

LXIV.

Der elektrische Doppelhebel.

Eine Universal-Contact-Vorrichtung zur exacten Markirung des Momentes, in welchem eine beliebige Bewegung beginnt oder ihre Richtung ändert.

(Hierzu Tafel 27.)

[Leipzig bei Wilh. Engelmann 1871 (Festschrift zu E. H. Weber's Jubiläum.)]

Hochverehrter Herr Jubilar!

Wenn ich gerade die Beschreibung meines »elektrischen Doppelhebels« zum Gegenstande dieser Festschrift wählte, so geschah dies nicht ohne eine ganz specielle Beziehung zu den wissenschaftlichen Leistungen jenes Mannes, dessen Jubiläum von so seltener wie erfreulicher Art die weiten Kreise seiner Verehrer und Freunde, insonderheit aber die Mitglieder der hiesigen medicinischen Facultät, an dem heutigen Tage zu feiern so glücklich sind.

Sind Sie es doch selbst, der mir, ohne es zu wissen, vor Jahren den Anstoss gab, eine, mich noch immer beschäftigende Arbeit zu beginnen, bei deren Verfolgung jene elektrische Universal-Contact-Vorrichtung entstand, welche ich den »elektrischen Doppelhebel« nannte. Ihre schönen Untersuchungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Pulswelle in den Arterien¹⁾, welche die von dem russischen Akademiker WEITBRECHT, 1734, entdeckte vereinzelt und unverstandene Thatsache der Pulsverspätung einer hundertjährigen — nur durch HALLER's opponirende Autorität erklärlichen — Vergessenheit entrissen, zu allgemeiner Anerkennung und zur endlichen richtigen wissenschaft-

¹ E. H. WEBER: De pulsu, resorptione, auditu et tactu. Progr. Lipsiae 1834.

lichen Würdigung gebracht haben, waren mir nämlich Veranlassung, mich mit demselben Thema zu beschäftigen und es, den so hochgesteigerten Anforderungen der Gegenwart entsprechend, unter Anwendung neuer Hilfsmittel der Messung möglichst erschöpfend zu behandeln.

Was Sie nun vor 36 Jahren durch den tastenden Finger und das horchende Ohr mit bewunderungswürdiger Feinheit der Beobachtung erkannt und mit dem tiefen Verständniss der Kreislauferscheinungen, welches die Wissenschaft Ihren bahnbrechenden Anschauungen verdankt, in unanfechtbarer Weise gedeutet und gewürdigt haben, das hat in einer Zeit, wo die Mechanik nicht nur das Leben in Verkehr und Industrie beherrscht, sondern auch für die Wissenschaft vom Leben immer mehr und mehr praktische wie theoretische Bedeutung gewinnt, unter den Händen eines dankbaren Epigonen zur Construction einer mechanischen Vorrichtung geführt, welche zur elektrischen Markirung nicht nur der Arterienpulse, sondern jeder pendelartigen Bewegung von variabler Amplitude unentbehrlich ist. —

Und so nehmen Sie denn das diese Vorrichtung behandelnde vorliegende Schriftchen an dem heutigen Freudentage als ein kleines Zeichen meiner aufrichtigen Dankbarkeit, Verehrung und Hochachtung freundlich und nachsichtig entgegen, und genehmigen Sie zugleich meine Bitte um Fortdauer Ihrer mir seit mehr als 20 Jahren bewiesenen wohlwollenden Gesinnung.

Leipzig, 8. Januar 1871.

I.

In der »Beschreibung einiger Vorrichtungen zu physiologischen Zwecken«, welche ich in LIX Band. Heft II. 2. Abtheilung der Sitzber. der k. Akademie der Wissenschaften zu Wien. 1869, veröffentlichte¹⁾, findet sich p. 243 u. f. folgende Stelle:

»Ich habe bereits vor 5 Jahren mitgetheilt, dass ich behufs der exacten elektro-magnetischen Markirung der Arterienpulse auf ein neues Constructionsprincip von Contactvorrichtungen verfallen bin, welche durch die zu registirenden Vorgänge selbst in Bewegung gesetzt werden, und die Drathleitungen eines elektrischen Stromes, die sie bilden helfen, in genau bestimmten Momenten öffnen und wieder schliessen.²⁾ Dieses Princip, welches ich das des »elektrischen

¹⁾ Siehe Nr. LXII.

²⁾ Vergl. CZERMAK: Mittheilungen aus dem physiolog. Privatlaboratorium. Wien, 1864 (Nr. LIII).

Doppelhebels« nenne, gestattet eine so vielfache Verwerthung in der Experimentalphysiologie, dass ich es hier vollständig auseinander setzen und in seiner speciellen Anwendung, zur Registrirung der secundären Zuckung vom Herzen aus, näher beschreiben will.«

»Es kann bekanntlich der Beginn eines jeden Bewegungsvorganges, welcher sich einem kleinen Metallhebel mitzutheilen im Stande ist, höchst exact durch Oeffnung einer elektrischen Stromesleitung markirt werden, wenn jener Hebel ein integrierender Bestandtheil dieser Leitung, und mit dem einen Pol der Kette in leitender Verbindung steht,« — während sein freies Ende gegen eine Contactschraube anliegt, zu der der andere Poldraht führt.

»Je nachdem man die durch Berührung von Hebel und Contactschraube geschlossene Leitung der Hauptbahn eines elektrischen Stromes angehören lässt, oder als gutleitende Nebenschliessung der Hauptbahn anlegt, muss natürlich die Oeffnung derselben im Moment des Beginns der Bewegung den elektrischen Strom der Hauptbahn entweder ganz unterbrechen oder — im zweiten Falle — plötzlich verstärken.«¹⁾

»Es versteht sich von selbst, dass die plötzliche Unterbrechung oder Verstärkung« (resp. Entstehung) »des elektrischen Stromes auf die mannigfaltigste Weise als genaues Signal für den Moment des Beginns der (»zu registrirenden«) Bewegung benutzt werden kann.«

»Von HELMHOLTZ und DU BOIS REYMOND sind derartige einfache Contactvorrichtungen zuerst zu physiologischen Zwecken angewendet worden.«

»Dieselben haben sich zur genauen Signalisirung des Moments, in welchem eine Bewegung beginnt, vortrefflich bewährt.«

»Handelt es sich aber um eine fortlaufende Markirung der Anfänge periodisch wiederkehrender, pendelartiger Bewegungsvorgänge, welche überdies, wie z. B. die Arterienpulse, eine wechselnde Oscillationsbreite haben, dann sind die bisherigen einfachen Contactvorrichtungen begreiflicher Weise unbrauchbar, weil der Hebel bei abnehmender Excursionsweite die ein für allemal fein und fest eingestellte Contactschraube gar nicht wieder erreichen kann; bei zunehmender Bewegungsgrösse aber den Contact mit der Schraube zu spät unterbrechen muss.«

¹ War während der Berührung von Hebel und Contactschraube gar kein merklicher Antheil des Stromes in die Hauptbahn übergetreten, dann wird im Moment der Contactunterbrechung in die bis dahin stromlose Hauptbahn ein Strom plötzlich hereinbrechen.

»Wie ich a. a. O. mittheilte bin ich zur möglichsten Beseitigung dieser Uebelstände auf die Idee gekommen, die Contactschraube auch an einem beweglichen Hebel anzubringen.«

»Die neuen Contactvorrichtungen sollten aus zwei einander parallel laufenden Hebeln bestehen, deren Axenlager in gleicher Flucht liegend, beiden Hebeln nur Drehungen um eine und dieselbe mathematische Linie gestatten und, wohl isolirt, mit je einem Pole der Kette in leitender Verbindung stehen.«

»Der eine der Hebel — den wir als den primären bezeichnen wollen — sollte unmittelbar durch den zu registrirenden Vorgang in Bewegung gesetzt, der zweite oder secundäre aber von dem primären beim Hingang wie beim Rückgang mitgenommen werden.«

»Zugleich sollte der secundäre Hebel in seinen Axenlagern mit einem solchen Minimum von Reibung gehen dass er, ohne an seiner leichten Beweglichkeit wesentlich einzubüßen, dennoch in jeder beliebigen Stellung, in die ihn der primäre gebracht hat, von selbst stehen bleibt.«

»Es kommt auf dasselbe hinaus ob die Contactschraube im primären oder secundären Hebel festsetzt.«

»Dagegen kann man sich die beiden Hebel als zweiarmige oder als einarmige Hebel denken, und dann müssen — je nachdem der erste oder der zweite Fall gelten soll — jene Einrichtungen verschieden sein, welche es ermöglichen, dass der primäre Hebel seine Bewegungen auf den secundären überträgt, d. h. ihn beim Hingang wie beim Rückgang mitnimmt.«

»Im ersten Fall würde das Mitgenommenwerden des secundären Hebels durch die Bewegungen des primären im Princip dadurch ermöglicht und gesichert sein, dass sich an einem jener Arme der Hebel, zwischen welchen die Contactschraube nicht vorsteht, ein stumpfes Knötchen, aus leitender oder nicht leitender Substanz befände — gleichgiltig ob es an dem primären oder secundären Hebel befestigt wäre.«

»Im zweiten Falle müsste zur Sicherung der Mitbewegungen einer der beiden Hebel ein Bügelchen tragen, welches den anderen mit einigem Spielraum umgreift, und an diesem Bügelchen hätten entweder die Contactschraube oder das Gegenknötchen oder aber beide zugleich in solcher Anordnung, und gegen den Spielraum vorspringend, zu sitzen, dass der secundäre Hebel beim Hingang des primären durch die eine, beim Rückgang durch die andere der in den Spielraum vorspringenden Spitzen mitgenommen werden müsste.«

»Die specielle Herstellung dieser allgemeinen Bedingungen erlaubt natürlich die mannigfaltigsten Anordnungen, die Jeder leicht finden wird, der mein Princip des elektrischen Doppelhebels für einen bestimmten Zweck verwenden will.«

»Um das Spiel der, nach diesem Princip construirten Contactvorrichtungen vollends zu erläutern, habe ich nur noch Weniges hinzuzufügen.«

»Da der secundäre Hebel, trotz der Spur von Reibung, sehr leicht beweglich ist, so wird er sich ohne erheblichen Widerstand vom primären bis an das Ende der Bewegung in der einen und in der anderen Richtung fortstossen oder mitnehmen lassen; da er aber mit jener, durch ein Schräubchen fein regulirbaren Spur von Reibung in seinen Axenlagern geht, welche eben hinreicht ihm in jeder Stellung, in die er gebracht wurde, momentan festzuhalten, so muss die Berührung zwischen den beiden Hebeln abwechselnd an der Contactschraube und an dem Gegenknötchen genau in dem Momente des Beginnes der hin- und der hergehenden Bewegung, die dem primären Hebel mitgetheilt wird, unterbrochen werden.«

»Ist das Gegenknötchen aus leitender Substanz, so bekommt man für den einmaligen Ablauf des Bewegungsvorgangs zwei Paare von Signalen; besteht es dagegen aus isolirender Masse, wie Elfenbein, Hartgummi u. dgl., so bekommt man nur zwei einzelne Signale, von denen das eine der Unterbrechung der Leitung genau im Momente des Beginnes der Bewegung entspricht, während das andere die Herstellung der Leitung in einem beliebigen Phasenmomente der entgegengesetzten Bewegungsrichtung bedeutet. Welches Phasenmoment dies aber ist, hängt einfach von dem Verhältniss ab, in welchem die Weite des Spielraums zwischen den Spitzen der Contactschraube und des Gegenknötchens zu der Schwankungsbreite und Geschwindigkeit des primären Hebels steht. Da nun jener Spielraum durch feine Einstellung der Contactschraube beliebig vergrössert und verkleinert werden kann, so sieht man leicht ein, wie unsere ganze Vorrichtung — und darin liegt eben ihr Sinn und Zweck — die ununterbrochene Markirung periodischer Bewegungen von wechselnder Oscillationsbreite ermöglicht und sichert, sobald man nur dafür sorgt, dass jener Spielraum kleiner bleibt, als die Minima der Schwankungsbreiten des primären Hebels.« —

A. a. O. lasse ich nun die Beschreibung jenes Apparates folgen, welchen ich nach dem so eben auseinandergesetzten Princip des elektrischen Doppelhebels speciell zur elektromagnetischen Registrirung der secundären Zuckung vom Herzen aus construirte hatte. Hier je-

doch will ich die gemachten allgemeinen Auseinandersetzungen nachträglich durch einige Zeichnungen illustriren.

1. Zweiarziger Doppelhebel.

Vgl. Tafel 27, Fig. 1 A. Der Punkt *a* ist die Projection der mathematischen Linie um welche beide Hebel — sowohl der primäre (*p*) als der secundäre (*s*) — ihre Drehungen innerhalb des punktirten Kreisabschnittes ausführen. Beide Hebel stehen parallel und horizontal und berühren sich weder an der Contactschranke (*c*) noch an dem Gegenknötchen oder der Gegenschraube (*g*).

Fig. 1 B zeigt, wie der primäre Hebel in irgend einem Phasenmomente seiner hingehenden Bewegung die Spitze der Contactschraube (*c*) erreicht hat und berührt. Die Richtung der Bewegung und die Länge des in dieser Richtung zurückgelegten Weges sind durch einen Pfeil angedeutet. Indem der primäre Hebel seinen Weg fortsetzt, nimmt er den bisher unbewegten secundären Hebel mit, während die Berührung an der Contactschraube fort dauert.

In Fig. 1 C hat der primäre Hebel seinen Hingang bereits vollendet und den secundären Hebel aus seiner horizontalen Anfangsstellung in die Endstellung für die hingehende Bewegungsrichtung (vgl. den Pfeil) gebracht. Im nächsten Moment (Fig. 1 D) beginnt der primäre Hebel seine rückläufige Bewegung (vgl. den kurzen Pfeil, dessen Spitze nach unten sieht, und da der secundäre Hebel, durch das Minimum von fein regulirbarer Reibung, mit welcher er in seinen Axenlagern geht, in der bei Beendigung der aufsteigenden Bewegung gewonnenen Stellung festgehalten wird, so wird genau in diesem Momente (Beginn des Rückgangs) die Berührung an der Contactschraube unterbrochen.

Der secundäre Hebel verbleibt nun so lange in seiner vorgeschobenen Stellung, und es findet wieder wie in Fig. 1 A gar keine Berührung zwischen beiden Hebeln statt (vgl. Fig. 1 D), bis dass der primäre Hebel bei Fortsetzung seiner rückläufigen Bewegung mit seiner Gegenschraube an den secundären Hebel stösst (vgl. Fig. 1 E). Unter Fortdauer der Berührung beider Hebel am Gegenschraubchen nimmt jetzt der primäre den bis dahin ruhenden secundären bis zur Vollendung der rückläufigen Bewegung mit, (vgl. Fig. 1 F). Im Moment, wo nun der primäre Hebel die Richtung seiner rückgängigen Bewegung (vgl. den kurzen Pfeil mit aufwärts gerichteter Spitze in Fig. 1 G) umkehrt (Beginn des Hingangs), wird die bis dahin fort dauernde Berührung am Gegenschraubchen — und damit überhaupt wieder jede Berührung der beiden Hebel für so lange unterbrochen (vgl. Fig. 1 G), bis endlich der primäre Hebel bei Fortsetzung seines Weges gegen die Contactschraube stösst (vgl. Fig. 1 H); und nun wiederholt sich das beschriebene Spiel immer wieder von Neuem.

Die Unterbrechung der Berührung — am Gegenschraubchen einer-, an der Contactschraube andererseits — der beiden Hebel fällt stets genau mit dem Moment der Umkehr der Richtung der zu registrirenden pendelartigen Bewegung zusammen, also mit dem Beginn der her- oder der hingehenden Bewegung; während die Herstellung der Berührung der beiden Hebel am Gegenschraubchen einer- an der Contactschraube andererseits, gewissen Phasenmomenten der hingehenden und der rückläufigen Bewegungsrichtung entspricht.

Fällt z. B. die Unterbrechung der Berührung an der Contactschraube mit dem Beginn der rückläufigen Bewegungsrichtung zusammen, so folgt hierauf zunächst die Herstellung der Berührung am Gegenschraubchen und markirt ein späteres Phasenmoment dieses Rückganges; dann kommt es zur Unterbrechung der

Berührung am Gegenschräubchen, und diese entspricht dem Beginn der entgegengesetzten Bewegung — also dem Beginn des Hingangs, — und schliesslich kommt's zur Herstellung der Berührung an der Contactschraube, welche einem späteren Phasenmoment dieses Hingangs entspricht u. s. w.

2. Einarmiger Doppelhebel.

Das Spiel und die Reihenfolge der Herstellung und Unterbrechung der Berührung an der Contactschraube und an dem Gegenschräubchen bei dem einarmigen Doppelhebel ist genau ebenso wie beim zweiarmigen (vgl. Fig. 2 $A-H$ und Fig. 3 $A-F$); hierüber bedarf es keiner weiteren Worte, dagegen will ich noch kurz angeben, in welcher Weise ich beim einarmigen Doppelhebel Contactschraube und Gegenschräubchen habe anbringen lassen, um das Mitgenommenwerden des secundären Hebels zu sichern.

Man findet oben, in der aus meiner vorjährigen Abhandlung citirten Stelle schon erwähnt, dass ich dies in der Weise bewerkstelligen liess, dass an einem der beiden Hebel ein Bügelchen angebracht wurde, welches entweder das Gegenschräubchen oder die Contactschraube, oder beide trägt. Im Allgemeinen kann diese Anordnung durch Fig. 3 erläutert werden, in der die gleichen Buchstaben die gleichen Bewegungsmomente und die gleichen Bestandtheile wie in den früheren Figuren bezeichnen. Das freie Ende des primären Hebels ist einfach bügel förmig auf- und umgebogen, und trägt, genau gegen einander über, die Contactschraube (c) und das Gegenschräubchen (g). —

Seither habe ich aber noch eine wesentlich andere Anordnung versucht, welche ich jedoch — nur der Vollständigkeit wegen — hier nicht unerwähnt lassen will, da ich sie in der weiter unten zu beschreibenden Vorrichtung nicht verwertet habe.

Bei dieser Anordnung sind beide Hebel, der primäre sowohl, wie der secundäre, einarmig; sie bilden zusammen aber eine zweiarmige Hebelvorrichtung, indem sie als je ein Arm an einer und derselben Metallaxe sitzen. Der primäre Hebel ist fest mit der Axe verbunden; der secundäre hingegen steckt mit einem Minimum von regulirbarer Reibung nur lose auf derselben, so, dass der erstere durch die ihm mitgetheilten Bewegungen die Axe in ihren Zapfenlagern auf- und abdrehen kann, der letztere aber so lange genau mitgehen muss, bis er gegen ein festes Hinderniss stösst und davon in unveränderlicher Stellung festgehalten wird, während sich die Axe weiterdreht und der primäre Hebel seine Excursion in der begonnenen Richtung vollendet.

Das feste Hinderniss, an welchem der secundäre Hebel stehen bleiben muss, ist nun einerseits die Contactschraube, andererseits die Gegenschraube; keines von beiden Hindernissen, zwischen denen der secundäre Hebel hin- und hergeht, ist hier jedoch an einem der Hebel befestigt, sondern an einem besonderen Bügel, (vgl. Fig. 3 M), der an dem Gestell, welches die, mit dem einen Pol der Kette leitend verbundene Gabel für die Axenlager trägt, — (selbstverständlich elektrisch wohl isolirt, und mit dem anderen Kettenpol leitend verbunden) — angeschraubt ist. In Fig. 3 bedeutet p = den primären, s = den secundären Hebel, a = die Projection der mathematischen Linie, um die sich die gemeinschaftliche Metallaxe dreht; M = den Bügel, mit c der Contactschraube und g der Gegenschraube; bei A Berührung des secundären Hebels mit der Contactschraube; bei B Vollendung des Hinschwungs des primären Hebels, während der secundäre Hebel ruhig in Berührung mit der Contactschraube bleibt, indem sich die

Metallaxe in dem Ringe, mit welchem er auf ihr sitzt, weiterdreht; die Hebel welche bei *A* in einer geraden Fluchtlinie standen, bilden nun einen nach oben offenen stumpfen Winkel (α) mit einander, und behalten denselben, in Folge des Minimums regulirbarer Reibung, mit welcher der secundäre Hebel auf der gemeinschaftlichen Metallaxe schleift, so lange bei, bis der secundäre Hebel an das Gegenschraubchen stösst, von wo ab sich der Winkel α bis zur Vollendung des Rückschwungs des primären Hebels allmählich in den nach unten offenen stumpfen Winkel α' verwandelt. Bei *C* Rückschwung des primären Hebels bei unterbrochener Berührung an der Contactschraube; der Beginn dieser Unterbrechung fiel genau mit dem Beginn des Rückschwungs zusammen; bei *D* Berührung des secundären Hebels mit der Gegenschraube, im weiteren Verlauf der rückgängigen Bewegung; bei *E* Vollendung des Rückschwungs bei fortdauernder Berührung an der Gegenschraube. Bei *F* endlich hat die Unterbrechung der Berührung an der Gegenschraube im Momente der Umkehr der Bewegung des primären Hebels (vgl. den Pfeil) so eben erst stattgefunden.

II.

In Erwägung der ausserordentlich mannigfaltigen Anwendbarkeit und Brauchbarkeit des elektrischen Doppelhebels zu physikalischen und physiologischen Zwecken, wollte es mir seither wünschenswerth und verdienstlich erscheinen, eine solche Form des elektrischen Doppelhebels zu ersinnen, welche als eine Art Universal-Contact-Vorrichtung unter allen Umständen und in allen Fällen, wo sie unentbehrlich ist, leicht, bequem und sicher angewendet werden könnte, ohne dass man nöthig hätte etwas anderes zu thun, als sie an einem passenden Träger zu befestigen und die bewegten Theile so mit ihr in Verbindung zu setzen, dass sich die zu registrirenden Bewegungen mit oder ohne Vergrösserung oder Verkleinerung exact und sicher auf dieselbe übertragen.

Ich erlaube mir eine ausführliche Beschreibung jener handlichen Form des elektrischen Doppelhebels, — durch Abbildungen erläutert — im Folgenden zu geben, bei welcher ich nach langem Probiren und Ueberlegen stehen geblieben bin und von welcher ich mir versprechen zu können glaube, dass sie den angedeuteten Anforderungen möglichst genügt. Möge sie eine ähnliche weite Verbreitung und häufige Verwendung im Kreise der Experimental-Physiologen finden, wie der »Kaninchenkopfhalter«, welchen ich vor einigen Jahren angegeben und a. a. O. S. 235, in den Sitzber. der k. Akad. d. Wiss. zu Wien beschrieben habe.

Das Grundstück der ganzen Vorrichtung (vgl. auf der Tafel Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6) ist ein vierkantiges Prisma (H) von isolirender Kamm-masse (Hartgummi), dessen Querschnitt ein Quadrat von 10 mm Seite ist. und dessen Länge oder Höhe 19 mm beträgt.

Im Mittelpunkt der einen Langfläche sitzt ein starker cylindrischer Dorn (*D*), vermittelst welches die ganze Vorrichtung an einem, dem speciellen Zwecke der Verwendung entsprechenden Träger befestigt werden kann.

Eine mit der ersten rechtwinkelig zusammenstossende zweite Langfläche des Hartgummiprisma's besitzt eine vertiefte 4eckige Stelle (Fig. 5 *A*, von vorn δ , ε , μ , ν ; *B*, von oben δ , ε zu sehen), und in diese ist eine Messingplatte (*II'''*, Fig. 4, Fig. 6) eingelassen, welche in zwei parallele senkrecht nach unten frei vorstehende Arme (*II'*, *II''*) ausläuft. Die äussersten Enden dieser Arme tragen feine Schräubchen, zwischen deren nach innen gewendeten Spitzen eine horizontale Metallaxe (*II*, Fig. 4 *A* von vorn, *C* in seitlicher Projection) mit grösster Leichtigkeit sich drehen lässt. Die eine Hälfte (*p*) der Metallaxe *II* hat die Gestalt eines vierkantigen Prisma von quadratischer Basis, auf dessen oberer freier Fläche vermittelst einer Schraube ein Metallstäbchen befestigt werden kann, wovon später. Die andere Hälfte (*c*) dieser Axe ist genau cylindrisch, und glatt polirt. Auf dieser glatten Hälfte schleift das freie untere Ende eines zarten langen Metallfederchens, (*F'* Fig. 4 *A* von vorn, *B* von der Seite), dessen oberes Ende an der, dem Hartgummiprisma zugewendeten Fläche der Messingplatte (*II'''*) befestigt ist. Die Schraube ($\frac{1}{2}$ Fig. 4) erlaubt das zarte Metallfederchen mehr oder weniger zu spannen oder ganz abzuspannen, wodurch der Druck, mit welchem es auf der cylindrischen Hälfte (*c*) der Axe *II* schleift — und demgemäss der Grad der Reibung, mit welcher die Axe bei ihrer Drehung zwischen den Spitzen geht, beliebig gesteigert oder vermindert, ja endlich ganz aufgehoben werden kann. Weiter oben als diese Stellschraube zur feinen Regulirung des Reibungsfederchens befindet sich ein zweites Schräubchen ($\frac{1}{2}'$ Fig. 4), das zur Anklebung des hakenförmig umgebogenen und plattgeschlagenen Endes eines Poldrahtes dient.

Sämmtliche bisher beschriebenen Bestandtheile beziehen sich auf den mit einem Minimum von Reibung drehbaren secundären Hebel unserer Vorrichtung, welcher durch das vorerwähnte später zu beschreibende Metallstäbchen dargestellt wird.

Der primäre Hebel, welcher ebenfalls aus einem Metallstäbchen besteht, wird an eine zweite Axe (*I* Fig. 5, Fig. 6) angeschraubt. Diese dreht sich mit äusserster Leichtigkeit zwischen den Spitzen feiner Schräubchen, hat aber eine verwickeltere Gestalt, als die Axe (*II*) des secundären Hebels.

Sie ist nur an dem einen Ende (*r*), auf wenige Millimeter, genau

cylindrisch geformt, ihr übriger Theil (*b*) ist bügelförmig nach unten ausgebogen und bandartig abgeplattet.

Die Schräubchen, zwischen deren Spitzen diese Axe sich dreht, gehen durch die unteren Enden von Messingstäbchen (*I'*, *I''* Fig. 4 und 6), deren obere Enden zu quadratischen Platten (*I'''*, *I''''*) sich verbreitern, welche genau die beiden quadratischen Endflächen des Hartgummiprisma's (*H*) decken und auch daselbst befestigt sind.

Die Länge der Messingstäbchen, welche die parallelarmigen Gabeln für die Axen *I* und *II* bilden, ist so abgepasst, dass das Ende der Gabel (*II'*, *II''*) für die Axe *II*, ohne irgendwo die Umgebung zu berühren, genau in den Raum, welcher innerhalb des bügelförmigen Theils (*b*) der Axe *I* freibleibt, hineinreicht, und die beiden mathematischen Linien, um jede von welchen sich eine dieser Axen dreht (vgl. die punktirten Linien *x' x'* und *x'' x''* Fig. 4 und Fig. 5) in Eine zusammenfallen (vgl. die punktirte Linie *x x*, Fig. 6).

Auf den cylindrischen Theil der Axe *I* ist ein Metallring *R* (vgl. Fig. 5 *E*) aufgeschoben, welcher nach hinten einen senkrecht abstehenden, am Ende querdurchbohrten, kleinen Fortsatz (*f*) trägt, während nach vorn zu ihm ein zweiter, dreiseitig prismatischer Fortsatz (*f'*) angesetzt ist, an dessen Ursprung sich das Schräubchen *s* eindrehen lässt. Dieses Schräubchen *s* dient aber zugleich dazu, indem es bis in die Bohrung des Ringes vordringt, den Ring selbst auf dem cylindrischen Stück der Axe *I* festzuklemmen.

Der Ring *R* besitzt also, wie gesagt, zwei, in diametraler Richtung nach vorn und nach hinten gestellte Fortsätze. Der eine derselben (*f'*) hat die Form eines dreikantigen Prisma's, dessen eine Kante senkrecht nach unten, dessen eine Langfläche nach oben gekehrt ist: der zweite (*f*) ist seitlich zusammengedrückt, und besitzt am freien Ende ein kleines Löchelchen, dessen Mittelpunkt in derselben Ebene liegt, wie die Drehaxe und die untere scharfe Kante des prismatischen Fortsatzes (vgl. die Seitenansicht in Fig. 5 *C* und *E*).

In dies Löchelchen, welches *f* quer durchbohrt, greift das untere hakenförmig aufgebogene Ende einer feinen Relaisspiralfeder (*F* in Fig. 5 und 6), deren oberes Ende in einen kleinen Arm (*a*) eingehakt ist, welcher von einem Messingstück (*m*) entspringt, das den benachbarten Gabelarm (*I'*) von drei Seiten umgreift und an ihm auf und nieder geführt werden kann.

Hierzu dient eine lange Schraube (₁), welche durch jenes Messingstück *m* hindurch geschraubt ist, und oben wie unten mit windungslosen Enden versehen ist, die in glatten Bohrungen des Gabelarmes *I'*

und der quadratischen Endplatte I''' wohl leicht drehbar, aber in vertikaler Richtung völlig unverschiebbar feststecken. Die Folge davon ist, dass durch Drehen am Kopfe der langen Schraube $_1$ jenes Messingstück (m), je nach der Richtung in der man dreht, an dem Gabelarm hinauf oder heruntergeführt wird, wodurch die Relaispiralfeder F mehr an- oder abzuspannen ist.

Ganz ebenso, wie das Schraubchen ($_2'$ Fig. 4) den hakenförmig umgebogenen und plattgeschlagenen einen Poldraht anklemmt, um den secundären Hebel durch seine Axenlager und das schleifende Federchen F' in leitende Verbindung mit der Kette zu bringen, in derselben Weise dient das Schraubchen ($_1'$ Fig. 5) dazu, um mittelst der Axenlager und Relaispiralfeder F , die leitende Verbindung zwischen dem primären Hebel und dem anderen Pol der Kette herzustellen.

Nun bleiben nur noch die beiden Hebel selbst zu beschreiben, von denen der eine, und zwar der secundäre (S , Fig. 6), wie gesagt, an die prismatische Hälfte (p) der mit fein regulirbarer Reibung gehenden Axe II mittelst des Schraubchens s''' (Fig. 6 B) anzuschrauben ist, während der andere, der primäre (P , Fig. 6) mittelst des Schraubchens s'' (Fig. 6 C), innen in dem Bügel (b) der Axe I dort befestigt wird, wo sich die seichte Vertiefung (α) Fig. 5 A findet, so dass er dem secundären genau gegenübersteht (vgl. die Projection P , S , Fig. 6 A . Vorderansicht der ganzen Vorrichtung). Ich habe zweiarmige Fig. 6 B und einarmige (Fig. 6 C) Hebelpaare von verschiedener Länge und Stärke anfertigen lassen. Bei den einarmigen ist das freie Ende des primären Hebels P bügelförmig auf- und umgebogen und trägt, einander gegenüber, sowohl das Contact- als das Gegenschraubchen (s' , s''), während bei den zweiarmigen jeder Hebel sein eigenes Schraubchen trägt. Zu jedem Apparat gehören drei solche Schraubchen, von denen zwei aus Metall sind und Platinspitzen haben, während Eines ganz aus nicht leitender Substanz verfertigt ist, oder doch eine Spitze von Hartgummi oder Elfenbein besitzt. Wo die Schraubchen den gegenüberliegenden Hebel zu berühren haben, sind kleine Platinbleche an demselben aufgelöthet.

Die Hebel selbst bestehen aus Messing oder, der Leichtigkeit des Materials wegen, aus Aluminium. Die Oeffnungen in denselben, welche zur Aufnahme der Contact- und Gegenschraubchen bestimmt sind, sind an allen vollkommen gleich, so dass die drei Schraubchen, welche zu jedem Apparat gehören, beliebig vertauscht und combinirt werden können. Sind beide Schraubchen, die man anwendet, von Metall, dann erhält man, wie aus den Eingangs mitgetheilten Bemerkungen über das Spiel des elektrischen Doppelhebels hervorgeht —

während des einmaligen Ablaufs des zu registrirenden Schwingungsvorganges zwei Gruppen von je zwei einzelnen Signalen; ist hingegen nur eines der beiden Schräubchen von Metall, das andere von Hartgummi oder Elfenbein, oder hat wenigstens eine Spitze aus nicht leitender Substanz, dann erhält man bei einmaliger Vollendung der hin und her gehenden Bewegung nur zwei einzelne Signale, von denen das eine den Beginn der hin- oder der rückläufigen Bewegung, das andere den Eintritt eines gewissen Phasenmoments der in entgegengesetzter Richtung erfolgenden Bewegung markirt. Das eine Signal besteht immer in der Schliessung, das andere in der Unterbrechung eines elektrischen Stromes und kann leicht auf irgend eine Weise verwerthet, z. B. mittelst eines in die Leitung eingeschalteten empfindlichen Elektromagneten graphisch registriert, oder akustisch markirt werden u. dgl.

Noch habe ich auseinanderzusetzen, in welcher Art und durch welchen Bestandtheil der Vorrichtung die zu registrirenden Bewegungen dem primären Hebel mitzutheilen sind. Hierzu dient der prismatische Fortsatz f' des, auf dem cylindrischen Theil der Axe I aufgeschobenen und durch das Schräubchen s (Fig. 5 E) festzustellenden Ringes R . Dieser Fortsatz ist die Handhabe und bietet die Angriffspunkte, auf welche die Bewegungen mittelbar oder unmittelbar übertragen werden müssen, um sich dem primären Hebel, der ja an derselben Axe I festgeschraubt ist, treu und sicher mitzutheilen.

Ueber die Art und Weise wie dies zu geschehen hat, lässt sich im Allgemeinen nur so viel sagen, dass der genannte prismatische Fortsatz f' mit den bewegten Theilen in eine solche Berührung und Verbindung zu bringen ist, dass er die Bewegungen derselben genau und sicher mitzumachen gezwungen wird, was in jedem einzelnen Falle eine besondere Stellung und Fixirung der ganzen Contact-Vorrichtung und eine gewisse, möglichst zu beschränkende Anzahl von Zwischenstücken, die die Verbindung mit den ursprünglich bewegten Theilen herstellen, erfordert. Dem geübten Experimentator kann jedoch von Seiten der Einrichtungen meines Contactapparates bei Erfüllung der jeweiligen Bedingungen keine ernstliche Verlegenheit erwachsen, denn erstlich ist die beschriebene Vorrichtung an ihrem Dorn (D) durch einen passenden Träger in jeder erforderlichen Richtung und Stellung zu fixiren, und zweitens ist der prismatische Fortsatz ganz besonders geeignet, mit bewegten Theilen solid verbunden zu werden, indem man dieselben entweder direct auf das Prisma aufschiebt und durch ein Schräubchen fixirt, oder (ähnlich wie die unmittelbar auf die Arterie drückende Pulsfeder des Sphygmographen

von MAREY) mit einer Stahlschneide versieht und mittelst dieser gegen die untere Kante des prismatischen Fortsatzes wirken lässt.

Stahlschneide und Kante sind über Kreuz zu stellen und berühren sich daher nur in einem Punkte. Indem durch die fein regulirbare Spannung der Relaispiralfeder¹⁾ *F* (Fig. 5 C und Fig 6 A) der prismatische Fortsatz continuirlich, und mit beliebiger Festigkeit gegen die Stahlschneide angedrückt wird, so ist eine Unterbrechung der innigen punktförmigen Berührung beider Bestandtheile ausgeschlossen und die exacte Uebertragung der Bewegung auf den primären Hebel unter allen Umständen gesichert. Zugleich ist hierbei eine Vergrößerung der ursprünglichen Bewegung möglich, denn je näher der Berührungs- und Angriffspunkt an der Kante des prismatischen Fortsatzes der Umdrehungsaxe, *I*, liegt, je länger dagegen zugleich die Contacthebel sind, d. h. je weiter von der Umdrehungsaxe entfernt, die Schliessung und Lösung des elektrischen Contactes stattfindet, desto stärker muss die Vergrößerung der übertragenen Bewegung sein, welche am Contactpunkte der Hebel stattfindet.

Sind die Excursionen, welche die ursprünglich bewegten Theile machen, gross, wie bei den Athembewegungen, so kann man bei der Uebertragung auf eine Vergrößerung derselben verzichten; ja es kann unter Umständen vortheilhafter werden, eine Verkleinerung derselben zu bewirken. Zu diesem Ende braucht man nur auf den prismatischen Fortsatz ein Verlängerungsstäbchen aufzustecken und zu befestigen und das freie Ende desselben mittelst der Feder *F* gegen die Stahlschneide zu pressen oder durch Gelenke mit den bewegten Theilen zu verbinden.²⁾ Der Spielraum zwischen den Spitzen der Contact- und der Gegenschraube muss natürlich entsprechend verkleinert werden.

¹ Solcher Spiralfedern muss man mehrere von verschiedenen Widerstandsgraden haben, um die dem Zwecke entsprechendste aussuchen und einhängen zu können. Zuweilen kann man sie ganz entbehren.

² Beiläufig will ich hier angeben, dass ich schon vor mehreren Jahren, mittelst meiner älteren elektrischen Doppelhebel die Bewegungen der MIDDELDOORFF'schen Herznadel in der zuletzt erwähnten Weise auf den primären Hebel übertragen und sehr genau registriert habe. Zu diesem Ende hatte ich einen steifen Strohalm einerseits mit dem freien Ende der Herznadel, andererseits mit dem primären Hebel selbst der Contactvorrichtung welche damals keinen prismatischen Fortsatz besass, gelenkig verbunden und horizontal gestellt, während der primäre Hebel an seiner Axe nach unten hing und, da er dieselbe Länge hatte wie das freie Ende der Herznadel, und ursprünglich parallel zu diesem eingestellt worden war, die durch die In- und Expiration bedingten grossen Neigungsänderungen der Herznadel genau mitmachte, ohne jedoch in der exacten Markirung der Pulsschläge gehindert zu werden. — Diese Neigungsänderungen der Herznadel in

In Bezug auf die Regulirung dieses Spielraums durch Vor- oder Zurückschrauben der Contact- oder der Gegenschraube gilt im Allgemeinen, was ich schon Eingangs sagte, nämlich: dass man dafür zu sorgen hat, »dass er immer kleiner bleibe, als das Minimum der Schwankungsbreiten des primären Hebels.« — Von den beiden vorhin erwähnten Gründen, warum dem geübten Experimentator von Seiten der Einrichtungen meines Contact-Apparates keine ernstliche Verlegenheit erwachsen könne, bezüglich der Art und Weise, wie die zu registrirenden Bewegungen in den verschiedenen Fällen dem primären Hebel mitzutheilen sind, erscheint mir der zweite durch die eben mitgetheilten Bemerkungen hinreichend erörtert; was jedoch den ersten betrifft, so habe ich schliesslich noch das Folgende hervorzuheben.

Je nach der Richtung und Ebene, in welcher die in den verschiedenen Fällen zu übertragenden Bewegungen erfolgen, muss selbstverständlich die Richtung und Stellung der ganzen Contactvorrichtung wechseln, denn wie sollte z. B. eine möglichst einfache und exacte Uebertragung einer, um eine verticale Umdrehungslinie in horizontaler Ebene erfolgende Pendelbewegung auf den primären Hebel stattfinden, wenn die gemeinschaftliche Umdrehungslinie der Hebelvorrichtung (vgl. Fig. 6 A, die punktirte Linie xx) stets in horizontaler Ebene liegend verbleiben müsste, und niemals vertical, wie hier erforderlich ist, gestellt werden könnte?

Das Auskunftsmittel, dass unsere Vorrichtung mittelst ihres Dornes (D) und eines passenden Trägers in jeder erforderlichen Stellung und Richtung fixirt werden könne, ist zu selbstverständlich und naheliegend, als dass es verdiente weiter besprochen zu werden. Allein der Umstand, dass mit dem Wechsel der Stellung der ganzen Contactvorrichtung natürlich auch die einzelnen Bestandtheile derselben, wie der prismatische Fortsatz, die Axengabeln, die beiden Hebel etc. ihre Orientirung im Raume ändern, bestimmte mich Einrichtungen anzubringen, welche gestatten die relative Stellung der beiden Contacthebel gegen den prismatischen Fortsatz und die Axengabeln in weiten Grenzen veränderlich zu machen, und dieser Einrichtungen muss Erwähnung geschehen. Die Axengabeln und der prismatische Fortsatz müssen nämlich stets unter einem rechten Winkel gegeneinander gestellt bleiben, weil nur bei dieser relativen Stellung

Folge der Athembewegungen aber waren immer das eigentliche und unübersteigliche Hinderniss für die genaue elektrische Markirung der Herznadelbewegungen — ein Hinderniss, welches seit dem elektrischen Doppelhebel nicht mehr existirt!

beider Theile die Spiralfeder F unter den günstigsten Umständen an dem Fortsatz f zieht. Liegen die Axengabeln z. B. in einer verticalen Ebene, so ist der prismatische Fortsatz nothwendig horizontal gestellt, dann sind es aber auch die beiden Contacthebel und die Ebene, gegen welche sie senkrecht schwingen (vgl. die punktirte Linie $x''' x'''$ Fig. 6 B und C). Nun ist es aber wünschenswerth, dass, wenn z. B. die ganze Vorrichtung so fixirt worden ist, dass die Umdrehungslinien der Axen I und II (vgl. die punktirte Linie xx , Fig. 6 A) in horizontaler Ebene liegt, die Contacthebel, namentlich bei Anwendung der einarmigen, unter allen Umständen, d. h. bei jeder Neigung des prismatischen Fortsatzes und der Axengabeln gegen den Horizont vertical aufgerichtet oder vertical herabhängend eingestellt werden, weil sie in dieser Stellung am leichtesten aus ihrer Gleichgewichtslage gebracht werden können. Um nun dieser Forderung zu genügen, wurde der Ring R mit dem prismatischen Fortsatz nicht auf dem cylindrischen Theil der Axe I , an deren Bügel der primäre Hebel in unveränderlicher Richtung festsetzt, auch ein für allemal festgemacht, sondern es wurden Ring und Axe, vermittelst des Schraubchens s (Fig. 5 E) beliebig gegeneinander verstellbar eingerichtet.

Man hat also nur den primatischen Fortsatz in der durch die Umstände gebotenen Stellung festzuhalten, das Schraubchen s etwas zu lockern, um die Axe I im Ringe R so weit drehen zu können, bis der primäre Hebel vertical steht, und dann das Schraubchen s wieder festzuziehen. —

Die beschriebene Contactvorrichtung wird von dem trefflichen Mechanikus Herrn Schortmann in Lindenau bei Leipzig ausgeführt und auf Verlangen geliefert.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel 27.

Fig. 1 dient zur Erläuterung des Spiels der zweiarmigen elektrischen Doppelhebel (vgl. Abschnitt I, S. 825).

Fig. 2 u. 3 dienen zur Erläuterung des Spiels der beiden Formen der einarmigen elektrischen Doppelhebel (vgl. Abschnitt I, S. 826).
Fig. 4, 5 u. 6 beziehen sich auf die Beschreibung der Universal-Contact-Vorrichtung (vgl. Abschnitt II).

Fig. 4 stellt die Axe und die Axengabel für den secundären Hebel dar. *A* Ansicht von vorn; *B* von der rechten Seite; *C* Querschnitt der Axe, wo ihre cylindrische und ihre prismatische Seite zusammenstossen; *D* Ansicht von oben.

Fig. 5 die Axe und die Axengabel für den primären Hebel. *A* Ansicht von vorn; *B* von der rechten Seite; *C* der rechte Gabelarm von innen; *D* Ansicht von oben; *E* der an den cylindrischen Theil der Axe *I* aufzuschiebende Ring mit seinem querdurchbohrten und seinem prismatischen Fortsatz, von verschiedenen Seiten gezeichnet.

Fig. 6 die ganze Contact-Vorrichtung; *A* Ansicht von vorn; *D* von oben. *B* Zweiarmiger Doppelhebel von der Seite. *C* Einarmiger Doppelhebel von der Seite.