

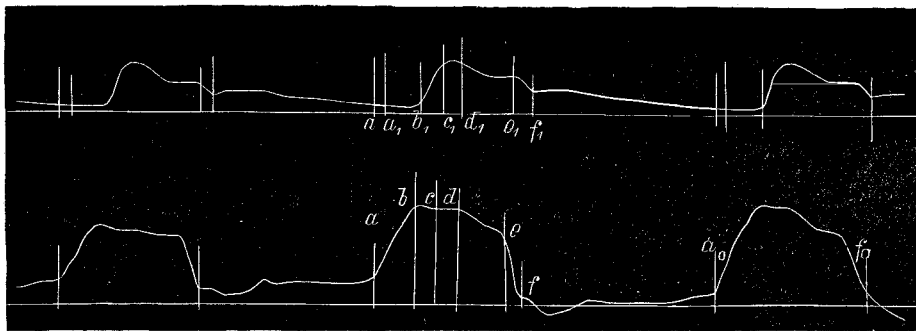
## IX. Einige neuere Arbeiten, betreffend die Physiologie der Herzthätigkeit und des Kreislaufs.

Zusammengestellt von P. Grützner, Tübingen.

Eine den praktischen Arzt wie den Physiologen in gleichem Maasse interessierende Erscheinung des thätigen Herzens ist die durch dasselbe erzeugte Erschütterung einer mehr oder weniger grossen Stelle in der Nähe der linken Brustwarze, der sogenannte Herzstoss. Während der tastende Finger daselbst nur eine einzige Erhebung wahrnehmen kann, zeigen genau registrierende Apparate, dass neben und in dieser scheinbar einzigen, schnellen Bewegung des fünften Intercostrarum noch andere kleinere Bewegungen enthalten sind. Alle diese Bewegungen zusammengekommen und auf gleichmässig bewegter Trommel verzeichnet, stellen das sogenannte Cardiogramm dar, welches von den verschiedensten Forschern, ich nenne nur Marey und Landois, wiederholt gezeichnet und zu erklären versucht wurde.

Das Cardiogramm des Menschen und grösserer Thiere (Pferde, Hunde) stellt im wesentlichen einen jäh ansteigenden Berg dar, auf dessen Höhe einige kleine Erhebungen zu sehen sind. Die erste dieser Erhebungen ist oft höher als alle übrigen. Der Abstieg erfolgt in der Regel nicht so steil und in Absätzen, während der Anstieg ohne Absätze sich vollzieht. Indem ich betreffs der mannichfachen Verschiedenheiten der Cardiogramme auf die verschiedenen diesbezüglichen Arbeiten (siehe unter anderem Marey, *Circulation* 1881, p. 152) verweise, lasse ich hier die Abbildung eines Cardiogramms (untere Curve) und des dazu gehörigen Sphygmogramms der Carotis (obere Curve) folgen, welche der Arbeit von Edgren entlehnt sind. Von a bis b (siehe Figur 1, untere Curve) geht der jähle Anstieg; b, c, d, e bezeichnen die kleinen Berge auf dem „systolischen Plateau“, und von e stürzt der Berg jäh (in diesem Falle steiler als er angestiegen ist) abwärts, zunächst bis f. Dann folgt die längere Diastole von e beziehungsweise f bis zur nächsten steilen Erhebung, und in a<sub>0</sub> beginnt wieder, bis f<sub>0</sub> reichend (wenn man die Curve in entsprechender Weise bezeichneter), die Systole (Systole also = af, Diastole = fa<sub>0</sub>).

Figur 1.

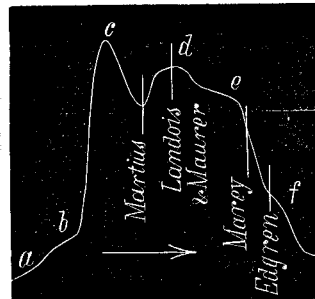


Wie ist nun dieses Cardiogramm zu deuten? Innerhalb welcher Zeit vollzieht sich die Systole, innerhalb welcher die Diastole? Wir haben diese Frage soeben vorgreifend beantwortet, wollen aber doch nicht verschweigen, dass gerade über diese Deutung die grössten Meinungsverschiedenheiten herrschen. Sicher ist zunächst folgendes, und keiner der verschiedenen Autoren, die über den Herzstoss gearbeitet, hegt meines Wissens darüber irgend einen Zweifel. Das ist nämlich der Zeitpunkt, in welchem die Systole beginnt. Dieser Beginn fällt auf den Zeitpunkt a, von wo das Cardiogramm jäh in die Höhe steigt. Während der Fühlhebel die Linie ab zeichnet, bzw. zu zeichnen beginnt (denn genaue Abgrenzungen sind selbstverständlich hier nicht möglich), hört man den ersten Herzton, der ja von dem Schluss der Atrioventricularklappen anhebt und sich noch eine zeitlang weiter fortsetzt. Er ist, wie übrigens neuer von Krehl (*Du Bois-Reymond's Archiv für Physiologie*, 1889, p. 289) in Ludwig's Institut angestellte Untersuchungen in Uebereinstimmung mit früheren ergeben haben, wesentlich Muskelton; denn auch, wenn man (bei Hunden) den Schluss der Atrioventricularklappen links und rechts durch zwei zwischen ihre Zipfel eingelegte, hier nicht näher zu beschreibende Obturatoren verhinderte, gab der von geübten Ohren auscultirte Ventrikel denselben oder nahezu denselben Ton, wie wenn bei Zurückziehung der Obturatoren der Verschluss der Trikuspidalis und Mitralis zu Stande kam. Der Schluss und die Anspannung aller Klappen des Herzens erfolgt natürlich nur, wenn das Herz mit Blut erfüllt ist. Lässt man demzufolge einen Hund aus den Carotiden verbluten, so verschwindet bei hochgradiger Blutarmuth der lediglich auf den Schluss der Semilunarklappen beruhende zweite Ton vollständig, der erste aber besteht auch am blutleeren Herzen so lange

fort, als es eben noch kräftig schlägt, und verschwindet erst kurz vor dem Tode. Zu völlig gleichen Ergebnissen ist ganz kürzlich auch Kasem-Beck (*Pflüger's Archiv*, Bd. 47, p. 53) gekommen, der ebenfalls am blutleeren, ja sogar am ausgeschnittenen Herzen, solange es sich nur kräftig zusammenzog, den ersten Herzton in nahezu gleicher Stärke, wie unter normalen Verhältnissen, hören konnte.

Wie lange dauert die in a beginnende Systole der Ventrikel? Es ist sehr lehrreich, hier die verschiedenen Anschauungen der Forscher zu gleicher Zeit nebeneinander zu übersehen. Folgende, der Arbeit von Léon Fredericq (*La pulsation du coeur, Travaux du laboratoire de L. F. 1887—1888*) entnommene Zeichnung lässt diese Anschauungen klar übersehen. a b ist die Zeit (siehe Figur 2),

Figur 2.



in welcher die Vorhöfe sich zusammenziehen, und, wie dies in der Mehrzahl der Fälle stattfindet, der Intercostrarum ein wenig vorgewölbt wird. Bei b beginnt die Systole der Ventrikel; der tastende Finger, bzw. die auf der Stelle des Herzschlages sitzende Pelotte wird kräftig nach aussen gedrängt. Hinter c setzt nun Martius (*Zeitschrift für klinische Medizin*, Bd. 13 und 15, Graphische Untersuchungen über die Herzbewegung, sowie diese Wochenschrift 1888, No. 13) den Schluss der Semilunarklappen. Es würde also für Martius die Systole von b bis zu dem senkrechten auf seinen Namen hinweisenden Strich reichen. Bleiben wir zunächst bei dieser höchst interessanten und sorgfältigen Untersuchung des eben genannten Forschers stehen. Das wesentliche Verdienst seiner Arbeit besteht meiner Meinung nach zunächst darin, dass er das aufsteigende Stück der Curve (bc) klar und einwandfrei gedeutet hat. Obwohl schon frühere Forscher, namentlich Marey (*La circulation du sang*, Paris 1881, p. 95 und 168) diesen jählen Anstieg richtig auffassen<sup>1)</sup>, thut es doch meines Wissens Martius zuerst für das Herz des Menschen und führt für diese Zeit bc den sehr zweckmässigen Namen Verschlusszeit ein (anderwärts auch Anspannungszeit oder Latenzdauer genannt). Während dieses Zeit-

raumes sind nämlich alle Klappen des Herzens geschlossen. Die Atrioventrikularklappen haben sich soeben geschlossen in dem Moment b (Figur 2), die Semilunarklappen sind noch nicht geöffnet; denn es bedarf natürlich einer gewissen Zeit, ehe die Spannung des Herzmuskels von Null an bis zu derjenigen Höhe gestiegen ist, welche ausreicht, um die Semilunarklappen, auf denen der volle arterielle Druck lastet, zu öffnen und die Communication zwischen dem Binnenraum der Ventrikel und der grossen Arterien herzustellen.

In dieser Verschlusszeit ist nun das Herz nicht bloss mit Blut gefüllt, also voluminös, sondern es ist auch steinhart oder wird es wenigstens in kürzester Zeit. Man versteht sonach, wie es den Intercostrarum gewaltig und kräftig vortreiben kann, viel kräftiger, als es das systolisch zusammengezogene Herz vermag, das zwar immer noch hart ist, aber sein Volumen doch schon bedeutend verkleinert hat. Während dieser Verschlusszeit, die nach Martius etwa 0,08 Sekunden dauert, erhält das Herz natürlich ebensowenig Blut, wie alle anderen Organe des Körpers. Wenn wir daher (siehe Figur 1) die Herzstosscurve mit der zu gleicher Zeit gezeichneten Pulscurve der Carotis vergleichen, so sehen wir, dass dem Anstieg ab in der Herzstosscurve keineswegs ein ähnliches Ansteigen in der Pulscurve entspricht. Die Pulscurve steigt vielmehr erst an von b ab, also nachdem der Herzstoss verzeichnet ist, weil sich erst in b die Semilunarklappen öffnen und das Blut in die Gefässe einströmt. In dieser Beziehung hätte also Brücke recht, wenn er behauptet, dass das systolische Herz kein Blut bekommt. Wohl aber bekommt es Blut, sobald der Semilunarklappenverschluss gesprengt ist und es sich wirklich zusammenzieht. Gerade im Beginn der Zusammenziehung, wie Chauveau (*Marey, Circulation*, p. 329 und 523) gezeigt hat, wird es am besten durchblutet. Je weiter die Zusammenziehung fortschreitet, um so mehr werden

<sup>1)</sup> Cette période de brusque élévation de la pression correspond au moment où les parois ventriculaires prennent leur point d'appui sur le sang qu'ils contiennent et le compriment jusqu'à ce que le sang ait acquis une pression capable de soulever les valvules sigmoïdes et de pénétrer dans l'aorte. A ce moment, comme dans une chaudière à vapeur dont la soupape de sûreté se soulève, la pression cesse de monter dans le ventricule et même, en général la courbe s'abaisse du commencement à la fin de la période systolique parce que le ventricule se vide et diminue considérablement de volume. Puis arrive le relâchement ventriculaire; la pression tombe brusquement et la réplétion recommence.

die Gefäße des Herzens zusammengedrückt und der Circulation im Herzfleisch Hindernisse in den Weg gelegt, die erst mit der Diastole völlig schwinden. Aehnliche Ergebnisse erhielten übrigens auch mit unvollkommenen Apparaten (Quecksilbermanometer) Newell-Martin und Sedgwick (Journal of physiolog. Vol. 3, p. 165).

Im Punkt b (Figur 1) beziehungsweise c (Figur 2) wird also der Verschluss der Semilunarklappen gesprengt. Es beginnt der zweite Theil der Systole, die Austreibungszeit (auch Einströmungszeit, Aorteneinstrom genannt), während welcher sich der Ventrikel immer mehr und mehr zusammenzieht und sich seines Inhaltes entleert. Der eigentliche Herzstoss ist aber während dieser Zeit schon vorbei. Zwar ist der Fühlhebel noch ziemlich hoch; er ist aber von dem Höhepunkt schon bedeutend gesunken und in der Regel bedeutender, als es gerade in den beiden Figuren 1 und 2 zum Ausdruck kommt. Der erste jähe Abstieg gehört also noch der Systole an (Martius). Eine ganze Gruppe von Theorien (gewöhnlich unter dem Namen der Gutbrod-Skodaschen bekannt, wiewohl sie mit mehr Grund wohl auf den englischen Arzt James Alderson zurückgeführt werden dürften) erklären bekanntlich den Herzstoss als Reactionsstoss ähnlich dem Stoss, den ein sich entladendes Gewehr dem Schützen ertheilt, oder der eine abgeschossene Kanone rückwärts rollen lässt. Das Herz sollte, indem es das Blut nach oben und hinten hinausschiesst, selbst nach unten und vorn gedrängt werden. Obwohl bereits Kronecker mit Recht darauf hingewiesen, dass der Vergleich des Herzens mit der Kanone insofern nicht passe, als das Blut nicht frei ohne nennenswerthe Hindernisse hinausfliegt, war diese Rückstosstheorie immer noch ziemlich beliebt. Sie muss jetzt als völlig beseitigt angesehen werden; denn der eigentliche Herzstoss ist schon vorbei, ehe noch ein Tropfen Blutes aus dem Herzen in die Arterien getrieben ist.

Wann schliessen sich die Semilunarklappen? Martius setzt, wie schon erwähnt, ihren Schluss ziemlich zeitig, Landois und andere etwas später. Zudem schliessen sich nach Landois (was übrigens spätere Forscher bestätigt haben) die Semilunarklappen der Arteria pulmonalis etwas später, als diejenigen der Aorta, allerdings nur eine sehr kurze Zeit, so dass man den beiderseitigen Schluss als einen einzigen Ton hört, der erst zum „gespaltenen zweiten Herzton“ wird, wenn jene beiden Schlüsse zeitlich weiter auseinanderücken (Maurer, Deutsches Archiv für klin. Med. Bd. 24, S. 291). Am spätesten lassen Marey und Chauveau und neuerdings Edgren die Semilunarklappen sich schliessen, nämlich während des Abstiegs des Cardiogramms zwischen e und f (Figur 1 und 2), beziehungsweise in f selbst.

Woher nun diese grossen Verschiedenheiten? Sie rühren einfach daher, dass man die Herztöne nur subjectiv, nicht objectiv auffassen und darstellen kann. Martius verfuhr in der Weise, dass er, ähnlich wie Donders und andere, zuerst den Rhythmus des schlagenden Herzens, der sich ja durch die Herztöne markirt, auffasste und, während das Cardiogramm gezeichnet wurde, die Momente der Herztöne in demselben markirte. Das geschah einfach in der Weise, dass man auf eine Marey'sche Kapsel, die natürlich mit einer Zeichentrommel in Verbindung stand, in dem Rhythmus der Herztöne mitklopfte. Jeder Schlag auf die Kapsel, der sich auf die Zeichentrommel übertrug und unter der Herzstosscurve verzeichnet wurde, gab also die Momente an, in denen der Beobachter die Herztöne hört oder zu hören glaubt. Gegen diese Methode sind von verschiedenen Seiten Einwendungen gemacht worden, auf die ich hier nicht näher eingehen will, die ich aber nicht für ganz zutreffend erachte. Ich bin, wie Martius, davon überzeugt, dass, wenn eine periodische Bewegung sich in einem gewissen regelmässigen Tact vollzieht, man dann ganz genau in diesem Tact eine Bewegung ausführen kann. Wäre das nicht der Fall, dann könnte man nicht im Tritt marschiren und könnte keinen Schritt tanzen. Ein „Nachklappen“, wie es ja übrigens auch nur die „Füchse“ thun, oder ein Vorklappen darf hierbei nicht stattfinden und findet thatsächlich auch nicht statt. Aber diese gleichzeitigen periodischen Bewegungen sind, wie auch Martius betont, nur dann auszuführen, wenn die ursprünglichen Bewegungen, die nachgeahmt werden sollen, selbst periodisch regelmässig sind. Es ist also nicht entfernt daran zu denken, etwa bei einem unregelmässig schlagenden Herzen gleichzeitig mit den Herztönen registrirende Bewegungen auszuführen. Da kommt die Reactionszeit mit hinein und alle jene Schwierigkeiten, die bekanntlich mit ihrer Messung verknüpft sind.

Trotzdem sind nun andere Forscher, wie z. B. Fredericq und Hoorweg, mit der Martius'schen Methode, wie aus Figur 2 ersichtlich ist, zu anderen Ergebnissen gelangt. Die Anschauungen der jetzt zu nennenden Forscher haben insofern vor denen von Martius einen gewissen Vorsprung, als sie ausserdem zu gleicher Zeit mit der Herzstosscurve auch die Pulscurve verzeichneten, was meines Wissens Martius nicht gethan, jedenfalls nicht verworthen hat.

Hierbei findet Léon Fredericq, dass der dikrotische Schlag in der Pulswelle zeitlich mit dem Moment zusammenfällt, den er als den Schluss der Semilunarklappen ansieht. Nun dürfte es jetzt wohl als unzweifelhaft festgestellt sein, dass — wie es Grashey in überzeugender Weise dargelegt hat — der dikrotische Schlag in der Pulswelle durch den Schluss der Semilunarklappen bedingt wird. Indem die Semilunarklappen sich der Mitte zu bewegen, sobald die treibende Kraft des Herzens nachlässt, erfolgt eine geringfügige rückgängige Bewegung des Blutes. Der Blutdruck sinkt ein wenig. Sobald aber die Semilunarklappen sich schliessen, wird diese Rückwärtsbewegung durch das auf sie auffallende Blut unterbrochen und in eine Vorwärtsbewegung beziehungsweise eine Steigerung des Druckes umgewandelt. Diese von dem Herzen ausgehende Drucksteigerung (rechtfläufige positive Welle) kommt nun in der dikrotischen Pulswelle zur Geltung. Wir können die dikrotische Welle in der Pulscurve mit Grashey daher passend Klappenschlusswelle nennen.

Am langsam schlagenden Herzen hat sich Fredericq zudem auch noch durch die Auscultation und gleichzeitige Beobachtung des auf das Herz aufgesetzten Zeichenhebels von der Richtigkeit seiner Ansicht, beziehungsweise derjenigen von Chauveau und Marey überzeugt. Immer wenn der Zeichenhebel schnell abwärts sich bewegte, hörte er und die verschiedensten unbefangenen Beobachter den zweiten Herzton.

Noch eingehender hat diese Frage des Klappenschlusses neuerdings Edgren (Cardiographische und sphygmographische Studien. Skandinavisches Archiv für Physiologie Bd. 1, p. 67, 1889, und Centralbl. der Physiologie 1888, p. 487) untersucht. Er kommt, indem er ebenfalls gleichzeitig den Herzstoss und den Puls der Carotis verzeichnet, zu derselben Anschauung. Wenn wir die beiden Curven (siehe Figur 1) mit einander vergleichen, so zeigt sich, dass der Punkt f in der Herzstosscurve mit dem Punkt f<sub>1</sub> in der Pulscurve zeitlich zusammenfällt oder, genauer ausgedrückt, dass f<sub>1</sub> kurze Zeit hinter f fällt (so wie a<sub>1</sub> hinter a, b<sub>1</sub> hinter b u. s. w.), nämlich um soviel später, als die Welle Zeit braucht, vom Herzen sich bis zur Carotis fortzupflanzen. Edgren hat vielfach (aber natürlich immer nur an ein und derselben Person) derartige ausmessende vergleichende Versuche mit stets den gleichen Ergebnissen angestellt und nicht, wie es frühere Forscher irrtümlicher Weise gethan, aus der Herzstosscurve einer und der Pulscurve einer andern Person, oder aus der Herzstosscurve und der nicht zu gleicher Zeit verzeichneten Pulscurve derselben Person mittlere Werthe berechnet und hieraus Schlüsse gezogen.

Auch Hoorweg (Pflüger's Archiv, Bd. 46, p. 115) hat kürzlich die Frage des Klappenschlusses mit ähnlichen Methoden in gleich sorgfältiger Weise wie Edgren untersucht, indem er die an elastischen Schläuchen gewonnenen Ergebnisse mit den an lebenden Arterien gemachten verglich und kritisch verworthe. Den Schluss der Atrioventricularklappen setzt er, wie alle anderen Forscher genau an den Beginn der Verschlusszeit (a in Figur 1), und die Semilunarklappen schliessen sich nach ihm ebenfalls in dem Zeitpunkt oder, genauer gesagt, ein wenig früher, als die dikrotische Zacke in dem Puls auftritt. Auf Grund all dieser Versuche halten wir also daran fest, dass der Schluss der Semilunarklappen in den jähen Abstieg des Cardiogramms ef (Figur 1) fällt, und in f die Klappen schon geschlossen sind.

Ist uns hiermit nun auch die Länge der Systole ohne weiteres bekannt? Die Mehrzahl wird diese Frage wohl mit Ja beantworten; denn die allgemeine Annahme geht eben dahin, dass mit dem Schluss der Semilunarklappen die Systole aufhört und die Diastole anfängt. Man kann aber diese Frage nicht so ohne weiteres bejahen. Dass die Semilunarklappen während der Diastole geschlossen sein müssen, ist ja selbstverständlich. Es ist auch ziemlich selbstverständlich, dass ihr Verschluss schon sicher sein muss gerade in dem Beginn der Diastole. Aber wer sagt uns, ob nicht die Semilunarklappen sich schon geschlossen haben, noch bevor das Herz in die Diastole übergegangen ist, während es also noch systolisch, wenn auch in geringem Maasse zusammengezogen ist und während es gleich wie ein langsam erschlaffender Muskel, der den abwärts steigenden Theil seiner Curve zeichnet, allmählich in die Diastole übergeht.

Gemeinlich hört man, dass die Systole durchweg viel kürzer dauert, als die Diastole. Ich war daher höchlich erstaunt, bei Untersuchungen, die Hofmeister (Pflüger's Arch. Bd. 44, p. 360) in meinem Institut anstellte, zu sehen, dass wenigstens beim Frosch und bei anderen Amphibien und Reptilien die Systole viel länger dauert, als die Diastole. Auch Cowl und Gad (Centralblatt für Physiolog. 1889, p. 264) constatirten ziemlich gleichzeitig mit uns diese Erscheinung. Man kann sich mit Leichtigkeit davon überzeugen, dass das Herz in ziemlich kurzer Zeit seinen Inhalt ausgeworfen hat und dann noch geraume Zeit contrahirt bleibt.

Was hat diese systolische Verharrungszeit für einen Sinn, und ist sie auch in dem menschlichen Herzen vorhanden, beziehungsweise

nachzuweisen? Letzteres wird von verschiedenen Forschern (Marey, Edgren, Martius) behauptet, ohne dass freilich durch ihre Untersuchungen eine Antwort auf die erste Frage gegeben wird, eine Frage, die man überhaupt gar nicht beantworten kann, wenn man nicht mit vollkommener Sicherheit weiss, ob während dieser systolischen Verharrungszeit die Semilunarklappen offen oder geschlossen sind. Das erstere nimmt Edgren, das letztere Martius an. Edgren und andere stützen ihre Annahme des Offenbleibens der Semilunarklappen während dieser Zeit wesentlich darauf, dass sich an den Pulscurven dieselben kleinen Zacken zeigen, wie an der Herzstosscurve (siehe Figur 1), was nicht stattfinden könnte, oder kaum stattfinden würde, wenn die Klappen geschlossen wären, und keine Verbindung zwischen dem Binnenraum der Ventrikel und den grossen Arterien bestände.

Nach Edgren strömt (ganz ähnlich wie es also beim Frosch ist) das Blut von b bis d (siehe Figur 1) in die Arterien, und noch eine geraume Zeit hinterher, von d bis e, verharrt der Ventrikel bei offenen Semilunarklappen in Contraction, ohne dass Blut in die Arterien gepresst wird, denn es ist schon alles Blut heraus. Diese Verharrungszeit (d e) nimmt im Mittel 0,135 Secunden, die Austreibungszeit aber nur 0,099 Secunden in Anspruch. Die längste Zeit über wäre also der Ventrikel sozusagen unnötig und umsonst zusammengezogen; denn das Blut hat er ja schon vorhin hinausgeworfen, und würde er erschlaffen, was innerhalb kürzerer Zeit als in 0,135 Secunden geschehen könnte, so würden ja die sich sofort schliessenden Semilunarklappen das zurückdrängende Blut nicht in den Ventrikel eintreten lassen. Nehmen wir zunächst einmal mit Martius an, dass der Schluss der Semilunarklappen vor der systolischen Verharrungszeit erfolgt, so könnte man sich folgende Vorstellung über die Bedeutung der Verharrungszeit machen (s. Hofmeister l. c. p. 382). Wir könnten nämlich dann in ihr eine wesentliche Sicherung des Mechanismus der Semilunarklappen erblicken — „denn abgesehen von der physiologischen Insufficienz, welche nach Martius durch einen Rückfluss des Blutes in den erschlafften Ventrikel bedingt wäre, hätten die halbmondförmigen Klappen, wenn sofort nach Beendigung des Aorteneinstromes die Erschlaffung eintrete, der intraventriculäre Druck also plötzlich mindestens auf Null sänke, einen gewaltigen und jähen Anprall des rückstauenden Blutstromes auszuhalten, der namentlich bei hohem arteriellen Drucke leicht eine Schädigung derselben im Gefolge haben könnte. Wenn aber die Systole noch einige Zeit über den Klappenschluss hinaus andauert, so brauchen wir darin keine überflüssige Arbeitsleistung des Herzens zu sehen; es erscheint im Gegentheil als eine sehr zweckmässige Einrichtung, dass zu einer Zeit, in welcher der arterielle Druck zwar nicht mehr seine maximale, aber doch noch eine recht bedeutende Höhe hat, dieser nicht voll auf den Klappen lastet, indem sie von der Herzseite her (bei bestehender Systole des Herzens) gewissermassen gestützt und gegengedrückt werden.“

Hieran könnte man, wie gesagt, denken, und da, soweit meine Erfahrungen und diejenigen anderer Forscher (Cowl und Gad, Hofmeister) reichen, beim Frosch eine derartige systolische Verharrungszeit vorhanden ist und normalerweise vorhanden zu sein scheint, so muss man sich doch irgend einen Sinn derselben denken. Es soll aber nicht verschwiegen werden, dass diese Deutung keineswegs voll befriedigt; denn sie macht immer den Eindruck einer Verschwendung von Arbeit.

Wenn nun aber gar, wie es Edgren und andere annehmen, die ganze Zeit von d bis e (ja sogar bis f) die Semilunarklappen offen wären, und das Blut schon in der Zeit b d aus dem Ventrikel ausgetrieben worden wäre, das Herz also schon seine ganze Arbeit geleistet hätte, so wäre eine derartige systolische Verharrungszeit geradezu widersinnig, denn dadurch würde die physiologische, wenn auch nicht die physikalische Arbeit des Herzens in ganz unbegreiflicher und unnützer Weise gesteigert. Der Herzmuskel hätte dann nicht bloss eine bestimmte Last auf eine gewisse Höhe zu erheben, sondern diese Last, die sich allerdings etwas verkleinert, eine längere Zeit auf dieser Höhe zu erhalten. Nach der Anschauung genannter Forscher sollen ja der Ventrikel und die grossen Arterien frei mit einander communiciren. Ich glaube also nicht, dass, wenigstens in der Norm, eine systolische Verharrungszeit mit offenen Semilunarklappen existirt.

Erwähnt sei ferner noch an dieser Stelle eine Anschauung von Hoorweg, dass das Herz auch bei normaler Systole nie völlig geleert wird, sondern, während der Druck noch auf einer bestimmten Höhe ist, plötzlich in die Diastole übergeht. Dass dies unter pathologischen Verhältnissen, aber bei normalen Klappen, vorkommt, und das Herz lange nicht soviel Blut bei einer Systole auswirft, als es enthält, das haben kürzlich Johannsen und Tigerstedt (Mittheilungen aus dem physiologischen Laboratorium in Stockholm 1889, p. 331) gezeigt. Wird nämlich einem Thier Blut oder eine indifferente Flüssigkeit in's Gefässsystem transfundirt, so wirft das Herz um so weniger Blut aus, je mehr man das Gefässsystem überfüllt.

Hierdurch schützt es sich und den Organismus; denn im entgegengesetzten Falle würde der Blutdruck und damit die Herzarbeit ausserordentlich steigen. Das Herz müsste sehr bald erlahmen. Der infolge von allzu reichlicher Transfusion erfolgte Tod der Thiere, der oft erst ein Paar Tage nach der Transfusion eintritt, wird von den genannten Forschern mit Recht auf eine Ueberanstrengung des Herzens zurückgeführt. Entzieht man den Thieren dagegen Blut, so entleert sich das Herz so vollständig wie nur irgend möglich und treibt also eine möglichst grosse Blutmenge in die Gefässe: fürwahr zwei grossartige regulatorische Vorrichtungen.

Betreffend die auf dem systolischen Plateau vorhandenen kleineren Erhebungen und Senkungen sei hier noch auf eine Anschauung von Fredericq hingewiesen, dass sie als der Ausdruck einzelner Muskelzuckungen aufzufassen seien, die zu einem unvollkommenen Tetanus verschmelzen. Die Zusammenziehung des Herzens ist hiernach tetanisch und durch mehrfache Reizanstösse bedingt, aber nicht eine einfache, nur durch einen einzigen Anstoss erzeugte Zuckung. Fredericq sucht auch durch die mit jeder Zuckung einhergehenden elektrischen Vorgänge diese seine Anschauung zu beweisen und findet, dass jede Zusammenziehung des Herzens thatsächlich von mehreren elektrischen (negativen) Schwankungen oder Actionsströmen begleitet ist, wie solches bei einem Tetanus stattfindet. Nach der Ansicht der meisten anderen Forscher handelt es sich übrigens bei der Systole des Herzens nur um eine Zuckung.

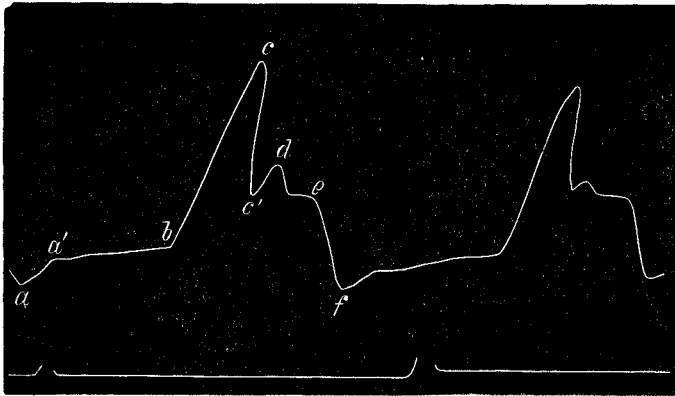
Fassen wir hiernach noch einmal nach Edgren (siehe Fig. 1) die einzelnen Phasen der Herzthätigkeit, wie sie sich bei einer Pulsfrequenz von etwa 70 in der Minute ergeben, zusammen, so dauert 1) die Verschlusszeit (a b) (in der also alle Klappen des Herzens geschlossen und das gefüllte Herz systolisch erhärtet ist) 0,0934 Secunden, 2) die Einströmungszeit (b d) in die Arterien 0,099 Secunden, 3) die Zeit der rückständigen Contraction (d e) (systolische Verharrungszeit) 0,1352 Secunden,  $1 + 2 + 3$  (a e) Systole der Ventrikel also = 0,3276 Secunden. In e lässt die Systole nach und es beginnt die Erschlaffung. Während der jetzt folgenden Zeit 4) = e f = 0,0520 Secunden, der beginnenden Erschlaffung strömt eine kleine Blutmenge in's Herz zurück. In f schliessen die Semilunarklappen, und es beginnt 5) die eigentliche Diastole, die Zeit der rückständigen Erschlaffung (f a<sub>0</sub>) gleich 0,4828 Secunden, die Zeit zwischen dem zweiten und ersten Herzton. Nach Edgren ist  $4 + 5$  (e a<sub>0</sub>) = 0,5348 Secunden die Diastole. Die ganze Herzrevolution  $1 + 2 + 3 + 4 + 5$  (a a<sub>0</sub>) = 0,8624 Secunden.

Gegen diese Deutung möchte ich mir folgende Einwände erlauben. Ich glaube, die Austreibungszeit dauert nicht bloss bis d, sondern viel länger, bis e; eine systolische Verharrungszeit ist, wenn vorhanden, nur äusserst kurz, und die Semilunarklappen schliessen sicherlich etwas früher als bei f, wohl schon im allerersten Beginn der Diastole.

Interessante Aufschlüsse über die Thätigkeit des Herzens hat man bekanntlich auch erhalten an freiliegenden, d. h. nur mit Haut bedeckten Herzen, wie solche bei Ektopia cordis oder infolge von chirurgischen Operationen beobachtet werden konnten. Ich hatte vor mehreren Jahren Gelegenheit, in Breslau bei einer an einem grossen Enchondrom der Rippen operirten Frau (Catharina Serafin) dergleichen Studien anzustellen (siehe Breslauer ärztliche Zeitschrift 1879, No. 21), die aber, weil die Operirte nur ganz kurze Zeit von mir beobachtet werden konnte, auf Vollständigkeit keinen Anspruch machen können und von den Studien anderer Forscher über denselben Gegenstand überholt worden sind. Ziemssen hat mit Ter Gregorianz an derselben Frau (Deutsches Archiv für klin. Medicin Bd. 30, 1881) und neuerdings mit v. Maximowitsch (ebenda Bd. 45, 1889) an einem etwa 15jährigen, in ähnlicher Weise operirten Knaben (August Widmann) derartige Untersuchungen angestellt. Die genannten Forscher bestätigen im allgemeinen die früheren Befunde und setzen, indem sie sich ebenfalls der Martius'schen Markirmethode (mit elektrischer Uebertragung) bedienen, den Schluss der Semilunarklappen, der im übrigen keine so constante Localisation zeigt, zwischen d und e (siehe Figur 3, die Spitzenstosscurve des Operirten darstellend, die untere Linie bezeichnet Secunden). Besonders lehrreich scheint mir in dieser Arbeit die Wirkung der Respiration, der psychischen Erregung, des Schlafes, sowie verschiedener Agentien (Alkohol, Digitalis) auf die Thätigkeit des Herzens zu sein. Die genannten Momente beeinflussen die Zahl der Herzschläge im ganzen, sowie die Dauer der einzelnen Phasen einer Herzrevolution in beachtenswerther Weise und gemeinlich so, dass vor allem die Herzpause und die Dauer der Vorhofcontraction oder, was ziemlich auf dasselbe hinauskommt, die Diastole (bezw. die Herzfüllungszeit) grossen Schwankungen unterliegt, indem sie beide zusammen, je nach der Frequenz des Pulses von 62 bis 112 in der Minute, schwanken von 0,46 bis 0,18 Secunden, während die Schwankungen in der Dauer der übrigen Phasen ausserordentlich

geringfügig sind. Auch Heyl (Archiv für klinische Medicin Bd. 45, 1889) theilt Beobachtungen an dem Herzen desselben Patienten mit, die er, als das Herz während der Operation nur mit dem Herzbeutel bedeckt war, anstellte. Jede Inspiration hemmte hier die Energie der Herzthätigkeit.

Figur 3.



Weitere und ungemein wichtige Aufschlüsse lieferten schliesslich die Experimente am Thier, bei denen ähnlich, wie dies schon Chauveau und Marey thaten, registrirende Apparate in die Herzhöhlen und grossen Gefässe eingeführt wurden. Rolleston (Journal of physiology Vol. 8, p. 235, 1887), Léon Fredericq (l. c.), nenerdings v. Frey und Krehl (Du Bois-Reymond's Archiv für Physiologie, 1890, p. 31), und ganz kürzlich Hürthle (Schles. Gesellschaft für vaterländische Cultur 1890) stellten dahingehende Untersuchungen an. Aus ihnen sei folgendes hervorgehoben.

Die Zusammenziehung des Herzens vollzieht sich in einem Zug, nicht in Absätzen, wenn auch der systolische intraventriculäre Druck Schwankungen zeigt. Es bleibt nun aber dieser Druck im Ventrikel, wie Hürthle durch ein sinnreiches Differentialmanometer zeigt, während der ganzen Systole (abzüglich der Verschlusszeit) höher als der Druck in der Aorta. Unmittelbar nach Beginn der Senkung des intraventriculären Druckes unter den Aortendruck schliessen sich die Semilunarklappen. Die ganze Systole zerfällt also nur in zwei (nicht in drei) Abschnitte, die Verschlusszeit und die Austreibungszeit, welche letztere bis zum Ende der Systole dauert (wenigstens unter normalen Verhältnissen bei Hunden). Es giebt also nach Hürthle keine Zeit der rückständigen Contraction. Dasselbe dürfte auch für den Menschen gelten.

Die Schnelligkeit, mit welcher der Ventrikel das Maximum seiner Spannung erreicht, ist eine wechselnde und hängt von der Blutfülle, der Höhe des Aortendruckes und von Erregungen des Vagus ab (siehe auch Hüfler, Du Bois-Reymond's Archiv für Physiologie, 1889, p. 295).

Beachtenswerth sind schliesslich auch die diastolischen Druckschwankungen im Innern der Herzhöhlen. Wie schon Goltz und Gaule wahrscheinlich gemacht, saugt das erschlaffende Herz Blut an; es sinkt der intraventriculäre Druck, wie nenerdings gezeigt wird, im Anfang der Diastole unter den atmosphärischen herab. Auch der Vorhof saugt im Beginne seiner Diastole, wie v. Frey und Krehl finden, Blut an.

Aus den neueren Arbeiten, betreffend die Physiologie des Kreislaufs, nenne ich zunächst diejenigen, welche unsere Vorstellung über die Grösse der pulsatorischen Druckschwankungen in hohem Maasse verändern. Wenn man sich die bekannten, in alle Lehrbücher übergegangenen Blutdruckcurven, welche mit dem Quecksilbermanometer gezeichnet worden sind, vergegenwärtigt, so zeigen dieselben kleine (pulsatorische) Wellen, die sich auf die viel grösseren (respiratorischen) aufsetzen. Die ersteren mögen je nach Art und Grösse der Thiere und Beschaffenheit der registrierenden Apparate vielleicht  $\frac{1}{30}$ — $\frac{1}{16}$  des niedrigsten Blutdruckes, die letzteren  $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{4}$  davon betragen. Das ist nun grundfalsch. Die pulsatorischen Schwankungen sind viel grösser, sie betragen  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{2}$  des Druckminimums, so dass also für gewöhnlich bei einem Kaninchen infolge der jedesmaligen Systole des Herzens der Blutdruck von seinem minimalen Werth von 100 mm Quecksilber schnell in die Höhe steigt, bis auf etwa 130 mm. Sinkt der Blutdruck bedeutend, so sind die Schwankungen noch grösser (vielleicht zwischen 40 und 80 mm u. s. f.).

Dass dies höchst wahrscheinlich so sein muss, geht schon aus einer älteren Angabe von Vierordt hervor, welcher den pulsatorischen Geschwindigkeitszuwachs zu  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$  der Geschwindigkeit in der pulslosen Zeit fand. Da die Geschwindigkeiten in diesem Falle wesentlich von den Drücken abhängen, so müssen auch diese ähnliche, wenn auch nicht so bedeutende Schwankungen aufweisen.

Dass diese thatsächlich bestehen, davon kann man sich durch einen äusserst einfachen Versuch überzeugen. Man braucht nur eine mittelgrosse Arterie (in ganz kleinen Arterien sind die pulsatorischen Schwankungen natürlich viel geringfügiger) aus einer kleinen Oeffnung spritzen zu lassen und womöglich den spritzenden Strahl auf vorbeigeführtes Papier anzufangen. Die so erhaltenen Curven, die Landois zuerst unter dem Namen der hämantographischen beschrieben hat, zeigen gewaltige, durch den Puls bedingte Schwankungen des Druckes, die man natürlich empirisch leicht bestimmen kann, aber keineswegs Schwankungen von der geringfügigen Grösse von etwa  $\frac{1}{20}$ , wie die Curven des Quecksilbermanometers es fälschlicherweise zeigten. Fick (Verhandl. des fünften Congresses für innere Medicin) hat meines Wissens zuerst die bedeutende Grösse der pulsatorischen Schwankungen festgestellt, und Hürthle (Pflüger's Arch., Bd. 43, 1888) im hiesigen Institute diese Angabe bestätigt und weiter verfolgt. Alle diese Beobachtungen aber kann man nur anstellen mit Blutdruck messenden Apparaten, durch welche den Thieren auch bei bedeutenden Steigerungen des Blutdruckes nur ganz geringe Mengen von Blut entzogen, beziehungsweise bei Senkungen desselben in ihr Gefässsystem hineingetrieben werden. Diesen Gesichtspunkt verfolgte nun Hürthle weiter und zeigte (s. auch Pflüger's Arch., Bd. 47), dass die mit derartigen vollkommeneren Apparaten gezeichneten Blutdruckcurven zunächst ganz anders aussehen wie die früheren und eine Menge bis dahin unbekannter Eigenschaften aufweisen. Zunächst haben die pulsatorischen Schwankungen die Gestalt der bekannten Pulscurven mit ihrem schnellen Anstieg und ihrem langsamen Abstieg, unter dessen mehrfachen Zacken die dikrotische sich in der Regel besonders deutlich abhebt. Die Zacken verändern je nach Füllung und Spannung des Gefässsystems ihren Ort und bedingen so ein verschiedenes Aussehen der Pulsbilder. Auch in verschiedenen Arterien ist der Puls sehr verschieden.

Es mag hier darauf hingewiesen werden, dass an grösseren Thieren (Pferden) diese Thatsachen schon von Marey festgestellt worden sind. So namentlich mache ich darauf aufmerksam, dass die pulsatorischen Schwankungen in verschiedenen Arterien sehr verschieden gross sind, in der Arteria cruralis z. B. viel grösser als in der Carotis, wie auch aus den von mir erhaltenen Spritzencurven beider Gefässe hervorging. Dies gilt sowohl für das Pferd (Marey, Circulation p. 252) wie für den Hund und das Kaninchen (Hürthle, Pflüger's Arch. Bd. 47, p. 27) und sicherlich auch für den Menschen, wie die Pulscurven jener beiden Gefässe am Menschen zeigen, die vollkommen mit den entsprechenden Druckcurven an den genannten Thieren übereinstimmen. Infolge der viel schnelleren und verhältnissmässig bedeutenderen Dehnung der Cruralarterie hört man an ihr (namentlich auch bei Herzfehlern) besondere Töne, die an anderen gleich grossen Arterien vollkommen fehlen. Meines Wissens ist auf diese Ursache der Entstehung der Cruralarterientöne noch gar nicht hingewiesen.

Des weiteren haben nun auch die in der Pulscurve zum Ausdruck kommenden Einzelheiten, die sogenannten secundären Wellen neue Bearbeitung erfahren. Ueber die dikrotische oder die Klappenschlusszacke ist schon oben das nöthige gesagt worden; es ist dies also eine vom Herzen ausgehende, rechtläufige positive Welle. Wie steht es nun mit den anderen Wellen der Pulscurve? Sind auch diese rechtläufig oder sind sie gegenläufig, das heisst von der Peripherie aus nach dem Herzen zu reflectirt? Dass infolge der vielfachen Theilungen der Arterien und der Aenderungen ihrer Durchmesser dergleichen Reflexionen von der Peripherie zu Stande kommen müssen, ist unzweifelhaft, und wer nur einen einzigen Versuch über Wellenbildung in elastischen Schläuchen gemacht hat, weiss, wie leicht derartige Reflexionen bei jeder geringfügigen Aenderung der Kantschnkschläuche, sei es durch Abzweigung, Verengerung oder Erweiterung des Lumens u. s. w. auftreten. Die Frage ist nur, ob z. B. eine vom Herzen ausgehende Welle wiederum als solche von der Peripherie reflectirt wird und in der Pulscurve als besondere Welle in Erscheinung tritt. Dieses wird nun nenerdings bestritten von Bernstein (Sitzungsber. der naturw. Gesellsch. zu Halle, März 1887), Hürthle und Hoorweg. Namentlich konnte Hürthle zeigen, dass die secundären Wellen der Pulscurve an einer möglichst langen Arterie keineswegs so verschoben werden, wie sie bei Reflexionen von der Peripherie verschoben werden müssten. Die Reflexionen von der Peripherie sind hiernach (und soweit ich bis jetzt die Sachen übersehen kann, schliesse ich mich dieser Anschauung an) so mannichfach und so verschiedenartig, dass sie sich auf das vielfältigste mit einander interferirend, auf eine lange Zeit ausbreiten müssen. Und so wenig man von einem Kanonenschuss, der nicht von einer einzigen gleichmässigen Felswand, sondern von hundert und aber hundert verschiedenen weit entfernten und verschieden beschaffenen Felswänden, Grashalden und Wäldern zurückgeworfen wird, nicht einen einzigen Schuss, sondern einen lang danernden, nahezu gleichmässigen Donner hört, so ähnlich muss es sich meiner Meinung mit den tausendfältigen Reflexionen einer

vom Herzen ausgehenden Pulsquelle verhalten: Sie breitet sich über die ganze Pulsquelle aus.

Für die centrifugale Natur der secundären Wellen in der Pulscurve spricht ferner eine von Knoll (Sitzungsberichte der kaiserl. Acad. der Wissensch. in Wien, Math. naturw. Klasse Bd. 99, Abth. 3, 1890) gefundene Thatsache. Der Puls der Arteria pulmonalis ist, was Ort und Art seiner secundären Wellen anlangt, demjenigen der Aorta durchaus gleich. Und wie himmelweit verschieden sind die Reflexionsgebiete im kleinen und im grossen Kreislauf?

Es darf allerdings nicht verschwiegen werden, dass andere Forscher, namentlich Fick (Verhandl. der physik. med. Gesellsch. in Würzburg 1886), v. Kries (Du Bois-Reymond's Archiv für Physiolog. 1887) und neuerdings v. Frey und Krehl (ebenda 1890) die entgegengesetzte Ansicht vertreten und die secundären Wellen der Pulscurve als centripetale, von der Peripherie reflectirte betrachten. Ohne mich in Einzelheiten einzulassen, will ich nur auf eine von Fick angewendete und in sinnreicher Weise von v. Kries ausgearbeitete Methode hinweisen, aus welcher hervorgeht, dass die Geschwindigkeitscurve (das Tachogramm) einer Arterie nicht mit der Puls- oder Druckcurve (dem Sphygmogramm) übereinstimmt, oder anders ausgedrückt, dass nicht stets zu denselben Zeiten eine Steigerung oder Senkung des Druckes mit einer Steigerung bezw. Senkung der Stromgeschwindigkeit zusammenfällt, sondern dass manchmal mit einer Steigerung des Druckes eine Verminderung der Geschwindigkeit verbunden ist. Falls dies wirklich stattfindet (und daran kann man namentlich auf Grund der bekannten klassischen Versuche von Chauveau nicht zweifeln), dann handelt es sich um eine oder mehrere von der Peripherie reflectirte Wellen, welche zwar an der betreffenden Stelle den arteriellen Druck erhöhen, aber, weil gegen den Blutstrom verlaufend, die Geschwindigkeit des strömenden Blutes herabsetzen.

Die genannten Forscher finden nun in Uebereinstimmung mit Chauveau (siehe Marey, l. c. p. 327) thatsächlich diese Incongruenz in den beiden Curven und ziehen daraus den eben erwähnten Schluss. Gegen das Raisonement dieser Versuche ist selbstverständlich nicht das geringste einzuwenden. Die Frage ist nur, kann man wirklich mit Sicherheit das Tachogramm einer Arterie mit den angewendeten Methoden erhalten? Nach der Methode von v. Kries wird das betreffende Glied (z. B. der Vorderarm), dessen Arterie man untersuchen will, in einen abgeschlossenen Raum gebracht, (eine cylindrische Capsel von Blech), der mit Leuchtgas gefüllt wird. Das sich pulsatorisch ausdehnende Glied treibt das Gas aus der Capsel heraus, so dass es, angezündet, mit hüpfender Flamme, ähnlich wie der Puls, tanzt. Die tanzende Flamme kann auf bewegter Trommel photographirt werden, und das so erhaltene Tachogramm weicht von dem Sphygmogramm wesentlich dadurch ab, dass es früher und schneller als dieses von seinem ersten Anstiege herabsinkt, also zu einer Zeit schon tief ist, während jenes noch hoch ist. Als nothwendige Bedingung, unter der allein die betreffenden Schlüsse über die Strömungsgeschwindigkeit in der Arterie gezogen werden können, muss aber angenommen werden, dass das Blut aus den Venen durchaus gleichmässig ausfliesst; nur dann kann man, wie leicht begreiflich, den mehr oder weniger schnellen Wechsel in den Volumenveränderungen des Gliedes auf die arterielle Strömung allein beziehen. Am aller fatalsten für die ganze Angelegenheit wäre nun eine pulsatorische Entleerung der Venen, und es fragt sich, ob man an eine solche denken kann. Es ist bekannt, dass sich die Venen des Gehirns<sup>1)</sup> und Auges pulsatorisch entleeren, weil sie nach ziemlich allgemeiner Annahme als dünnwandige, mit geringem Drucke gefüllte Schläuche, die in nahezu unnachgiebigen Hohlräumen verlaufen, infolge der systolischen Erweiterung der Arterien zusammengedrückt und zugleich entleert werden.

Ich halte es nun nicht für unmöglich (siehe auch Marey, l. c. p. 312), dass jedes irgendwie abgeschlossene Glied sich unter ähnlichen Bedingungen befindet oder doch befinden kann, wie das Auge und das Gehirn. Ein wenn auch geringfügig pulsatorisches Abströmen des Blutes aus den Venen tritt vielleicht leichter auf, als wir uns das vorzustellen gewohnt sind. François Franck (Cpt. rend. de la société de biologie 1889, p. 603) theilte kürzlich einen Versuch an dem Fusse eines Pferdes mit, aus

dessen Vene das Blut, wenn der Fuss zweckwässig zusammengepresst wird, pulsatorisch austritt, ähnlich wie aus der Cubitalvene des Armes, wenn derselbe vorher umschnürt war. Wäre aber dieses pulsatorische, mittelbar<sup>1)</sup> durch den arteriellen Druck erzeugte Ausströmen aus den Venen auch nur in geringem Maasse in dem menschlichen, in einer v. Kries'schen Capsel steckenden Arme vorhanden, dann würde sich auch auf diese Weise das oben beschriebene, eigenartige Zucken der Flamme erklären lassen, und was das allerwichtigste, gar kein Schluss auf die Strömungsgeschwindigkeit in der Arterie gestattet und möglich sein. Jedenfalls verdient der sinnreiche und leicht zu handhabende Apparat von v. Kries noch weitere Verbreitung, um über diese Frage in's Klare zu kommen.

<sup>1)</sup> Neuerdings hat Geigel (die Mechanik der Blutversorgung des Gehirns, Stuttgart 1890) mehr Betrachtungen als Beobachtungen über dieses Thema angestellt und unter anderem behauptet, dass spastische Verengung der in der Schädelkapsel eingeschlossenen Gehirnarterien eine bessere Blutversorgung des Organs zur Folge hat. Ich halte das für unmöglich. Den Geigel'schen Schlüssen liegt die meines Erachtens irrthümliche Annahme zu Grunde, dass die Schädelkapsel absolut unnachgiebig ist, woran natürlich nicht im entferntesten zu denken ist. Wenn das wirklich der Fall wäre, müsste ja ein Trepanloch die Circulation des Gehirns in so ungeheurer Weise stören, wie vielleicht ein Pneumothorax die Function der Lungen, was aber bekanntlich nicht der Fall ist. (Siehe auch Hürthle, Pfüger's Arch. Bd. 44, p. 561 und Roy und Sherrington, Journal of physiol. Vol. 11, p. 85).