

I.

Das Herz und der Einfluss des Nervensystems auf dasselbe.

Vortrag, gehalten den 9. Januar 1867.

(Mit Tafel 1 und 8 Holzschnitten.)

Geehrte Versammlung!

Man spricht in allen Sprachen von Menschen ohne Herz — und meint damit Menschen ohne Gemüth; dagegen sagt man von einem gemüthvollen Menschen, er habe Herz; — ein gutes, ein schlechtes, ein hartes, ein weiches Herz u. s. w.; solcher figürlichen Redensarten, in denen das Herz eine ethische Bedeutung bekommt, gibt es unzählige!

Der Gegenstand, mit welchem ich Sie heute Abend genauer bekannt zu machen und in ernsterer Weise zu unterhalten bemüht sein werde, betrifft das menschliche Herz — und was mich dazu bestimmte, gerade diesen Gegenstand an diesem Orte zu besprechen, ist einfach der Wunsch, Ihnen die Antwort des Physiologen zu geben auf die naheliegende Frage: Wie kommt das Herz zu jener ethischen Bedeutung, welche ihm der Sprachgebrauch aller Völker und Zeiten beilegt, da es seiner eigentlichen Natur nach doch nichts anderes ist, als ein zwar höchst sinnreiches, im Grunde aber höchst prosaisches Pumpwerk, welches das Blut in den Gefässröhren des Körpers in kreisender Bewegung umhertreibt; — ein Pumpwerk, bestehend aus rhythmisch sich zusammenziehenden sogenannten Fleisch- oder Muskelfasern und versehen mit beweglichen Klappen oder Ventilen, aus sehnigen Häutchen gewebt. —

Wie kommt das Herz als ein grob materieller Fleischklumpen zu einer Beziehung zu den idealsten Regungen unsers Gemüthslebens?

Dass übrigens eine geheimnissvolle und innige materielle Bezie-

hung zwischen Herz und Gemüth existirt, welche der Sprachgebrauch nicht unberechtigt bis zur Identificirung der beiden Ausdrücke steigert — das ist eine Thatsache der täglichen Erfahrung. Wer von uns hätte sein Herz nicht stärker und rascher pochen gefühlt bei einer frohen Nachricht, welche der elektrische Draht unverhofft brachte? — oder wenn freudiges Gelingen die Mühen langer Arbeit lohnte, ungeduldige Erwartung den quälend langsamen Schritt der Zeit verwünschen liess? Wer von uns hätte nicht empfunden, dass das Herz wiederum träge, schwach und langsam schlug, wenn tiefe Entmuthigung oder Trauer die Stimmung unseres Gemüthes verdüsterte? Ja die meisten werden schon erfahren haben, dass das Herz momentan ganz stillstehen konnte, wenn eine erschütternde Kunde sie unerwartet — wie ein Blitz aus heiterem Himmel — traf, oder eine unmittelbare Gefahr mit all' ihren überwältigenden Schrecken plötzlich an sie herantrat!

In der That, wem sollten entgangen sein die so verschiedenartigen Veränderungen der Herzthätigkeit während der Momente enthusiastischer Begeisterung, zorniger Wallung, peinlicher Verlegenheit, sittlicher Entrüstung, angstvoller Erwartung, lähmenden Schreckens, überwältigender Freude — — —? Doch wozu die Beispiele häufen, vielleicht hat sich eben jetzt, während ich davon spreche, in mancher Brust hier im Saale — in Folge wach gerufener Erinnerungen und Gefühle die Energie und Zahl der Herzschläge geändert! —

Kurz, in zartbesaiteten wie in derbern Naturen ist der Parallelismus der Gemüths- und Herzbewegungen ein so auffallender, dass es niemand wundernehmen kann, wenn der innige Zusammenhang beider Erscheinungen seit jeher die Aufmerksamkeit der Menschen gefesselt und zur figürlichen Vertauschung von Gemüth und Herz veranlasst hat.

Welches sind nun aber die geheimnissvollen Fäden jenes wunderbaren Zusammenhangs? Welches sind die verborgenen Wege, die so direct vom Sitze des Gemüthslebens zum Herzen führen — dem mechanischen Centrum des Blutkreislaufs?

Durch welche Einrichtungen und Vorgänge wird der offenkundige Parallelismus zweier so differenten Thätigkeiten vermittelt?

Diese Fragen nach dem gegenwärtigen Standpunkt der Experimentalphysiologie zu beantworten; eine Erklärung zu geben, wie die Regungen des Gemüthes mittelst des Nervensystems die Thätigkeit des Herzens beeinflussen, dies eben soll den eigentlichen Gegenstand meines heutigen Vortrags ausmachen!

Zunächst muss ich Sie jedoch eine Strecke Weges durch das wenig anmuthige Gebiet anatomisch-mechanischer Vorstellungen führen, um

Sie auf einen Standpunkt zu bringen, von dem aus sich uns ein lohnender Einblick in diese Seite des räthselhaften Getriebes unseres seelisch-materiellen Doppelwesens eröffnen wird!

Beginnen wir mit der anatomischen Betrachtung der äussern Gestalt und des innern Baues des menschlichen Herzens.

Die Gestalt unseres Herzens hat eine nur sehr entfernte Aehnlichkeit mit jener des Coeur-As der Spielkarten — wie Sie unbedenklich zugeben werden, wenn Sie einen Blick auf diese Tafel (vgl. Fig. 1) werfen, welche in kolossalem Maassstabe¹⁾ ein menschliches Herz mit seinen grossen zu- und abführenden Gefässen von vorn gesehen darstellt — selbst wenn Sie von den letztern ganz abstrahiren wollen.

Es ist eine stumpf kegelförmige, aus ungemein verwickelt angeordneten, sogenannten Muskelfasern gewebte Fleischmasse, welche durch eine Längsfurche in eine rechte (*V, K*) und in eine linke (*V', K'*) Hälfte und durch eine ringsum laufende Querfurche in einen obern (*V, V'*) und in einen untern (*K, K'*) Abschnitt — also in vier verschmolzene Theile getheilt wird.

Im Innern schliesst das Herz eine Höhle ein, welche entsprechend der Längsfurche durch eine fleischige Scheidewand in zwei vollkommen getrennte Hälften zerfällt, so dass wir mit Recht von einem rechten und von einem linken Herzen reden können; — während entsprechend der Querfurche von der Innenfläche der Wandungen jeder dieser Herzhälften sehnige Lappen oder Zipfel entspringen, die durch Sehnenfäden nach unten befestigt sind, und — wenn sie sich gegeneinander legen, je einen obern dünnwandigen und einen untern dickwandigen Raum abgrenzen.

Der erstere heisst die Vorkammer oder der Vorhof, der letztere die Kammer oder der Ventrikel, und das ganze Herz besitzt somit vier Räume — zwei Kammern und zwei Vorkammern.

Sehen wir uns diesen innern Bau in unserer bildlichen Darstellung an, nachdem wir durch einen ersten Schnitt die beiden Herzhälften

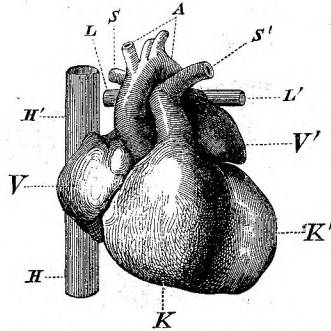


Fig. 1. Halbschematische Ansicht eines menschlichen Herzens von vorn. Etwa $\frac{1}{10}$ natürliche Grösse.

V die rechte, *V'* die linke Vorkammer; *K* die rechte, *K'* die linke Kammer; *H* die untere, *H'* die obere Hohlvene; *S, S'* der linke und der rechte Ast der Lungenschlagader; *L, L'* rechte und linke Lungenvene; *A* die grosse Körperschlagader oder Aorta mit ihrem Bogen und ihren zum Kopf und den obern Extremitäten gehenden Aesten.

¹⁾ Vgl. die Anmerkung auf S. 8.

von einander getrennt¹⁾ (vgl. Fig. 2) und durch einen zweiten, einen Flächenschnitt, jederseits die vordere Wand abgetragen haben, um das Herz und die grossen Gefässe zu eröffnen (vgl. Fig. 3).

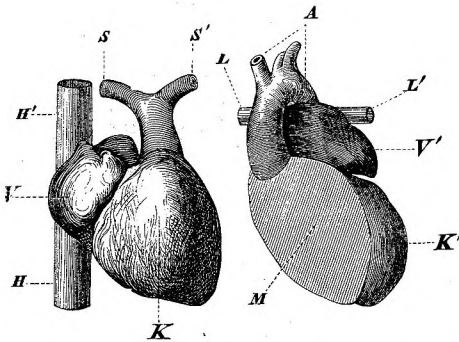


Fig. 2. Die beiden Hälften des Herzens.
M die Durchschnittsfläche der senkrechten Scheidewand des Herzens. Die Bedeutung der übrigen Buchstaben wie in Fig. 1.

Mit diesen vier Hohlräumen des Herzens stehen mehrere grosse Blutgefässröhren in Verbindung, welche, wie die verschiedene Dicke ihrer durchschnittenen Wandungen andeutet, von zweierlei Art sind.

Die dünnwandigen münden in die Vorkammern und führen das Blut aus allen Theilen des Körpers zum Herzen, sie heissen Venen oder Blutadern (*H*, *H'* und *L*, *L'*).

Die dickwandigen entspringen aus den Kammern, und durch sie treibt die Thätigkeit des Herzens das Blut wieder heraus, welches letztere in ihren Verzweigungen zu allen Körpertheilen gelangt; sie heissen Arterien oder Schlagadern (*S*, *S'* und *A*). An ihrem Ursprung finden sich taschenförmige Klappen, die sogenannten Taschenventile, welche, wenn sie durch das Blut aufgebläht und gegeneinander gepresst werden, die Arterien gegen die Kammern zu verschliessen, in entgegengesetzter Richtung sich aber leicht öffnen lassen. Wo die Vorkammern in die Kammern einmünden, sind gleichfalls

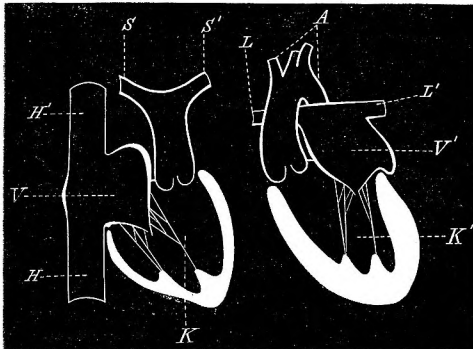


Fig. 3. Schematischer Durchschnitt der beiden Herzhälften und ihrer zu- und abführenden Gefässstämme.

Die linke Kammer *K'* ist viel dickwandiger als die rechte *K*. Ebenso sind die Wandungen der Arterien (*S*, *S'* und *A*) stärker als die der Venen (*H*, *H'* und *L*, *L'*). Im Grunde der Kammern befinden sich warzenförmige Vorsprünge der Fleischwände, von denen feine Sehnenfäden ausgehen, die sich an die Ränder und unteren Flächen der zwischen Kammer und Vorkammer befindlichen Zipfelklappen ansetzen. An den Ursprüngen der Arterien sieht man die halbmondförmigen oder Taschenklappen.

in entgegengesetzter Richtung sich aber leicht öffnen lassen. Wo die Vorkammern in die Kammern einmünden, sind gleichfalls

¹ Bei der Vorlesung wurde ein eigens zu diesem Zwecke verfertigtes, zerlegbares Bildschema des Herzens von kolossalen Dimensionen benutzt.

klappenartige Vorrichtungen angebracht, welche jedoch nicht taschenförmig sind, sondern dreieckige, segelartige sehnige Lappen oder Zipfel darstellen und deshalb Zipfelklappen heissen. Sie sind nach unten durch feine Sehnenfäden, die von ihren Rändern und von ihren untern Flächen ausgehen, an warzenförmig vorspringende muskulöse Zapfen der Kammerwand befestigt; werden sie von unten her durch das andringende Blut aufgebläht — wie Segel vom Winde — so legen sie sich aneinander und verschliessen dem Blute den Rückweg in die Vorkammer, während sie dem Blutstrom aus der Vorkammer nach der Kammer hin kein Hinderniss entgegenstellen. Jede Kammer ist daher ein Raum, der nach zwei Seiten durch Klappen geschlossen werden kann.

Setzen wir in unserm zerlegbaren Bildschema die abgeschnittenen Vorderwände wieder auf (vgl. Fig. 2), und schieben wir die beiden Herzhälften zusammen, indem wir die Lungenarterie auf die Aorta bringen und ihren linken Ast (S) unter dem Aortenbogen durchstecken, so haben wir wieder das ganze Herz vor uns (vgl. Fig. 1), dessen innerer Bau Ihnen wol klar geworden sein wird!

Die aus den Kammern hervortretenden Arterien verästeln sich baumförmig in immer feinere Aeste und lösen sich endlich innerhalb der Organe in Netze von mikroskopisch feinen Röhren, — den sogenannten Haarröhrchen oder Capillargefässen auf. Aus diesen Capillarnetzen entstehen durch allmähliche Verschmelzung immer stärkere Röhren, die Venen, welche schliesslich in die Vorkammern münden.

Die Blutgefässe bilden also ein allseitig geschlossenes, vielfach verzweigtes, ringförmig in sich zurücklaufendes Röhrensystem, dessen Centrum das Herz ist.

Den Zusammenhang der Abschnitte dieses Systems erkennen Sie aus dem Schema (Fig. 4).

Aus der linken Kammer entspringt die dickwandige arterielle Röhre *a*, verästelt sich baumförmig und löst sich endlich in allen Theilen des Körpers *K* in ein Capillarnetz *c* auf. Aus diesem entspringen

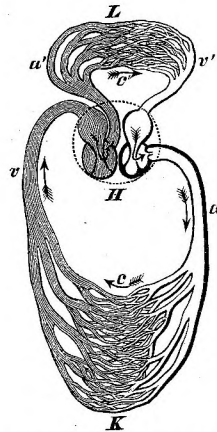


Fig. 4. Schema des Gefässsystems. *H* das Herz mit seinen Klappen-
vorrichtungen; *a* die Verästelung der
grossen Körperschlagader Aorta;
c das Capillarnetz, in welches sich
dieselbe in den Theilen des Körpers
K auflöst; *v* die grossen Körper-
venen; *a'* die Lungenschlagader, *c'*
das Capillarnetz der Lunge *L*, *v'* die
Lungenvene. Die Pfeile zeigen die
Richtung des Blutstroms innerhalb
des Gefässröhrencirkels an.

die dünnwandigen venösen Röhren v , welche in die rechte Vorkammer münden. Diese communicirt mit der rechten Kammer, aus welcher wieder ein dickwandiges arterielles Rohr a' entspringt, das sich baumförmig verästelt und in der Lunge L , und zwar ausschliesslich in der Lunge, in das Capillarnetz c' auflöst, dessen mikroskopische Röhrchen wieder zu stärkern dünnwandigen venösen Gefässen v' verschmelzen, die als Lungenvenen direct in die linke Vorkammer und durch diese endlich in die linke Kammer führen. Wir sind an unserm Ausgangspunkte wieder angelangt, indem wir den ganzen Röhrencirkel durchliefen. Sie sehen, dass derselbe aus zwei Hälften besteht. Die kleinere Hälfte desselben führt durch die Lunge L und verbindet die rechte Kammer mit der linken Vorkammer, die grössere Hälfte umfasst den ganzen Körper K und verbindet die linke Kammer mit der rechten Vorkammer. Da beiderseits Vorkammer und Kammer direct communiciren, so schliesst das Herz die kleine oder Lungenhälfte mit der grossen oder Körperhälfte des Gefässsystems zu einem einzigen und ganzen Röhrencirkel zusammen.

Ausgestattet mit der Kenntniss der Anatomie des Herzens und des Gefässsystems, können wir nun zur physiologischen Betrachtung der Herzthätigkeit und der mechanischen Leistung des Herzens als eines Pumpwerks übergehen.

Die Thätigkeit des Herzens besteht in rhythmischen, d. h. nach bestimmtem Rhythmus abwechselnden Zusammenziehungen und Erschlaffungen der contractilen Fleischwände seiner vier Abschnitte. Den Zustand der Zusammenziehung nennt man Systole, den Zustand der Erschlaffung Diastole.

Während der Diastole (Erschlaffung) füllen sich die Herzhöhlen mit Blut und werden erweitert und ausgedehnt; während der Systole hingegen verengern sie sich und entleeren das in ihnen enthaltene Blut.

Die beiden Herzhälften arbeiten genau synchronisch, d. h. die Vorkammern beider Hälften verfallen genau zur selben Zeit in Systole und dann in Diastole, ebenso die beiden Kammern; dagegen arbeitet Vorkammer und Kammer derselben Seite ungleichzeitig.

Es erfolgt nämlich die Systole der Vorkammern während der Diastole der Kammern und umgekehrt; auch dauert bei den Vorkammern die Diastole weit länger als die Systole, während bei den Kammern Systole und Diastole etwa die gleiche Dauer haben.

Der Rhythmus der Herzbewegung wird dadurch ein complicirter, und man fasst ihn noch am leichtesten auf, wenn man sich zunächst das ganze Herz, alle vier Abschnitte desselben, in Diastole — erschlaft denkt.

Zuerst tritt die kurze Systole der beiden Vorkammern auf — dann folgt sofort die lange Systole der Kammern, während die Vorkammern bereits wieder erschlaffen und erschlafft bleiben; sodann geht auch die Systole der Kammern in Diastole über und damit ist wieder das ganze Herz erschlafft und verharret einige Momente in diesem Zustand, welchen man die Pause nennen kann, — bis wieder die Systole der Vorkammern die Reihe der Bewegungen beginnt, deren einmaliger Ablauf einen sogenannten Herzschlag darstellt. Der Herzschlag zerfällt also in drei Momente: 1. Moment, charakterisirt durch die Systole der Vorkammern; 2. Moment, charakterisirt durch die Systole der Kammern; 3. Moment, charakterisirt durch die diastolische Erschlaffung sämtlicher Herzabschnitte.

Der erste Moment nimmt sich, musikalisch gesprochen, nur wie ein Auftakt oder Vorschlag aus zu dem zweiten Moment, während der dritte Moment, die Pause, sehr variable Zeitwerthe hat.

Auf diese bloß beschreibende Auseinandersetzung des Rhythmus der Herzbewegungen will ich mich jedoch nicht beschränken. Ich will Ihnen denselben vielmehr an einem blossgelegten lebendig schlagenden Thierherzen unmittelbar zur Anschauung bringen.

Erschrecken Sie nicht, meine verehrten Damen und Herren! Es soll dabei keine jener Grausamkeiten Ihnen vor Augen geführt werden, welche man den Physiologen — freilich gedankenlos genug — so sehr zum Vorwurf macht. Ich sage gedankenlos, weil man im blinden Eifer der thierfreundlichen Entrüstung eben nicht daran denkt, einerseits, dass der Fortschritt der Wissenschaft und Kenntniss vom Leben ohne experimentelle Eingriffe in den lebenden Organismus absolut unmöglich ist; andererseits aber, dass die Grausamkeiten unserer glorreichen Schlachtfelder und — unserer Küchen quantitativ wie qualitativ jene der physiologischen Laboratorien bei weitem übertreffen.

Kann man aber in den Jubel der *Via triumphalis* mit Begeisterung einstimmen; kann man sich dem Genusse einer leckern Schüssel lebendig aufgebrochener Austern, lebendig gesottener Krebse, zu Tode gehetzten Wildes, einer Pastete aus Fettlebern gestopfter Gänse u. s. w. u. s. w. mit ruhigem Behagen hingeben — dann wird man sich doch wol auch ohne Gewissensbisse erlauben dürfen, Experimente an lebenden Thieren zu machen und die hervorgerufenen Erscheinungen mit Gemüthsruhe und ungestörter Aufmerksamkeit zu beobachten! — Oder ist etwa die Befriedigung materieller leiblicher Genüsse und ehrgeiziger staatlicher Machtforderungen grösserer, ja auch nur gleicher Opfer werth, als die Befriedigung eines der höchsten und edelsten Bedürfnisse des menschlichen Geistes — des wissenschaftlichen

Forschungstrieb? — Der brutalen Thierquälerei wird kein Vernünftiger das Wort reden — das wissenschaftliche Experiment ist aber keine Thierquälerei. Und wenn wir hier auch nicht das jesuitische: »Der Zweck heiligt die Mittel« auf unsere Fahne schreiben wollen, so können wir immerhin behaupten, dass der Zweck die Verantwortung für das Mittel mit tragen müsse. Doch genug!

Ich habe Ihnen ja gleich von vornherein die beruhigendsten Versicherungen über die Natur meiner Demonstration gegeben, und wenn ich Ihnen jetzt sage, dass ich bei Beginn der Vorlesung einen Frosch durch meinen Assistenten enthaupten und auf diese Weise in ein besseres Jenseits befördern liess, um ihm sein fort pulsirendes Herz herauszuschneiden, so wird diese Mittheilung Ihr Interesse und Ihre Aufmerksamkeit für den anzustellenden Versuch hoffentlich ebenso wenig beeinträchtigen, als der Appetit und das heitere Gleichgewicht der Gemüthsstimmung einer Tischgesellschaft gestört wird, welcher man eine Schüssel gebratener Tauben vorsetzt — trotzdem dass jeder Theilnehmer sehr gut weiss, wie vor wenigen Stunden diesen unschuldigen, gefiederten Geschöpfen die Häuse umgedreht und die Köpfe grausam abgerissen wurden.

Ich kehre zu dem Herzen unseres auf dem Altar der Wissenschaft geopfertem Frosche zurück. Dasselbe hat wie gesagt, nicht aufgehört zu pulsiren — ja es kann, gegen Trockniss und Kälte geschützt, noch Stunden lang fortfahren rhythmisch und kräftig zu schlagen, wie wenn es noch ungestört an seinem natürlichen Platze, im lebenden Körper sässe.

Es eignet sich somit vortrefflich zur Demonstration des Rhythmus der Herzbewegung. Bei der Grösse dieser Versammlung würde der Versuch jedoch vergeblich sein, das winzige Object den einzelnen Theilnehmern herumzuzeigen. Um dennoch zum Ziele zu kommen und Sie alle zu Augenzeugen der rhythmischen Thätigkeit des Herzens zu machen, werde ich eine kleine optische Vorrichtung benutzen, welche ich vor einigen Jahren für solche Gelegenheiten eronnen und Kardioskop, d. h. Herz- oder Pulsspiegel genannt habe (vgl. Fig. 5).

Der Pulsspiegel ist ein kleines, leichtes Spiegelchen von Glas oder Metall, welches durch den leisesten Anstoss um eine horizontale Axe hebelartig auf- und abbewegt werden kann und mit dem pulsirenden Körper so in Berührung zu bringen ist, dass sich die Pulsationen des letztern auf dasselbe übertragen. Indem nun die Spiegelfläche mit grellem Lichte beleuchtet wird, entsteht durch Reflexion auf einer gegenüber liegenden Wand ein weithin sichtbares Lichtbild, welches

die hebelartigen Bewegungen des Spiegelchens und somit die Bewegungen des pulsirenden Körpers genau und in vergrössertem Maassstabe zur Anschauung bringt.

Ich werde also für unsern Zweck zwei solcher Spiegelchen nehmen, das eine auf die Vorkammer, das andere auf die Kammer des schlagenden Froschherzens legen, sodann eine concentrirte Beleuchtung erzeugen und die entstandenen Lichtbilder vertical übereinander auf jenen weissen Schirm werfen. Sie gestatten, dass ich für einige Augenblicke sämtliche Lichter im Saale auslöschen lasse, um den Raum möglichst zu verdunkeln.

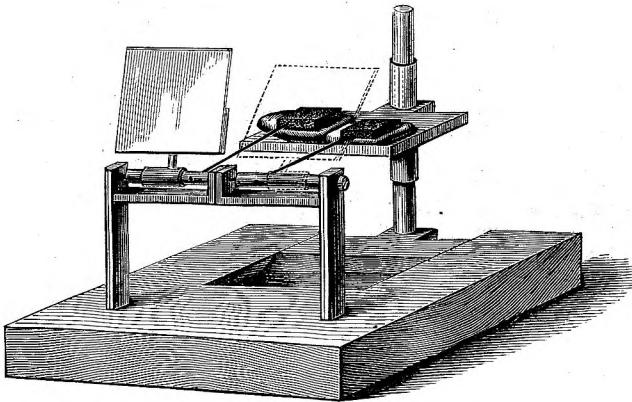


Fig. 5. Das Kardioskop.

Man erkennt das ausgeschnittene Froschherz auf der horizontalen Platte des verschiebbaren Trägers. Auf der Herzkammer (links) sowol als auf den Vorkammern (rechts) liegen kleine viereckige Korkplättchen, in welche die Spitzen von Nadeln eingestochen sind, die in den horizontalen Axen festsitzen, welche die Spiegelchen (von denen das eine nur durch punktirte Linien angedeutet ist) vermittelst kleiner, federnder Messinghülschen tragen.

Die in der Finsterniss wie ein paar Mondscheiben leuchtenden, auf- und niederbewegten Lichtbilder werden den Rhythmus der Aufeinanderfolge von Systole und Diastole der Vorkammer und Kammer des winzigen Froschherzens Ihnen allen sichtbar wiedergeben (vgl. Fig. 6).

Sie sehen jetzt in der That zwei mondscheibenartige Lichtbilder auf jener Wandtafel, welche sich nach einem bestimmten Rhythmus auf- und niederbewegen. Jedes derselben geht von einem bestimmten Punkte, den es während der Ruhe einnimmt, nach unten und kehrt alsbald nach oben auf denselben Punkt zurück. Das Heruntergehen bedeutet Systole, das Zurückkehren nach oben Diastole des betreffenden Herzabschnitts.

Bemerken Sie, wie das obere, den Vorkammern entsprechende Lichtbild einen kürzern Weg macht, und längere Zeit in Ruhe verharret, als das untere Lichtbild, welches den Bewegungen der Kammer folgt. Bemerken Sie ferner, wie es das obere Lichtbild ist, welches nach

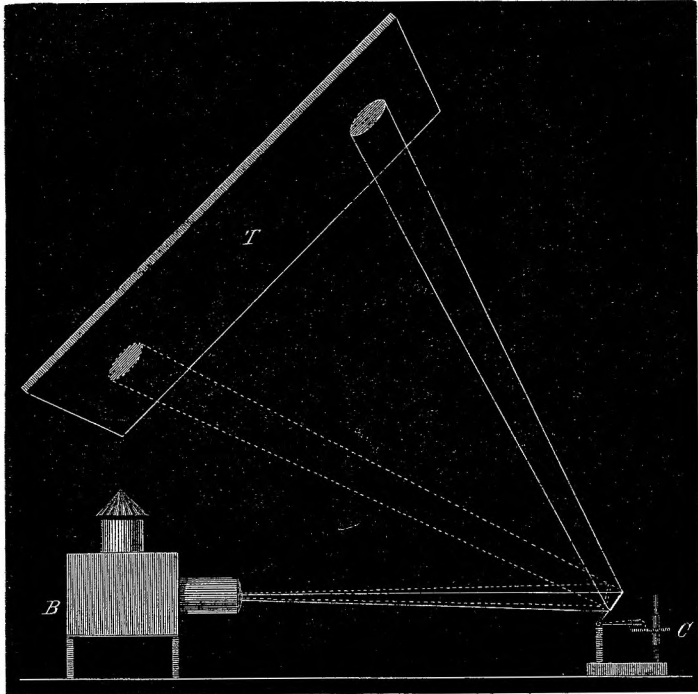


Fig. 6. Dient zur Erläuterung der Demonstration des Rhythmus der Herzbewegung mittelst des Kardioskops.

Bei *B* erkennt man eine der Laterna-magica ähnliche Beleuchtungsanordnung, bei *C* das Kardioskop — letzteres unverhältnissmässig gross, und im strengen Profil gezeichnet, um die Stellung der Spiegelchen und der Nadeln, die Korkplättchen auf den beiden Herzabschnitten, sowie den Gang der Lichtstrahlen deutlich sichtbar zu machen. Zur Vermehrung der Deutlichkeit sind überdies punktirt und ausgezogene Linien verwendet worden, und zwar die erstern für die Lichtstrahlen, das Spiegelchen und die Nadel, welche mit der Kammer in Beziehung stehen, die letztern für die gleichnamigen Objecte, die auf die Vorkammer Bezug haben. Endlich wurde auch noch die Kammer im Moment der Systole gezeichnet, um über die diastolisch-platten Vorkammern hinweg sichtbar zu werden. *T* ist eine mit weissem Papier überzogene grosse Wandtafel, welche schräg aufgehängt, die mond-scheibenartigen Lichtbilder in einer senkrechten Linie übereinander auffängt. Das obere entspricht, wie sich leicht verfolgen lässt, den Vorkammern, und nimmt augenblicklich seine höchste Stellung — die Ruhestellung für die Diastole ein; während das untere der Kammer entspricht und seine tiefste Stellung — die Stellung für das Maximum der systolischen Contraction einnimmt. —

jeder Ruhepause den Ablauf der Bewegungen von neuem beginnt und einleitet, und wie das untere Lichtbild sich erst dann zu bewegen anfängt, wenn das obere seinen Niedergang bereits vollendet hat und eben den Rückweg antritt. Ja, sieht es nicht fast aus, wie wenn das obere Lichtbild erst niederzucken müsste, um das untere zu erreichen, anzustossen und in Bewegung zu setzen?

Durch längere Betrachtung dieses zierlichen Schauspiels wird es Ihnen leicht sein, den Rhythmus des Herzschlags vollständig aufzufassen.¹⁾

Ich lasse die Lichter im Saale wieder anzünden — eine kleine Störung, die leicht zu vermeiden gewesen wäre, wenn wir uns hier im Rosensaale bereits einer Gasbeleuchtung erfreuten! —

Nachdem ich Ihnen eben den Rhythmus der Herzthätigkeit auseinandergesetzt und an einem ausgeschnittenen Froschherzen durch mein Kardioskop anschaulich gemacht habe, gehe ich jetzt zur Erläuterung des Mechanismus des Herzens als eines Pumpwerkes über, d. h. zur Erklärung der Art und Weise, wie das Herz durch die abwechselnden Zusammenziehungen und Erschlaffungen seiner vier Abschnitte und durch das Spiel seiner Klappen oder Ventile das Blut im Gefässsystem des Körpers in einer kreisenden Bewegung von bestimmter Richtung umhertreibt.

Werfen Sie nochmals einen Blick auf die Durchschnittszeichnung der beiden Herzhälften (Fig. 3), und denken Sie sich, dass alle vier Abschnitte in Erschlaffung begriffen und vollständig mit Blut gefüllt sind.

Nach dem auseinandergesetzten Rhythmus der Herzbewegung

¹ Um dem Leser eine Vorstellung von der beschriebenen Demonstration mit dem Kardioskop zu geben und ihn zugleich in den Stand zu setzen, sich den Rhythmus der Herzbewegung mit derselben Anschaulichkeit vorzuführen, wie wenn er einer solchen Demonstration selbst beiwohnte, habe ich die Fig. 7 auf der Tafel 1 entworfen. Der Leser braucht nämlich diese Tafel nur herauszunehmen, auf ein Stück Pappe aufziehen und die schwarze Scheibe sowie die weissen Spalten an ihrer Peripherie sauber ausschneiden zu lassen, dann eine lange dicke Stecknadel genau durch den Mittelpunkt der Scheibe in einen Kork zu stossen, um die Scheibe um eine horizontale Axe leicht drehbar zu machen, und endlich den Kork, in welchem die als Drehungsaxe dienende Nadel steckt, an einen Stiel zu befestigen, mit der linken Hand den Stiel zu halten, mit der andern die Scheibe nach rechts in Schwung zu versetzen und vom Rücken der Scheibe her durch die Spalten am Rande in einen Spiegel zu blicken, in welchem sich die Zeichnung der schwarzen Scheibe mit ihren weissen Kreisflächen spiegelt (vgl. das Figürchen neben der schwarzen Scheibe); so wird er — wenn ihm derartige optische Vorrichtungen überhaupt noch nicht bekannt sein sollten — mit Staunen gewahren, dass sich die weissen Kreisflächen innerhalb der viereckigen Felder lebhaft auf- und niederbewegen und zwar genau in derselben Art und mit demselben Rhythmus wie die mondscheibenähnlichen Lichtbilder der Herzspiegeln bei der durch Fig. 6 erläuterten Demonstration. Die obern, mehr nach der Peripherie liegenden weissen Kreisflächen entsprechen dem Vorkammerlichtbilde, die untern dem Kammerlichtbilde auf der Wandtafel T in Fig. 6. Sie führen genau dieselben Bewegungen aus wie jene Lichtbilder bei der wirklichen Demonstration, und können daher wie diese den Rhythmus der Herzbewegungen vollkommen anschaulich machen.

tritt die kurze Zusammenziehung oder Systole der Vorhöfe zuerst auf, und zwar beginnt sie an den Mündungen der grossen Venenstämmen und pflanzt sich mit grosser Geschwindigkeit über die ganze Vorkammer fort.

Der grösste Theil des eingeschlossenen Blutes wird infolge dessen durch die klaffenden Zipfelklappen in die schon gefüllten Kammern hineingetrieben und muss dieselben plötzlich ausdehnen. Wie nun die kurze Zusammenziehung der Vorkammer nachlässt, schliessen sich die Zipfelklappen sofort, indem das in die erschlaffende Vorkammer aus dem überfüllten und gespannten Ventrikel infolge elastischen Rückschlags zurückstrebende Blut die einzelnen Zipfel segelartig hervorwölbt und gegeneinanderpresst. Ein Umschlagen der Zipfel nach oben verhindern die Sehnenfäden, die vom Rande und der untern Fläche derselben nach unten zu den warzenförmig vorspringenden Muskelzapfen des Grundes der Kammern gehen. Das Blut versperrt sich auf diese Weise selbst den Rückweg und bleibt in der Kammer eingeschlossen.

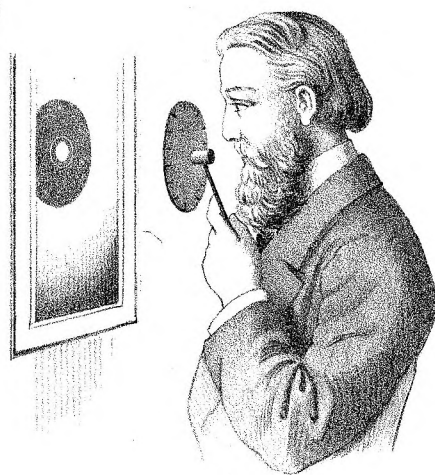
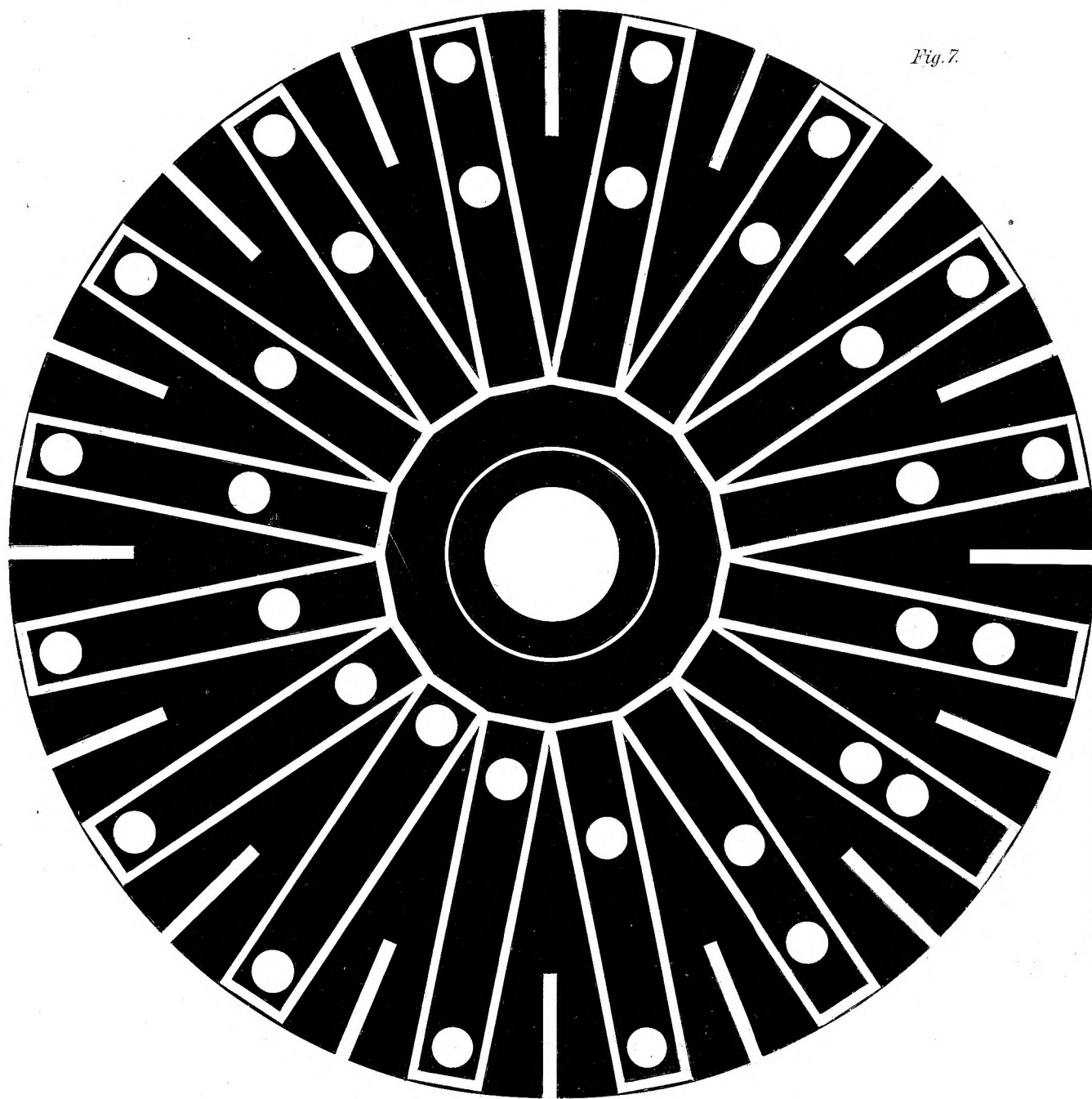
Dies alles ist das Werk eines Augenblicks am Ende der Vorhofsystole, und wenn nun auf die Vorhofsystole, wie Sie sahen, sofort die Systole der Kammer erfolgt, so muss sie das in ihr eingeschlossene Blut durch die sich in dieser Richtung leicht öffnenden Taschenventile in die Arterien hineintreiben, da kein anderer Weg offen steht, auf dem das gepresste Blut entweichen könnte, denn die geschlossenen Zipfelklappen schliessen nur um so sicherer und fester, je mehr der Druck von unten wächst.

Nachdem sich die Kammer von Blut entleert hat, verfällt sie in Erschlaffung. Das Blut würde nun sofort aus den überfüllten Arterien in dieselbe zurückströmen, wenn nicht die Taschenventile der Arterienwurzeln durch das zurückstrebende Blut selbst im Augenblicke entfaltet, aufgebläht, gegeneinandergesprengt und geschlossen würden, wie vorhin die Zipfelklappen zwischen Vorhof und Ventrikel.

Die erschlaffende Kammer kann sich also nur von der Vorhofseite her mit neuem Venenblute füllen, denn die Zipfelklappen öffnen sich in dieser Richtung widerstandslos, während die Taschenventile fest geschlossen bleiben.

In dem nun eintretenden Moment der Pause wird das in allen vier Abschnitten erschlaffte Herz wieder vollständig mit Blut aus den Venen gefüllt und der folgende Herzschlag pumpt es neuerdings in die Arterien hinein — und so fort und fort, so dass durch den angegebenen Mechanismus der Herzpumpe die Venen immerfort entleert, die Arterien immerfort gefüllt werden.

Fig. 7.



Die Herzpumpe fördert nur in der Richtung von den Venen gegen die Arterien, nicht aber umgekehrt, weil die Ventile nur in der ersten Richtung sich öffnen, in der letzteren aber, wie angegeben, absolut schliessen.

So also wirkt das Herz als Pumpwerk! Wie kommt nun durch diese rhythmische Herzwirkung eine continuirliche Kreislaufbewegung des Blutes innerhalb des in sich geschlossenen Gefässröhrencirkels zu Stande?

Einfach so: Wir sahen, dass das Blut durch das schlagende Herz aus den Venen fort und fort in die Arterien hinübergepumpt wird. Mit jedem Herzschlag steigt der Druck und die Spannung des Blutes in den sich überfüllenden elastischen Arterien, wodurch, beiläufig bemerkt, der sogenannte Puls entsteht, während Druck und Spannung in den sich entleerenden Venen fällt.

Da nun die Arterien mit den Venen durch die Capillarröhren unmittelbar zusammenhängen, so muss das Blut aus den Arterien durch die Capillaren hindurch in die Venen überströmen.

Wohin sonst könnte auch das in die Arterien eingepumpte Blut entweichen? Direct ins Herz zurück kann es nicht, weil die Taschenventile an den Arterienwurzeln den Weg in dieser Richtung sperren, anderweitige Oeffnungen in den Wänden gibt es nicht — also muss das Blut gegen die Capillaren fließen und durch die Capillaren in die Venen hineingepresst werden und in diesen wieder nach dem Herzen zurückströmen.

Indem nun die Spannung und Ueberfüllung der Arterien eine solche Höhe erreicht, dass eine genau gleiche Blutmenge continuirlich aus den Arterien durch die Capillaren in die Venen überströmen muss, als das pumpende Herz rhythmisch aus diesen letzteren in die Arterien hinübertreibt — so wird Ihnen ohne Zweifel klar sein, wie sich auf diese Weise durch die rhythmische Herzthätigkeit eine das ganze Leben hindurch dauernde Circulation des Blutes von der angegebenen Strömungsrichtung innerhalb des Gefässröhrencirkels herstellt! —

Werfen wir jetzt nochmals einen Blick auf das Schema der Gefässröhrencirkel (vgl. Fig. 4), um den Kreislauf und die augenfälligen Veränderungen des strömenden Blutes innerhalb des Gefässsystems im Zusammenhange zu verfolgen, so ergibt sich Folgendes:

Das Blut strömt vom linken Ventrikel durch die Arterien (*a*) nach den Capillaren (*c*) aller Körpertheile (*K*), in denen es Sauerstoff abgibt, Kohlensäure aufnimmt und seine hellrothe Farbe verliert; dann strömt es aus diesen Körpercapillaren durch die Venen (*v*) in den rechten Vorhof, aus dem rechten Vorhof in die rechte Kammer (wie

der krumme Pfeil anzeigt), aus der rechten Kammer durch die Lungenarterien (a') in die Capillaren (c') der Lunge (L), in denen es wieder Sauerstoff aus der Luft aufnimmt, Kohlensäure und Wasserdampf abgibt und wieder hellroth wird, und gelangt durch die Lungenvenen (v') in den linken Vorhof, um endlich wieder in die linke Kammer zurückzukommen und den angegebenen Kreislauf (in der Richtung der Pfeile) neuerdings zu beginnen und (solange die Herzthätigkeit andauert) continuirlich fortzusetzen.

Der erörterte Kreislauf besteht aus zwei Abschnitten: dem sogenannten grossen oder Körperkreislauf und dem kleinen oder Lungenkreislauf. Die Arterien des grossen Kreislaufs (a) führen hellrothes, sogenanntes arterielles Blut, die Venen (v) dagegen dunkles oder venöses Blut — umgekehrt im kleinen Kreislauf; die Arterien (a') führen da dunkles oder venöses, die Venen (v') hingegen helles arterielles Blut.

In Fig. 4 sind die Abschnitte des Gefässsystems, welche dunkles Blut führen, durch eine leichte Schattirung ausgezeichnet. Der Begriff Arterie und Vene wird nicht durch die Färbung des Blutes bestimmt, das sie führen, sondern durch die Richtung, in welcher sie es führen. Arterien sind solche Gefässe, die das Blut vom Herzen weg nach der Peripherie führen; Venen hingegen solche, in denen Blut zum Herzen zurückkommt.

Um Ihnen endlich noch beiläufig den Sinn und die Bedeutung der ganzen Einrichtungen und Erscheinungen des Blutkreislaufs verständlich zu machen, muss ich Sie daran erinnern, was schon Mephisto sagt, als er vom widerstrebenden Faust die Unterschrift des Pactes mit einem Tröpfchen Blut verlangt: »Blut ist ein ganz besonderer Saft!« In der That, Blut ist auch ein ganz besonderer Saft von höchster physiologischer Bedeutung — denn das Blut stellt, physiologisch betrachtet, die grosse Vorrathskammer von Kraft und Stoff dar, in welche alle Einnahmen an Ernährungs- und Brennmaterial durch die Verdauungs- und Athmungswerkzeuge fliessen, und aus welcher auch wiederum alle Ausgaben zur Erhaltung der Structur und der Lebensthätigkeiten der einzelnen Organe, und somit des ganzen Organismus bestritten werden. Ohne den Wechsel und die Erneuerung des Blutes kann das Leben nicht bestehen — ja, wird der Zufluss von hellrothem, lebenskräftigem Blut einem einzelnen Organe abgeschnitten, so stellt es seine Thätigkeit ein und stirbt bei lebendigem Leibe ab — denn jedes Organ schöpft nur aus dem durch seine Capillargefässe strömenden Blute die materiellen Bedingungen seiner Erhaltung und Kraftentwicklung und gibt an

dasselbe dagegen die Zersetzungsproducte und Rückstände seines Verbrauchs ab.

Deshalb also muss das Blut circuliren, wenn es nicht alsbald erschöpft und unbrauchbar werden soll, sondern wenn es im Gegentheile sich in seiner normalen lebenskräftigen Zusammensetzung behaupten und dem ganzen Organismus auf die Dauer das Leben erhalten soll.

Deshalb haben auch die speciellen Circulationsverhältnisse des Blutes in den einzelnen Organen und die dieselben beherrschenden Herzbewegungen und Gefässverengerungen und Gefässerweiterungen eine so hohe Bedeutung für alle Lebensthätigkeiten, mögen sie nun blos materieller oder zugleich auch höherer, geistiger Natur sein.

Auf diese wenigen Andeutungen muss ich mich für jetzt beschränken; jedenfalls werden dieselben genügen, um Sie den weiten Abstand der unmittelbaren, mechanischen Wirkungssphäre des Herzens von — und zugleich die, wenn auch entfernte Beziehung derselben zu dem Erscheinungskreise des Gemüthslebens — mit dem es nichtsdestoweniger in so wunderbar innigem Zusammenhange steht — ermessen zu lassen.

Vielleicht ist es mir bei einer andern Gelegenheit vergönnt, Ihnen das reiche Bild der vegetativen Lebensvorgänge, welches ich hier kaum im flüchtigsten Umriss skizziren konnte, im Detail auszumalen! — Für heute habe ich jedoch eine andere Aufgabe zu lösen!

Alles was ich bisher behandelt, waren Mittheilungen, welche nur zum Verständniss des eigentlichen Hauptthemas meines Vortrags führen sollten — zum Verständniss der physiologischen Erklärung jenes oft erwähnten Zusammenhangs zwischen den Regungen des Gemüths und der Thätigkeit des Herzens.

Lassen Sie uns hier einen Moment stillstehen und einen raschen Blick auf das bisher Dargelegte zurückwerfen!

Zuerst haben wir die äussere Gestalt und den innern Bau des Herzens betrachtet; sodann haben wir die rhythmische Thätigkeit und den Mechanismus der Herzpumpe erörtert; und endlich haben wir die hierdurch hervorgebrachte Kreislaufsbewegung des Blutes innerhalb des grossen und kleinen Gefässröhrencirkels kennen gelernt und ihre Beziehung zur Erhaltung aller Lebensäusserungen berührt.

Jetzt — nachdem Sie mit dem Wesen und der functionellen Bedeutung der Bewegungen des Herzens näher vertraut sind — jetzt kann ich zur Auseinandersetzung des Einflusses schreiten, welchen das Nervensystem auf das Herz ausübt, — woraus sich dann von selbst

ergeben wird, wie und auf welche Weise die Regungen des Gemüths, eben vermittelt des Nervensystems, den Herzschlag zu verändern im Stande sind!

Indem ich diese letzte Auseinandersetzung beginne, muss ich Ihnen zunächst erklären, wie es überhaupt zu den rhythmischen Zusammenziehungen und Erschlaffungen der Herzabschnitte kommt.

Das Herz enthält die Bedingungen seiner rhythmischen Thätigkeit in sich selbst — denn nicht nur beim Frosche, wie Sie selbst vorhin sahen, — und noch jetzt an den Bewegungen der durch die Beleuchtung im Saale verblassten mondscheibenartigen Lichtbilder des fortarbeitenden Kardioskops wahrnehmen können — sondern auch bei den höheren Wirbelthieren, ja — wie Versuche an eben Enthaupteten lehren, sogar beim Menschen, fährt das aus dem Körper ganz herausgeschnittene Herz einige Zeit fort regelmässig rhythmisch zu schlagen.

Die Anregung und Triebkraft zu seiner rhythmischen Thätigkeit empfängt das Herz nämlich unmittelbar von einem besondern Nervensystem, welches im Herzen selbst eingebettet ist — und aus zerstreuten Häufchen von mikroskopisch kleinen sogenannten Ganglienbläschen oder Nervenzellen besteht, aus denen zahlreiche Nervenfädchen entspringen, deren feinste Ausläufer in die Fleisch- oder Muskelfasern des Herzens eindringen und daselbst ihr Ende finden. In den Ganglien- oder Nervenzellen entstehen durch die ununterbrochenen Ernährungsvorgänge jene der Nervensubstanz eigenthümlichen Erregungszustände, welche sich als motorische oder Bewegungsimpulse — wie elektrische Depeschen im telegraphischen Leitungsdraht — innerhalb der Nervenfädchen bis in die Herzmuskelfasern hinein fortpflanzen und die letztern zur Zusammenziehung veranlassen!

Diese motorischen Impulse und die von ihnen veranlassten Zusammenziehungen der Herzwandungen erfolgen aber deshalb rhythmisch unterbrochen durch Momente der Ruhe und Erschlaffung — weil die in den Nervenzellen entstehenden Erregungszustände auf Widerstände stossen und sich daher erst nach Ueberwindung dieser Widerstände — also rhythmisch unterbrochen — fortpflanzen und auf die Muskelfasern übertragen können.

Wären innerhalb des Herznervensystems keine Einrichtungen zur Entstehung solcher Widerstände vorhanden, so könnte es auch begreiflich keinen rhythmischen Wechsel von Zusammenziehung und Erschlaffung, von Systole und Diastole geben, weil die Herzwandungen infolge des ununterbrochenen Nervenreizes fortwährend zusammen-

gezogen bleiben würden, oder wir müssten, auf jede Erklärung im voraus verzichtend, annehmen, dass die Entstehung des Nervenreizes nun einmal eine rhythmisch unterbrochene sei!

Die Rhythmik des Herzens findet also ihre einfache und vollständige Erklärung in der Voraussetzung von Widerstandseinrichtungen im Herznervensystem.

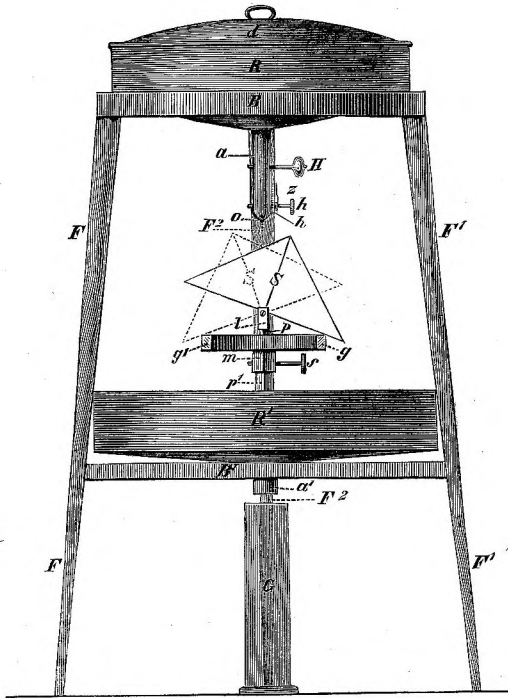


Fig. 8. Mechanisches Schema zur Erläuterung der Innervation des Herzens.

R Wasserreservoir mit Deckel (*d*), getragen von dem Holzgestell *B*, *F*, *F'*, *F2*. An der Abflussröhre *a*, deren Mündung bei *o* ist, befindet sich der Haupt- oder Sperrhahn *H*. Bei *h* ist ein zweiter oder Regulationshahn, der mit einem Zeiger *z* auf der im Profil gezeichneten Kreiseintheilung streift; er dient zur Vergrößerung und Verkleinerung der Abflussöffnung *o*. *S* ein um die horizontale Achse frei bewegliches, durch eine verticale Scheidewand in zwei Fächer getheilt Gefäß oder Schiffchen. Das Lager (*l*) der horizontalen Achse ist am Ende des Stahlprismas *p*, *p'* aufgeschraubt. *m* eine auf demselben Prisma, durch die Schraube *s* höher und tiefer einstellbare Messinghülle, welche eine Metallgabel trägt, deren horizontale Arme *g*, *g'* zur Unterstützung des Schiffchens *S* dienen, wenn es nach rechts oder links umkippt. (Siehe die punktirten und die ausgezogenen Umrisse von *S*.) *R'* Abflussreservoir, dessen Röhre *a'* das Brett *B'* des Gestells durchbohrt; *G* Glaseylinder zum Auffangen des abfließenden Wassers.

Um Ihnen das Gesagte anschaulich zu machen und zu zeigen, wie eine ununterbrochene Triebkraft durch Einschaltung und Ueberwindung von Widerständen in einzelne rhythmische Impulse zerlegt wird, erlaube ich mir Ihnen ein mechanisches Schema vor Augen zu stellen, welches ich vor einigen Jahren als ein didaktisches Hilfsmittel

zur Erläuterung der Innervation des Herzens eingerichtet und beschrieben habe (Fig. 8).

Wir werden es im weitem Verlaufe unserer Unterhaltung noch öfter benutzen. Sie sehen hier auf einem Holzgestelle *B*, *F*, *F*¹ *F*² ein Wasserreservoir (*R*) mit dem Deckel (*d*).

Wenn ich den Haupthahn desselben (*H*) öffne — so strömt das Wasser ununterbrochen in den Glascylinder. Schalte ich jedoch einen Widerstand ein in Form eines zweifächerigen um eine horizontale Axe beweglichen Gefässes oder Schiffchens (*S*), so sehen Sie, wie das Wasser sofort rhythmisch unterbrochen in einzelnen Pulsen abfließt — indem sich das Wasser so lange in dem einen Fache des schräg gestellten Schiffchens anhäufen muss, bis es den Widerstand desselben überwindet und das Ganze zum Umkippen bringt, worauf dasselbe Spiel am zweiten Fache beginnt und das Schiffchen rhythmisch hin- und hergeworfen wird.

Hier haben Sie ein anschauliches Bild, in welcher Weise das Herznervensystem mit seinen Widerstandseinrichtungen die rhythmischen Herzbewegungen zu Stande bringen könnte, — denn unsere Maschine arbeitet ganz ähnlich rhythmisch wie das Herz — so verschieden auch sonst die beiden Apparate sind.

Die ununterbrochene Triebkraft in der Maschine ist das aus dem Reservoir fallende Wasser — im Herznervensystem ist die Triebkraft die in den Ganglien continuirlich entstehende Nervenerregung.

Beide Triebkräfte stossen im weitem Verlaufe auf Widerstände und können sich (da sie diese erst überwinden müssen, um wirksam zu werden) nur rhythmisch unterbrochen äussern — am Herzen durch den Wechsel von Systole und Diastole — an der Maschine durch das pendelartige, durch Ruhemomente unterbrochene Umkippen des Schiffchens (*S*).

Das eben betrachtete, dem Herzen eigenthümliche Nervensystem mit seinen Widerstandsvorrichtungen — durch dessen automatische, d. h. selbstständige Thätigkeit die rhythmischen Bewegungen des Herzens nach Zahl und Energie veranlasst und unmittelbar beherrscht werden; besitzt jedoch keine absolute anatomische und physiologische Selbstständigkeit! Es hängt vielmehr durch zwei functionell verschiedene Nervenfasernzüge mit dem Gehirn zusammen und wird auf diesen beiden Wegen von den Zuständen des Gehirns in seiner Thätigkeit — (von der wie gesagt die Zahl und Energie der Herzschläge unmittelbar abhängt) — beeinflusst.

Es entspringen nämlich von zwei differenten Gegenden im Innern des Gehirns zwei besondere Nervenfasernzüge, welche zum Herzen

und den Blutgefäßen hinabsteigen und (daselbst ihr Ende findend) verschiedene Wirkungen auf die Thätigkeit des Herznervensystems und somit auf den Herzschlag selbst ausüben.

Die neuere Experimentalphysiologie, welche sich die Aufgabe stellt die normalen Lebensvorgänge zu ermitteln und aus den erkannten materiellen Bedingungen mit Nothwendigkeit herzuleiten — d. h. zu erklären — hat hierüber folgende wichtige Thatsachen sichergestellt.

a) Der eine dieser Nervenfasernzüge, welcher vom Gehirn durch das Rückenmark und weiterhin zum Theil durch die Bahnen des sogenannten sympathischen Nervensystems an seinen Bestimmungsort gelangt — enthält Nerven, die (wenn sie gereizt werden) die Thätigkeit des Herznervensystems erhöhen, indem sie die in den Ganglien entstehenden Triebkräfte und Reizungszustände mittelbar oder unmittelbar vermehren. Die Energie der Herzarbeit wächst infolge dessen. Der Entdecker jenes Theiles dieser Nerven, welche die Frequenz der Herzschläge unmittelbar erhöhen, mein Vorgänger im Amte, Professor VON BEZOLD, hat dieselben deshalb die excitirenden Nerven genannt. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass jener andere Theil dieser Nerven, welcher die Herzthätigkeit nur mittelbar oder indirect vermehrt, die schon längst bekannten Gefässnerven sind, welche gar nicht ins Herz selbst gelangen, sondern in den contractilen Wandungen der Gefäße ihre Verbreitungsgebiete haben. Aber, indem sie die Gefässwandungen zur Zusammenziehung veranlassen und hierdurch eine mächtige Steigerung des Blutdrucks bewirken, vermehren sie ebenfalls — wenn auch nur indirect — die Energie der Herzthätigkeit.

Es würde mich zu weit führen, wollte ich Ihnen genaueren Bericht über die Fortschritte abstaten, welche seit den bahnbrechenden Untersuchungen VON BEZOLD's auf diesem Gebiete der Experimentalphysiologie gemacht worden sind. Für unseren Zweck genügt es zu wissen, dass es Nerven gibt, deren Bahnen man kennt, welche das Herz excitiren, gleichgültig ob sie dies mittelbar, wie die Gefässnerven, oder unmittelbar, wie die VON BEZOLD'schen Nerven thun.

b) Der zweite der beiden die Thätigkeit des Herznervensystems beeinflussenden Nervenfasernzüge, welcher auch vom Gehirn entspringend, direct in der Bahn des sogenannten herumschweifenden Nerven oder Nervus vagus an beiden Seiten des Halses zum Herzen hinabsteigt, führt hingegen Nerven, deren Reizung die Herzthätigkeit hemmen, indem sie die Widerstandseinrichtungen des Herznervensystems verstärken, so dass sich die Pausen zwischen den Herz-

schlägen vergrössern und das Herz sogar längere Zeit in Erschlaffung stillsteht.

Man hat sie die hemmenden oder regulirenden Nerven genannt; sie wurden vor Decennien von den Gebrüdern WEBER in Leipzig entdeckt.

Um Ihnen die erwähnten Wirkungen der excitirenden sowol als der regulirenden oder hemmenden Nerven recht anschaulich zu machen, greife ich wieder zu unserer Maschine (Fig. 8), welche, wie wir sahen, nach demselben mechanischen Princip arbeitet wie das Herznervensystem. — An ihr müssen sich daher auch die excitirenden und die hemmenden Wirkungen demonstrieren lassen. Die ersteren dadurch, dass wir die Triebkraft vergrössern — indem wir den Regulationshahn (*h*) des Wasserreservoirs (*R*) weiter aufdrehen. Ich setze die Maschine in Gang, indem ich den Haupthahn (*H*) öffne. Nun drehe ich den zweiten Hahn (*h*) um einige Grade weiter auf. Sie sehen, die Zahl und Energie der Pulsationen des Schiffchens (*S*) vermehrt sich sofort. Hört die Reizung der excitirenden Nerven auf, so stellt sich die frühere Schlagfolge wieder her. An unserm Schema geschieht dasselbe, wenn ich dem Hahn (*h*) durch Zurückdrehen seine frühere Stellung wiedergebe. Die letzteren, die hemmenden Wirkungen hingegen imitiren wir durch Vergrösserung des Widerstandes — also dadurch, dass wir das Umkippen des Schiffchens erschweren, indem wir es schräger stellen. Dazu dient die Schraube (*s*), welche die Gabel (*g*, *g'*) an dem Prisma (*p*, *p'*) verstellt. Ich schraube die Gabel tiefer herunter und, Sie sehen, die Pausen zwischen zwei Umkippen des Schiffchens *S* vergrössern sich sehr merklich, weil sich nun eine grössere Menge Wasser ansammeln muss, um das Schiffchen zum Umkippen bringen zu können — ja, wenn ich die Gabel plötzlich eine grössere Strecke hinunterschraube, so bleibt das Schiffchen längere Zeit ganz bewegungslos — (Stillstand des Herzens in Diastole).

Zum Herznervensystem, welches die Herzbewegungen unmittelbar beherrscht, zurückkehrend, darf ich wol sagen, dass Ihnen nun die entgegengesetzte Wirkung der hemmenden und der excitirenden Nerven auf dasselbe anschaulich geworden sein wird.

Durch die von den Gehirnzuständen abhängige äusserst mannichfach abgestufte Gegenwirkung, d. h. durch die Steigerung oder Schwächung des einen oder des anderen, oder beider dieser Einflüsse wird thatsächlich in jedem Momente des Lebens die Thätigkeit des Herznervensystems bestimmt und von dieser hängt dann unmittelbar die Häufigkeit und Stärke der Herzschläge in ihrer unendlichen Mannichfaltigkeit ab!

Es kommen hier im Allgemeinen die folgenden vier Fälle in Betracht.

1) Ist der erregende Einfluss des Gehirns auf die excitirenden Nerven sowol als auf die hemmenden ein sehr geringer oder gleich Null, so arbeitet das Herz energielos, die Pulse sind verhältnissmässig selten und schwach.

2) Steigt einseitig der excitirende Einfluss, so nimmt die Zahl der Herzschläge immer mehr zu, ohne dass die Energie der Schläge entsprechend vermehrt würde. Der Herzschlag ist häufig, aber schwach.

3) Ueberwiegt plötzlich die Wirkung der hemmenden Nerven, so bleibt das Herz kürzere oder längere Zeit in Erschlaffung ganz stillstehen, oder schlägt nur in längeren Pausen fort; die Energie der einzelnen Schläge ist aber vermehrt. Der Herzschlag wird also selten, aber stark sein.

Endlich 4) steigert sich die Reizung in beiden Nervenbahnen zugleich, so kommt es zu jener stürmischen Herzaction, welche so viele unserer heftigen und leidenschaftlichen Gemüthsaffecte begleitet. Das Herz pocht stark und zugleich sehr frequent. So also beherrscht das Gehirn mittelst jener beiden Nervenbahnen den Herzschlag. —

Werden diese Bahnen durchschnitten, so ist das verknüpfende Band zerrissen — der Einfluss des Gehirns auf das Herz ist damit vernichtet! Beweis genug, dass es keinen andern, etwa gar mysteriösen Zusammenhang mittelst der berückichtigten sogenannten Lebenskraft zwischen Hirn und Herz gibt.

Ich könnte Ihnen begreiflicher Weise alle diese vier möglichen Fälle an dem mechanischen Schema durch entsprechende Handhabung des Regulationshahns (*h*) und der Widerstandsschraube (*s*) anschaulich vorführen. Ich könnte auf mechanisch ganz analoge Einflüsse und ganz so, wie wir am Herzen beobachten, seltene und schwache, häufige und schwache, seltene, aber starke und endlich häufige und starke Pulsationen des Schiffchens in allmählichem oder plötzlichem, regelmässigem und unregelmässigem Wechsel hervorbringen; — allein hierauf verzichte ich und will Ihnen lieber den dritten Fall — die hemmende Wirkung der plötzlichen Reizung der in der Vagusbahn verlaufenden Nerven am lebenden Menschen — an mir selbst durch ein Experiment unmittelbar zeigen!

Ich habe nämlich die Entdeckung gemacht, dass mein rechter Nervus vagus, durch eine Eigenthümlichkeit seiner Lagerungsverhältnisse und Umgebung am Halse — an einer bestimmten Stelle dem

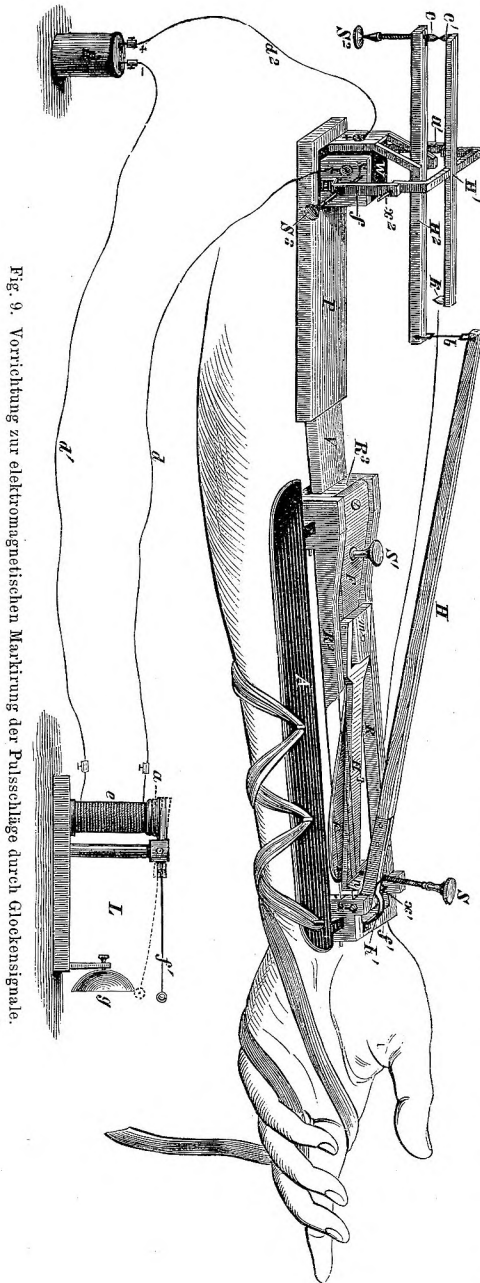


Fig. 9. Vorrichtung zur elektromagnetischen Markierung der Pulsschläge durch Glockensignale.

L der elektromagnetische Läutapparat, *e* der Anker *a* des Hebels *f* so lange anzieht, als der aus der Batterie *B* stammende elektrische Strom in den Leitungsdrähten *d*, *d*¹, *d*² kreist. Im Moment der Unterbrechung des Stromes fällt der Hebel *f* und wippt (wie die punktirte Linie zeigt) mit seinem Kugelende nach der Glocke *g*, welche ein lautes Tonsignal gibt. *R*, *R*¹, *R*² und *R*³ ist ein vierseitiger Messingrahmen; der Schenkel *R*² ist in seiner vorderen Hälfte wie abgebroschen gezeichnet, damit er die dahinter liegenden Theile des Apparats nicht verdecke; man wird ihn leicht in Gedanken ergänzen. Der vierseitige Messingrahmen ist durch zwei bewegliche, mit Leder gefütterte Blechschielen, von denen natürlich nur die rechte, *A*, zu sehen ist, auf dem Vorderarm fixirt, indem jede Schiene drei Haken hat, um welche in Sterntouren ein festes Seidenband geführt ist, dessen Ende zwischen den Fingern der Hand herabhängt. Auf dem Schenkel *R*³ des Messingrahmens ist eine elastische Stahlfeder *F*, *F*¹ aufgeschraubt, deren abgerundetes Vorderende genau auf die pulsirende Arterie des Handgelenkes drückt und durch jeden Pulsschlag emporgehoben wird. Vermittelt der Schraube *S* kann die Spannkraft der Pulsfeder *F*, *F*¹ vermehrt und vermindert werden. Dort, wo sich diese Feder nach abwärts zu krümmen beginnt, ist ein Metallplättchen *m* angenietet, mit welchem die Gabel des Hebels *H*³ artikulirt. Das vordere Hebelende trägt eine querestellte vertical aufgegebene Stahlschneide *n* und besitzt links eine Bohrung, durch welche die Schraube *S* durchgeschraubt ist. Die Schraube *S* steht mit ihrem unteren Ende auf dem Ende der Pulsfeder *F*, *F*¹ auf, und wird von derselben mit auf- und niederbewegt. Da ihr Gewinde durch die Bohrung des Hebelendes *H*³ geht, so nimmt sie diesen Hebel und seine Stahlschneide *n* bei ihren Bewegungen auch mit. Auf der Schneide *n* ruht aber der Holzhebel *H*, welcher um die Axe *x*, *x*¹ sehr leicht beweglich ist, und durch eine zarte Feder *f* gegen die Schneide *n* sanft angedrückt wird, so dass er den Bewegungen derselben genau folgen muss. Auf diese Weise werden nun die Hebungen und Senkungen der Pulsfeder *F*, *F*¹ auf den Holzhebel *H* übertragen, dessen freies Ende sie natürlich in vergrößertem Maassstabe ausführt. Mit dem Beginn jedes Pulsschlages der Handgelenkarterie steigt der Holzhebel in die Höhe und sinkt dann wieder herab, um mit dem nächsten Schlage wieder emporzusteigen. Das freie Ende des Holzhebels steht durch eine bewegliche Gabel *b* mit einer elektrischen Contactvorrichtung so in Verbindung, dass diese letztere genau im Momente des Beginns jeder Pulsbewegung den elektrischen Strom der Batterie (*B*) unterbricht und das Glockensignal im Läutwerk *L* auslöst.

Meine Contactvorrichtung besteht aus zwei horizontalen zweiarmligen Metallhebeln *H*¹ und *H*², deren Axenlager, elektrisch isolirt an dem Hartgummwürfel (*W*) der Platte (*P*) angebracht sind, die durch das Verbindungsstück (*V*) mit dem aufgebundenen Messingrahmen *R*, *R*¹, *R*², *R*³ der MARER'schen Pulsvorrichtung zusammenhängt. Der Hebel *H*² ist in seinen Axenlagern, die von der auf der Hinterfläche des Würfels *W* befestigten Metallplatte ausgehen, sehr leicht beweglich;

drückenden Finger so zugänglich ist, dass er mechanisch gereizt werden kann. Ich bin daher im Stande, jeden Augenblick durch Druck mit dem Finger auf jene Stelle der rechten Seite des Halses die Hemmungsnerven meines Herzens zu reizen und dasselbe für einige Momente zum Stillstand zu bringen.

Um Ihnen aber meine Herzschläge wahrnehmbar zu machen, werde ich mir den MAREY'schen Pulshebel oder Sphygmographen dort an mein Handgelenk anschnallen, wo die Aerzte den Puls zu fühlen pflegen. Jeder Herz- oder Pulsschlag hebt den aufgebundenen Hebel — für die Näherstehenden deutlich sichtbar — in die Höhe. Damit aber alle Anwesenden im Saale, auch die entfernt Sitzenden, gleichzeitig an dem Experiment theilnehmen können, habe ich mit dem MAREY'schen Pulshebel eine elektrische Contactvorrichtung von meiner Erfindung in Verbindung gebracht, welche jeden Pulsschlag durch ein elektromagnetisches Glockensignal markirt. Die Anordnung des ganzen Apparats ist aus der Zeichnung (Fig. 9) ersichtlich.

Ich schnalle den MAREY'schen Sphygmographen links an mein Handgelenk, und nun können Sie meine Puls- und Herzschläge sehen und nach den Glockensignalen zählen.

Wenn ich jetzt am Halse drücke und die Hemmungsnerven reize, so werden Sie sofort den Herzstillstand und das Seltenerwerden des Pulses wahrnehmen. Eins, zwei, drei — ich drücke am Halse, vier, Herzstillstand, fünf, Pause, sechs, Pause, sieben, acht, neun u. s. w. Die frühere Frequenz hat sich bereits wiederhergestellt. Lassen Sie uns den Versuch nochmals wiederholen. — Derselbe Erfolg!

Jedesmal nach Application des Druckes auf jene Stelle der rechten Seite meines Halses, wo die Vagusbahn verläuft, in welcher die Hemmungsnerven des Herzens vom Gehirn zum Herzen ziehen, erfolgt

sein vorderes Ende ist durch b mit H verbunden; sein hinteres Ende trägt eine Schraube S^2 mit einem Platinknöpfchen c . Der obere Hebel H^1 geht hingegen mit einer Spur von Reibung in seinen Axenlagern a' und f , indem f ein federnder Metallstreifen ist, der durch die Schraube S^3 so mehr oder weniger gespannt und an den Theil des Hebels, aus dem die Axe x^2 hervortritt, beliebig stark und schwach ange-drückt werden kann. Das hintere Ende des Hebels H^1 trägt ein Platinknöpfchen c' , welches mit c im Contact ist; das vordere Ende aber ein Knötchen aus nicht leitendem Elfenbein (k). Verfolgt man vom $+$ Pol der Batterie B aus die Leitung für den elektrischen Strom, so führt der Draht d^2 nach der mit $plus$ bezeichneten Metallplatte; von da durch die Axenlager in den Hebel H^2 , und weiter durch die in Berührung befindlichen Platinknötchen c und c' nach H^1 . Das federnde Axenlager (f) stellt die Verbindung mit der mit $minus$ bezeichneten Seitenplatte des Würfels (W) her, von wo der Draht d ausgeht, der sich mit dem einen Ende der Spirale des Elektromagneten e verbindet, während das andere Ende derselben durch den Draht d' an den Minus-Pol der Batterie B angeschraubt ist. Die Stromleitung ist wie man sieht unter diesen Umständen geschlossen, der Elektromagnet zieht den Anker a an, die Kugel der Feder f' ist gehoben. So wie nun ein Pulsschlag erfolgt, wird der Hebel H gehoben, zieht durch b den vorderen Arm des Hebels H^2 mit empor, wodurch der Contact zwischen den Platinknötchen c und c' aufgehoben und das Glockensignal ausgelöst wird. Im Verlaufe der fortschreitenden Hebung des Hebels H stösst der mitgezogene Hebel H^2 gegen das nicht leitende Elfenbeinknötchen k , wodurch der elektrische Strom zwar nicht geschlossen wird, wodurch aber der mit etwas Reibung gehende Hebel H^1 in eine solche Stellung und Neigung gebracht wird, dass sich noch während des Herabsinkens von H und H^2 der Contact zwischen c und c' und damit die Leitung für den Strom wiederherstellt — um mit dem Beginn des nächsten Pulsschlags wieder unterbrochen zu werden und ein neues Glockensignal auszulösen.

So also werden die Pulsschläge durch meinen Apparat einer beliebig grossen Versammlung akustisch vernehmbar, und kann jede Aenderung ihrer Frequenz — wie bei dem Vagusdruckversuch — deutlich zu Gehör gebracht werden. —

Herzstillstand und Verlängerung der Pausen zwischen den einzelnen Pulsen, welche allmählich ihre frühere Frequenz wieder erlangen. Bemerkenswerth ist es noch, dass auf den in der Zwischenzeit zwischen zwei Pulsen ausgeübten Druckreiz der zweite Puls immer noch ohne merkliche Verzögerung eintritt. Erst auf diesen folgt der Herzstillstand und die manifeste Verlängerung der Pausen zwischen den Herzschlägen.

Mit dem Eintritt eines Herzschlags sind also im Herznervensystem, welches die Schläge unmittelbar beherrscht, die Kräfte für den folgenden Schlag immer schon so weit vorbereitet und disponirt, dass die Hemmungsnerven keine Macht mehr über dieselben haben.

Ich bin zu Ende!

Mit diesem Experiment haben wir den langen Weg durch das Gebiet der anatomischen, mechanischen und physiologischen Vorstellungen zurückgelegt, welcher uns zum versprochenen Ziele führen sollte.

Was ich Ihnen nun noch zum Schlusse sagen will, sind einfache Folgerungen aus den mitgetheilten Thatsachen und Erklärungen.

Ich kann mich daher kurz fassen.

Sie haben erfahren, dass und wie die Erregungszustände des Gehirns, welche, beiläufig bemerkt, erregender oder lähmender Natur sein, und sich in beiden Formen den im Gehirn liegenden Ursprüngen der excitirenden und der hemmenden Herznerven mittheilen können, auf die Herzthätigkeit in der verschiedenartigsten Weise modificirend und bestimmend einwirken.

Insofern nun die Gemüthsbewegungen Erregungszustände des Gehirns sind oder doch von solchen stets begleitet werden, wird Ihnen klar geworden sein, auf welche Weise dieselben, eben vermittelt des aufgedeckten Nervenmechanismus die Herzbewegungen zu beeinflussen vermögen.

So also kommt z. B. der plötzliche Herzstillstand bei einer erschütternden Gemüthsbewegung, die eine Trauerbotschaft plötzlich hervorgerufen, dadurch zu Stande, dass dabei jener Hirntheil, aus dem die hemmenden Herznerven entspringen, erschüttert wird, und dass sich diese Erregung innerhalb der Hemmungsnervenbahnen am Halse herab fortpflanzt — wie eine Depesche im elektrischen Telegraphendraht — und auf die Widerstandsvorrichtungen im Herzen überträgt.

So werden bei freudigen Gemüthsaffecten, wo die Pulse rascher und höher schlagen, jene beiden Hirnregionen materiell gereizt, aus denen einerseits die excitirenden, andererseits die hemmenden Nerven ihren Ursprung nehmen und, indem sich diese Reizungen gleichzeitig

bis zum Herzen fortpflanzen, dasselbe durch ihre Gegenwirkung, wie wir sahen, zu raschen und zugleich starken Schlägen veranlassen.

Und so in allen Fällen! Die angeführten Beispiele mögen genügen, denn den allgemeinen Schlüssel zur Erklärung sämtlicher möglichen Fälle habe ich Ihnen oben gegeben.

Wem diese Erklärungen zu mechanisch, zu materiell erscheinen, der möge Folgendes bedenken.

Welche Ansicht, welchen Glauben über den Zusammenhang von Materie und Geist, von Leib und Seele man auch immer haben mag, — ob man materialistischen oder idealistischen, monistischen oder dualistischen Anschauungen huldige, — gleichviel! — dass es sich bei allen jenen Gemüthsbewegungen, welche notorisch mit Veränderungen des Herzschlages einhergehen, um materielle Reizungs- oder Lähmungszustände gewisser Theile des Gehirns handelt, das ist eine über alles Meinen und Glauben erhabene, absolut feststehende Thatsache!

Und jene beiden Nervenfasierzüge, die auf verschiedenen Wegen vom Gehirn zum Herzen und den Gefässwandungen ziehen, sind die Fäden, welche den wunderbaren Zusammenhang zwischen den Gemüths- und den Herzbewegungen knüpfen — denn es gibt factisch keinen andern Zusammenhang zwischen den fraglichen Erscheinungen.

In diesen Nervenfasierzügen haben wir die geheimnissvolle Einrichtung gefunden, in ihnen das materielle Substrat jener Vorgänge kennen gelernt, welche den Parallelismus zweier so differenter Thätigkeiten wie Herz- und Gemüthsbewegungen vermitteln.

Ich aber habe Ihnen damit die exacte physiologische Antwort auf die Frage gegeben: Wie das Herz zu jener hohen ethischen Bedeutung kommt, welche ihm der Sprachgebrauch aller Völker und aller Zeiten beilegt.
