. Weil nun dieser künstlich erhaltene Ton sich stark vom normalen Herzton unterscheidet, und auf Grundlage seiner klinischen und pathologisch-anatomischen Beobachtungen, schliesst Bayer, dass der erste Herzton ein Muskelton ist.

Hiermit war jedoch der Streit um die Entstehung des ersten Herztones noch nicht beendet. In der 1873 erschienenen Dissertation von Dr. Ostroumoff¹⁾ wird die Muskeltheorie des ersten Herztones stark angegriffen. Dieser Autor verwirft ganz die Theilnahme der Muskelcontraction an der Bildung des ersten Herztones und stützt sich hierbei sowohl auf die Literaturangaben (hauptsächlich), wie auch auf eigene Versuche an Thieren. Den Versuchen von Dogiel und Ludwig legt er keine besondere Bedeutung bei, weil das Herz dabei nicht vollkommen blutleer gemacht werden könne, wenigstens gelang ihm das niemals. Er schlägt hierzu eine von ihm erprobte Methode vor. Um das Herz ohne Eröffnung der Brusthöhle blutleer zu machen, spritzte Ostroumoff grossen und starken Hunden eine Lösung von 3—4 Gran Morphinum in die Vene, führte hierauf durch die obere Hohlvene in den rechten Herzventrikel einen mit einem Kautschukballon am Ende versehenen Catheter und füllte diesen Ballon alsdann mit Wasser. Letzteren vermochte er stets so zu füllen, dass dasselbe den rechten Ventrikel vollständig ausfüllte oder aber die Atrioventrikularöffnung verschloss, wovon er sich jedesmal

1) Ueber die Entstehung des ersten Herztones. Moskau 1873. Dissertation in russischer Sprache.

nach dem Versuch durch Eröffnung des Herzens überzeugen konnte. Um über die Blutmenge im Herzen stets orientirt zu sein, war die Carotis mit dem Ludwig'schen Kymographion verbunden. Auf diese Weise wird noch Ostroumoff der Durchlauf des Blutes durch das rechte Herz vollständig gehemmt. Die Auscultation des Herzens geschah wie gewöhnlich an der Stelle des Spitzenstosses. Bei dieser Versuchsanordnung bemerkte er folgendes: mit dem Anfüllen des Ballons wurden die Herztöne schwächer, darauf verschwindet der zweite Ton, während der erste sehr schwach, oder durch ein Geräusch ersetzt wird, und, verschwand schliesslich der Blutdruck, so konnte er gar keine Töne oder Geräusche wahrnehmen; $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ Minute darauf stellten sich aber die Töne wieder ein und zwar zuerst ein äusserst schwacher erster und dann auch der zweite. Ostroumoff behauptet, dass er bei solchen Versuchen das Herz, wenn auch auf eine kurze Zeit, vollkommen blutleer machen konnte, was die Abnahme des Blutdruckes und das Verschwinden des zweiten Tones beweisen, dabei blieben die Herzcontractionen regelmässig und auch in ihrer Stärke unverändert. Durch diese Versuche glaubt Ostroumoff sich berechtigt anzunehmen, dass die Muskelcontraction (bei blutleeren Herzen) keinen Schall, der durch die Brustwandung hindurch hörbar wäre, erzeugt. Die sich wieder einstellenden Töne (während doch kein Blut in den rechten Ventrikel sich ergiessen konnte), erklärt er durch die Entleerung der Lungenvenen in den linken Ventrikel, was an einer geringen Hebung des Blutdrucks und auch durch die nachherige Eröffnung des Herzens erkannt wurde. Der linke Ventrikel enthält in diesen Versuchen stets Blut, weshalb Ostroumoff annimmt, dass diese Blutmenge genügte, um die zweizipfelige Klappe anzuspannen, folglich auch den ersten Ton erzeugen konnte, war sie doch im Stande die Semilunarklappen anzuspannen. Machte Ostroumoff das Herz nach der Methode von Dogiel und Ludwig blutleer, so konnte er keimnal, wenn auch momentanes, Verschwinden der Herztöne constatiren.

In einer anderen Reihe von Versuchen zeigte Ostroumoff unmittelbar die Ventrikelmuskulatur mittels Electricität und konnte sich ebenfalls von einer Abhängigkeit des ersten Herztönes von Muskelcontractionen nicht überzeugen.

Endlich müssen wir noch die Experimente von Wintrich¹⁾ anführen, welcher durch besonders construirte Resonatoren den Ton in Folge der Contraction der Ventrikelmuskulatur vom Klappen- und Sehnenfadenton unterscheiden konnte: der Klappenton war hierbei hoch und kurz, während der Muskelton sich als tief und andauernd erwies.

Diese kurze Literaturübersicht zeigt uns, wie alle Forscher, mit Ausnahme von Ostroumoff, mehr oder weniger mit Williams, Dogiel und Ludwig darin übereinstimmen, dass die Muskelcontraction einen wesentlichen Antheil an der Entstehung des ersten Herztones haben. Die Gegner der Muskeltheorie machen den Vertheidigern derselben hauptsächlich zwei Einwendungen: 1) soll es niemals gelungen sein das Herz blutleer zu machen²⁾, weshalb auch die Möglichkeit der Klappenspannung nicht ausgeschlossen war, und 2) sollen die Muskelbündel der Ventrikel nicht im Stande sein, Töne zu erzeugen, weil die Herzcontractionen nicht tetanisch, sondern einzeln sind (Marey); habe doch Helmholtz nachgewiesen, dass nur tetanische Muskelcontractionen einen Ton erzeugen. Auf die letztere Einwendung haben Dogiel und Ludwig ganz richtig bemerkt, dass die Muskelbündel der Ventrikel so mannigfaltig untereinander verflochten sind, bei einer plötzlichen Anspannung also wohl ein Ton oder ein Geräusch entstehen könnte. Was die erste Einwendung anbetrifft, so hat sie keine erhebliche Bedeutung, weil während der Dogiel-Ludwigschen Versuche oft genug der erste Ton erhalten, der zweite aber verschwunden war, folglich die Blutmenge im Herzen nicht zur Anspannung der Klappen genügte, weil sonst der zweite Ton zu hören gewesen wäre. Ich glaube ferner, dass den Versuchen mit unmittelbarer electricischer Reizung des Herzmuskels von Einbrodt und später von Ostroumoff³⁾ ebenfalls keine besondere Bedeutung beigelegt werden kann. Beide geben an, dass während der Abnahme des Blutdrucks und des Unregelmässigwerdens der Herzcontractionen die Töne verschwanden. Ostroumoff erklärt das dadurch, dass bei unrhythmischen Contractionen die Herzklappen

1) Jahresberichte über die Fortschritte der Anat. und Physiol. 1875.

2) In den Versuchen von Dogiel und Ludwig war im Ventrikel 4—20 mal weniger als unter normalen Verhältnissen Blut vorhanden.

3) l. c.

nicht angespannt würden, folglich auch keinen Ton erzeugen können. Wir müssen aber die Resultate dieser Versuche ganz anders deuten: während rhythmischer und kräftiger Herzcontractionen hörte man das mit der Systole synchronische Muskelgeräusch, weil hier die Geräusche der einzelnen sich contrahirenden Muskelbündel sich summiren, sinkt jedoch die Herzthätigkeit, bleibt aber dabei rhythmisch, so erhalten wir nur eine Schwächung des ersten Tones, wird dieselbe dabei aber peristaltisch, so geben die einzelnen sich contrahirenden Muskelbündel zwar Geräusche, diese aber sind ihrer zu geringen Intensität wegen mit dem Ohre schon nicht mehr wahrnehmbar. Eine Bestätigung dieser Angabe werden wir weiter unten bei der Beschreibung unserer Versuche finden.

Bei der Wiederholung der Versuche von Dogiel und Ludwig bemühte ich mich, eingedenk der von den Gegnern der Muskeltheorie gemachten Einwendungen, die Mängel der Untersuchungsmethode zu beseitigen. In der Ostroumoff'sche Methode kann ich keine Vorzüge vor der Dogiel-Ludwig'schen erblicken, ja, in der Literatur ist sogar darauf hingewiesen¹⁾, dass der im Vorhof befindliche Ballon, nachdem er aufgeblasen worden, systolische und diastolische Geräusche erzeugt, welche sogar das Aushorchen der Athmungsgeräusche erschweren. Gleich Dogiel und Ludwig experimentirte ich an ausgeschnittenen und an in loco befindlichen Herzen. Zuerst will ich die Versuche an ausgeschnittenen Herzen beschreiben.

Vollkommen gesunde, 8—15 Kilo schwere Hunde wurden zuerst tracheotomirt, dann ihnen in die V. saphena 0,004—0,008 Curare pro Kilo injicirt und 20—30 Minuten nach der Einverleibung des Curare ihre Brusthöhle eröffnet, indem man beiderseits die Rippenknorpel entfernte. War das Herz 10—15' der Zimmerluft (+ 16°—18° R.) ausgesetzt gewesen, so wurde es schnell aus der Brusthöhle entfernt, ohne vorheriges Unterbinden der ein- und austretenden Gefässe. Damit das in den Ventrikeln befindliche Blut besser auslaufen konnte, liess ich das Herz einige Secunden lang auf der linken Hand liegen und drückte es leicht, indem ich es mit der Spitze etwas nach oben hielt. Hierauf brachte

1) Professor Wotofftschikoff, Handbuch der klinischen Untersuchungsmethoden bei inneren Krankheiten. Physikal. Diagnostik 1884, pag. 335 (in russischer Sprache).

ich das Herz in den von Dogiel und Ludwig beschriebenen Apparat. Der Kolben wurde entweder mit defibrinirtem Blut oder einer physiologischen Kochsalzlösung (0,75 %) gefüllt. Dabei wurden nur die Ventrikel in die auf $+ 38^{\circ}$ — $38,5^{\circ}$ C. erwärmte Flüssigkeit eingetaucht, damit letztere nicht in die Herzhöhlen treten und die Klappen anspannen konnte. Um die Klappenanspannung vollends unmöglich zu machen, weil nach Guttman auch in blutleeren Herzen die Klappen gespannt werden können, entfernte ich einen Theil der Vorhofwandung und führte durch beide Atrioventricularöffnungen Ohrenspiegel aus Guttapercha mit der trichterförmigen Erweiterung nach oben d. h. ausserhalb und dem entgegengesetzten Ende innerhalb der Ventrikel (s. Fig. 1). Damit die Ohren-

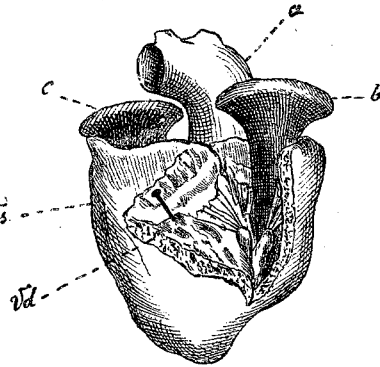


Fig. 1.

einer Torsionspincette an den austretenden arteriellen Gefässen fixirte. In anderen Fällen wurde die in den Vorhof führende Venenöffnung durch einen Einschnitt vergrössert und nun der Ohrenspiegel in den Ventrikel geführt, wobei dann das trichterförmige Ende im Vorhof zu liegen kam, dessen Oberwand das Herauswerfen des Instruments bei Ventrikelcontractionen verhinderte. Bei solcher Versuchsanordnung war eine Klappenanspannung undenkbar. Dass kein Blut in den Ventrikeln vorhanden war, überzeugte ich mich nach jedem Versuch.

Auscultirte ich unter angegebenen Bedingungen das Herz, so hörte ich bei noch kräftigen und rhythmischen Herzcontractionen einen lauten, anhaltenden Ton, der sich wenig von dem bei demselben Hund vor dem an der Stelle des Spitzenstosses gehörten unterschied, nur war der Ton am ausgeschnittenen Herzen lauter. Letzterer Unterschied ist wohl dadurch zu erklären, dass der Ton des ausgeschnittenen Herzens durch das König'sche Stethoskop, das den Schall verstärkt, ausgehört wurde. Die Höhe des Tones

veränderte sich nicht, gleichviel, ob sich im Herzen der Ohrenspiegel befand oder nicht.

Bei einem Versuche kam folgende interessante Erscheinung zur Beobachtung: gleich nachdem das Herz mit dem in ihm befindlichen Ohrenspiegel in den Kolben gebracht worden war, hörte man zwei schnell auf einander folgende Töne, wonach eine längere Pause eintrat, worauf schon ein einziger, nach regelmässigen Zwischenpausen sich wiederholender Ton hörbar war. Verfolgte man beim Aushorchen das Herz zugleich mit den Augen, so sah man wie die Tonverdoppelung zu Stande kam: die Herzventrikel contrahirten sich nicht gleichzeitig. Die Entstehung des mit der Ventrikelsystole synchronischen Tones bei so eben beschriebener Versuchsanordnung, bei welcher eine Klappenspannung ausgeschlossen war, kann nicht anders, als durch Muskelcontraction erklärt werden. Bei dem im Kolben befindlichen Herzen ist der Ton nur so lange zu hören, als die Ventrikelcontractionen energisch vor sich gehen; werden letztere schwächer, so wird der Ton ebenfalls weniger laut. Contrahirt sich das Herz ganz schwach rhythmisch oder gar peristaltisch, so ist kein Ton mehr hörbar, weil, wie ich schon hingewiesen, die Contraction der einzelnen Muskelbündel so schwache Töne produciren können, dass sie von unserem Ohr nicht mehr wahrnehmbar sind.

Eine zweite Versuchsreihe, wobei das Herz in loco blutleer gemacht wurde, gab ähnliche Resultate. Da die Gegner der Muskeltheorie des ersten Herztones darauf hingewiesen haben, dass beim Unterbinden der ein- und austretenden Gefässe aus dem Herzen das letztere nicht vollkommen blutleer gemacht werden kann, und auch unbestimmt bleibt, wie viel Blut jedesmal im Herzen verbleibt, so konnte ich die Methode von Dogiel und Ludwig nicht in Anwendung bringen. Weiter musste ich das unmittelbare Aushorchen des Herzens, wobei das Stethoskop an die Ventrikeloberfläche gelegt wird, vermeiden, weil hier wirklich nicht festzustellen ist, ob der Ton durch Muskelcontraction oder durch das Schlagen des Herzens an das Stethoskop entsteht.

Obige Uebelstände vermeidet man bei folgendem Verfahren: curaresirten Hunden wurden rechts einige Rippen an der Vereinigungsstelle des Rippenknochen mit dem Knorpel durchschnitten, so dass der Daumen und Zeigefinger in die Brusthöhle eingeführt werden kann. Hierauf öffnet man das Pericardium und führt

den Zeigefinger hinter die Aorta und die Lungenarterie, den Daumen aber an die Atrioventrikulargrenze. Soll der Blutzufuss zu den Ventrikeln aufgehoben werden, drückt man nur die Finger aneinander. Den Grad der Hemmung des Blutzufusses zeigt der Stand des Blutdruckes, gemessen vermittle des mit der Carotis verbundenen Ludwig'schen Kymographen. Während das Herz an der Atrioventriculargrenze zusammengedrückt und der Blutdruck an der rotirenden Trommel verzeichnet wurde, auscultirte ich das Herz, wie gewöhnlich, an der Stelle des Spitzenstosses, links am Thorax mittels eines hohlen Stethoskops (Fig. 2—3). Die Rippenknorpel entfernte ich nicht beiderseits deshalb,

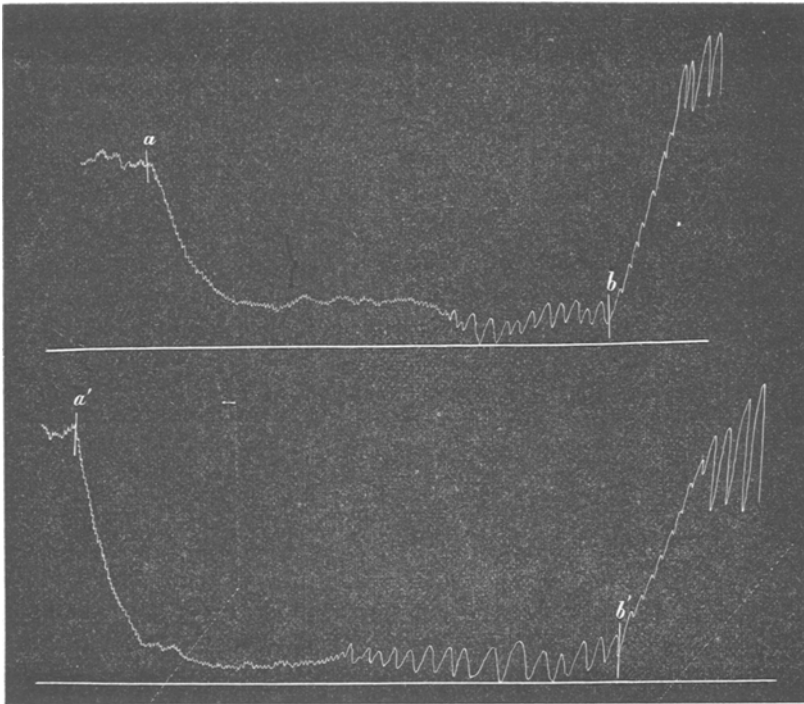


Fig. 2.

Fig. 3.

weil 1) die Operationswunde kleiner ist und 2) bei geringerer Verletzung der Brustwanderung die Herzöne viel lauter sind. Letzterer Umstand wird durch folgenden Versuch klar: wird das Herz an der üblichen Stelle beim eröffneten Thorax auscultirt, so findet man, dass die Töne schwächer geworden sind, bedeckt man aber mit einer Gummiplatte den Defect, so sind die Herzöne

ebenso laut wie beim uneröffneten Thorax. Dasselbe konnte beobachtet werden, wenn das entfernte Sternum wieder an seinen Ort gelegt wurde. Nach dem Gesagten muss man die Brusthöhle als einen Resonator für die Herztöne ansehen.

Unter den soeben angegebenen Bedingungen ergab die Auscultation folgendes Resultat: wird der Vorhof zusammengedrückt, so sind noch während einiger Herzschläge beide Töne zu hören, dann verschwindet der zweite Ton und bleibt nur der erste noch erhalten, wird aber weniger laut als vorhin. Der zweite Ton verschwindet, bevor der Blutdruck noch die Abcissenlinie erreicht hat (in einigen Versuchen betrug der Blutdruck noch c. 20 mm Hg.). Hieraus ergibt es sich dass die Blutmenge nicht mehr genügte, um die Semilunarklappen zu schliessen, folglich konnte sie auch nicht mehr die Atrioventrikularklappen ausspannen, somit entstand der mit Ventrikelsystole zusammenfallende, an der Stelle des Spitzenstosses hörbare Ton durch die Contraction der Ventrikelmuskulatur. Zur besseren Erläuterung möge hier ein Versuchsprotokoll Platz finden.

Versuch am 18. I/13. 89. Hündin von 7,5 Kilo Gewicht. Tracheotomie; durch die V. saphena 0,040 Curare; Art. carotis sin. mit dem Manometer verbunden. 15 Minuten später rechts 5 Rippen durchschnitten. Ein Vergleich der Herztöne vor und nachdem die Rippen durchschnitten waren, ergab, dass dieselben schwächer geworden waren.

		Maxim.-Blut- druck in Hg mm	Zahl der Herz- contract. in 15"	
12h —' —"	Das Thier erhielt 0,040 Curare.			
12h 35'		64—40	47	
— 30'		80	49	
— 31'	Erste Digitalcompression der Vorhöfe.			
Nach 15"		20	37	Der zweite Herzton verschwand; der erste schwächer als vorhin.
30"		20	30	Nur der erste Ton vorhanden.

		Maxim.-Blut- druck in Hg mm	Zahl der Herz- contract. in 15"	
47"		12	13	Die Herzcontractionen noch kräftig; die nicht verdoppelten Curvenpulswellen = 4 mm; vor der Compression der Vorhöfe = 1 mm.
12 h 31' 30"	Die Vorhöfe wieder freigelassen. In 2" stieg der Blutdruck bis auf			
Nach 15"		120		
30"		116	27	Der erste Ton sehr laut die Herzaction sehr stark.
12 h 33'		102		
	Zweite Digitalcompression der Vorhöfe.			
Nach 15"		20	41	Der zweite Ton verschwunden; der erste vorhanden.
30"		max. 16 min. 2	28	Der zweite Ton verschwunden; der erste schwach.
45"		max. 16 min. 2	8	Der Blutdruck 15" lang sehr niedrig; die Curve berührt beinahe die Abscisse (2 mm Hg); die Herzcontractionen genügend stark; die nicht verdoppelten Pulswellen an der Curve = 7 mm.
12 h 34' 30"	Die Vorhöfe wieder freigelassen.			
Nach 15"		132	12	Die Herzcontractionen sehr stark; die nicht verdoppelten Pulswellen an der Curve = 37 mm; der erste Ton sehr laut; der zweite Ton tritt nach 2 sehr starken Herzcontractionen wieder auf.

Die Vorhöfe wurden mit gleichem Resultat noch viermal zusammengepresst. Das Herz schlägt unter solchen Bedingungen ca. 25 Minuten lang. Diese Zeit hängt davon ab, wie lange das Herz jedesmal blutleer blieb. Wird der Blutzufluss nur 15" lang gehemmt, was für unsere Zwecke vollkommen genügt, weil der Blutdruck dabei bis auf 20 mm Hg und noch tiefer sinkt, so kann man den Versuch wenigstens 8—10 mal wiederholen. Alle derartigen Versuche (10) gelangen vollkommen und gaben gleiches Resultat: mit der Hemmung des Blutzuflusses zu den Ventrikeln

verschwand der zweite Ton, der erste blieb erhalten, wurde aber schwächer, als er vorhin gewesen war. Wurde das Herz hierauf wieder freigelassen, so wurde auch der erste Ton viel lauter, und die Intensitätszunahme fiel mit der erhöhten Herzthätigkeit zusammen. Sinkt der Blutdruck beinahe bis zur Abscisse (2 mm Hg), so wird wohl die in den Ventrikeln vorhandene Blutmenge sehr gering und gar nicht im Stande sein die Atrioventricularklappen anzuspannen. In dieser Voraussetzung werden wir noch dadurch bestärkt, dass wir den zweiten Ton schon bei 20 mm Hg verschwinden sehen.

Um über die Blutmenge, welche hierbei doch in den Ventrikeln verbleibt, sich vollkommen Aufschluss zu verschaffen, wurde das Versuchsthier so operirt, dass rechts das Sternum nebst einem grossen Theil der Rippenknorpeln entfernt wurde, während links, damit das Herz durch die Brustwandung hindurch auscultirt werden konnte, alles intact blieb. Hierauf wurde die Digitalcompression durch das Anlegen einer dicken Ligatur an der Atrioventriculargrenze ersetzt. Hatte sich das Herz nun noch einige Mal contrahirt, so wurden die austretenden arter. Gefässe ebenfalls in eine Ligatur gefasst. Die Herztöne und der Blutdruck wurden in demselben Sinne, wie in vorhergehenden Versuchen, abgeändert. Hierauf wurde das Herz ausgeschnitten und über einem graduirten Cylinder seine Ventrikel vorsichtig geöffnet. Es ergab sich, dass in einem Versuch beide Ventrikel nur 5 ccm, in einem andern aber nur 10 ccm Blut enthielten.

Wir sehen also, dass der erste Ton auch im blutleeren Herzen, wenn auch schwächer, so doch zu hören ist, während der zweite, welcher nur dem Klappenverschluss seine Entstehung verdankt, verschwindet. Wir kommen also zum Schluss, dass der erste Ton ausschliesslich bei der Contraction der Ventrikelmuskulatur entsteht. Der Ton, welcher beim Auscultiren des blutleeren Herzens gehört wird, ist im Vergleich zu dem unter normalen Verhältnissen entstehenden nur weniger laut; ich konnte wenigstens keine Veränderung in seiner Höhe wahrnehmen, obwohl das nach dem Wintrich'schen Versuche zu erwarten war. Dieser Umstand bekräftigt mich noch mehr in der Meinung, dass der erste Herzton ein Muskelton ist. Wenn die Herzklappen, wie alle elastischen Membranen, auch beim Uebergang aus erschlafftem Zustande in den gespannten, einen Ton erzeugen können, so muss doch dieser

Ton sehr schwach sein, widrigenfalls wäre die Höhe des Tones am blutleeren Herzen, oder in Fällen, wo die Klappenspannung unmöglich gemacht ist, eine andere.

Weshalb nimmt aber die Intensität des ersten Tones im blutleeren Herzen ab? Mir dünkt, dass die Herzcontractionen in solchem Falle nicht so kräftig sein können, wie unter normalen Verhältnissen, wo das Blut in demselben Sinne wie einfache Dehnung auf die Contraction des quergestreiften Muskels wirkt: der Muskel zieht sich kräftiger zusammen, wenn wir ihn bis zu einem gewissen Grade ausdehnen. Dieser Umstand muss unbedingt die Intensität des Muskeltons erhöhen, weil ja die Schwingungsamplitude des tönenden Körpers vergrößert wird. Ganz entgegengesetzt wirkt die Ausdehnung des Herzmuskels ad maximum, z. B. wenn wir die Aorte und Lungenarterie zudrücken. Unter solchen Verhältnissen sah ich, wie der erste Ton mit der stärkeren Anfüllung des Herzens immer schwächer wurde, und zwar parallel der Abnahme der Herzthätigkeit. Wurden die Herzcontractionen peristaltisch, so erlosch der erste Ton gänzlich. Aus diesem Grunde sehe ich in den kraftlosen Contractionen des blutleeren Herzens die Ursache des Schwächerwerdens des ersten Tones.

Somit muss ich auf Grund meiner Versuche am blutleeren Herzen den ersten Herzton nur für einen Muskelton ansehen. Ich kann unmöglich Guttman¹⁾ beistimmen, dass die Schwingungen der Sehnenfäden und Klappen im blutleeren Herzen einen so lauten Ton erzeugen können, wie wir ihn im Dogiel-Ludwig'schen Apparate zu hören bekommen. Selbstverständlich halte ich es für unmöglich, dass unter normalen Verhältnissen der erste Herzton nur durch Spannung und Schwingungen der Klappen entstehen kann, weil in solchem Falle der erste Ton am blutleeren Herzen mit verhiertem Klappenverschluss entweder gänzlich in Wegfall käme oder wenigstens in seiner Höhe eine Veränderung erfahren müsste. Da in meinen Versuchen weder dies noch jenes eintrat, so kann ich auch der Spannung und den Schwingungen der Atrio-ventricularklappen und ihrer Sehnenfäden eine Hauptrolle bei der Entstehung des ersten Herztones auch unter normalen Verhältnissen nicht zuschreiben.

1) L. c.

Zum Schluss muss ich erwähnen, dass Dr. Krehl vor kurzem (im Archiv f. Physiologie, physiologische Abth. H. 3. 4. p. 253. 1889) eine Arbeit „Ueber den Herzmuskelton“ veröffentlicht hat. Diese Arbeit ist um so interessanter, weil Dr. Krehl zu demselben Resultate wie ich gelangt ist, obwohl unsere Untersuchungsmethoden verschieden waren.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Herz vom Hunde. Der rechte Ventrikel geöffnet. *a* = Aorta; *b, c* = Ohrenspiegel; *Vs.* = Ventriculus sinister; *Vd.* = Ventriculus dexter.

Fig. 2 u. 3. *a, a'* = Anfang der Digitalcompression der Vorhöfe. *b, b'* = Einstellung der Vorhofcompression.

Zur Lehre über die physiologische Wirkung des Curare.

Von

Wl. Nikolski und Joh. Dogiel.

Hierzu Tafel IV—VI und 4 Holzschnitte.

Höchst belehrend sind nicht allein die Untersuchungen über die Geburt, allmähliche Reifung, Zustand der Vollkraft, das Verwelken und die Wiedergeburt des körperlichen Lebens vom Menschen, sondern auch die seines Geisteslebens — seines Wissens. Jedes Wissen entsteht ebenfalls, wächst allmählich heran, erreicht seine Reife und unterliegt verschiedenen Veränderungen. Dank dieser Labilität des Geisteslebens unterliegen wissenschaftliche Erregenschaften solchen Veränderungen, dass sie denjenigen, welche ihre historische Entwicklung unbeachtet liessen, mit der Zeit ganz unkenntlich werden.

Eine neue Untersuchungsmethode, ein neues Instrument er-