

Zur Physiologie des Nervus vagus.

Von

F. C. Donders.

Mit drei Tafeln.

Im letztverflossenen Jahre wurden, theils von meinen Schülern, theils von mir selbst einige Untersuchungen in Bezug auf die Function des Nervus vagus angestellt. Herr Terné Verheul¹⁾ schrieb seine Dissertation »über den Einfluss der Respirationsphasen auf die Dauer der Herzperioden«, Herr Prahl²⁾ »über den Einfluss des Nervus vagus auf die Herzbewegung«. Ueber die Innervation des Herzens, in Beziehung zu der der Athembewegungen theilte ich selber einige Untersuchungen mit³⁾, nachdem ich schon früher den Rhythmus der Herztöne festgestellt⁴⁾ und den Cardiographen von Marey, welchen ich für mehrere Untersuchungen anzuwenden beabsichtigte, einer eingehenden Prüfung unterworfen hatte⁵⁾. Seitdem wurde noch die Wirkung eines einzelnen Inductionsschlags und die von Kettenströmen auf den Vagus untersucht. Von diesen verschiedenen Untersuchungen sei es mir gestattet, hier das Wesentliche mitzutheilen.

I. Methode.

Wir stellten uns die Aufgabe, bei jedem Versuch die Dauer jeder Herzperiode, und, wo das nöthig schien, besonders die jeder Systole und Diastole zu messen. Diess war nur zu erreichen durch eine Registrirmethode: die Herzschläge wurden desshalb gleichzeitig mit den Schwingungen einer Stimmgabel auf einem verticalen sich

1) Conf. Onderzoekingen, gedaan in het Physiologisch Laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool. Tweede Reeks. I. bl. 33.

2) J. H. F. Prahl, De invloed der zwervende zenuw op de hartsbeweging. Diss. inaug., met 3 platen, verdedigd den 4den Juli 1868.

3) Nederlandsch Archief vor Genees- en Natuurkunde. D. III, blz. 449, en Onderzoekingen I, blz. 220.

4) Nederl. Archief. D. bl.

5) Onderzoekingen, gedaan etc. I, bl. 1.

Pflüger, Archiv f. Physiologie I.

drehenden Cylinder aufgezeichnet. Ausserdem registrirten wir die Athembewegungen und, wo Nerven gereizt wurden, die Bewegungen des Rheotoms, also die Oeffnungs- und Schliessungsschläge. Zur Beantwortung gewisser Fragen wurden auch Athmungsdruck und Blutdruck aufgeschrieben. Einzelne directe Ergebnisse werden bei der Beschreibung der Methoden bereits eingeschaltet.

1. Das Registriren der Herzperioden geschah mittelst des Cardiographen. Dieser besteht, wie bekannt, aus einer niedrigen Trommel, Taf. V. Fig. 1, *T* oben geschlossen durch eine Caoutchoucplatte mit hölzernem Steg, auf welcher der lange Schreibhebel *A* ruht, dessen verschiebbare Axe *a*, nahe an der Trommel liegt.

Erhebt sich die Caoutchoucplatte durch erhöhten inneren Druck, so steigt der Schreibhebel. — Mit dieser Trommel communicirt nun durch eine, an *B* befestigte, elastische Röhre der veränderliche Luft-raum, auf welchen die zu registrirende Bewegung direkt einwirkt. Behufs der Herzbewegung fand Marey das Stethoscop von König zutreffend. Vereinfacht, stellt dieses mein Luftkissen dar, das nichts weiter ist, als ein schwach concäver kupferner Deckel, worüber zwei, durch Luft gespannte Caoutchoucmembranen gespannt sind, und in dessen Boden eine elastische Röhre einmündet. Die Luft zwischen den Caoutchouc-Membranen kann unter beliebiger Spannung angeblasen werden.

Wir prüften das Instrument, indem der Druck auf das Luftkissen und die Bewegung der Schreibhebel gleichzeitig unter einander registrirt wurden. So wurde die hier abgebildete complicirte Curve erhalten (Fig. 2. Taf. V).

s stellt die Bewegungen dar einer starken Feder, die auf die Caoutchoucplatte des genau befestigten Luftkissens drückt: die Bewegungen wurden erhalten mittelst einer um eine feste Achse drehenden Scheibe, an deren excentrisch abgeschliffenen Rand die Feder sich anlehnte.

c ist die durch den Druck auf das Luftkissen gleichzeitig vom Schreibhebel verzeichnete Curve. Eine Scheibe wurde derart abgeschliffen (die Form und Grösse stellt Taf. V. Fig. 3 dar), dass beim Umdrehen um *c* die Herzcurve (Taf. V. Fig. 2 mit 70 Umdrehungen in der Secunde) nachgeahmt wurde.

Bei dieser directen Controle stellte sich heraus, dass, wenn auf den Schreibhebel, der sehr leicht sein soll, unweit von der Bewegungsaxe eine schwache (in der Abbildung fehlende) Feder drückt

(die sehr wesentlich ist, um die eigenen Bewegungen nach oben zu hemmen), sogar sehr complicirte Druckperioden recht genau wiedergegeben werden. Der Fehler ist, wie aus dem Unterschied zwischen S und c (Taf. V. Fig. 2) hervorgeht, dass, beim schnellen Steigen und Fallen, der Schreibhebel etwas zu weit geht. Bei langsamer Drehung sind s und c kaum von einander zu unterscheiden. Bei schnellerem Drehen nimmt dagegen der Unterschied zu, kann aber, durch Vermehrung der Reibung (stärkeres Anpressen des Schreibhebels an den Cylinder) sehr beschränkt werden. Jedenfalls, und darauf kommt es bei unseren Versuchen hauptsächlich an, darf man dem Momente des schnellen Ansteigens, wie des Abfallens, nach gleichsam horizontalem Gang, vollkommenes Zutrauen schenken.

Weiter fand sich, bei Versuchen mit elastischen Röhren von verschiedener Länge, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in der Röhre der des Schalls ähnlich ist, und dass, bei mässiger Reibung, die sämmtlichen Widerstände des Cardiographen noch eine Verzögerung von $\frac{1}{100}$ Secunde verursachen. Bei einer Länge der Röhren von 0,95 Meter war also die Verzögerung $= 0,01 + 0,003 = 0,013$ Secunde, dem Rechnung getragen werden musste.

Beim Menschen bekommt man die Curve der Herzschläge nach den Vorschriften von Marey. Bei Hunden und Kaninchen schneide man in der Herzgegend die Haare ab, und gebe dem Brette, worauf das Thier befestigt ist, die gehörige Neigung, um den Herzstoss stark fühlbar zu machen. Statt des Stethoscops von König soll, besonders bei Kaninchen, das kleine Luftkissen angewendet werden. Wie nicht bei allen Menschen, so ist auch nicht bei allen Thieren der Herzschlag gut zu registriren: es ist darum gut, vor dem Versuch das Thier hierauf zu prüfen.

2. Die Athembewegungen können beim Menschen und bei starken Hunden mit Marey's Pneumographen (einem ausdehnbaren, elastischen Cylinder), bei Kaninchen mit dem Luftkissen registrirt werden, beide mit einem Band um die Brust oder den Bauch befestigt. Während der Inspiration steigt der Schreibhebel beim Gebrauch des Luftkissens (Druck), fällt dagegen beim Gebrauch des Pneumographen (Luftverdünnung durch Ausdehnung des Cylinders). Auf der Athmungscurve sind oft genug die Herzschläge sichtbar¹⁾,

1) Der Puls in dieser Respirationscurve kommt $\frac{1}{12}$ Sec. nach dem ebenfalls registrirten Herzschlag und ist isochron mit dem Carotispuls. Auch

besonders bei Kaninchen (Taf. V. Fig. 4), nicht selten auch bei Menschen (Taf. V. Fig. 5). Man darf sich aber hierauf nicht verlassen, und es ist also im Allgemeinen besser jede einzeln zu registriren. Behufs des Studiums der Athembewegungen, unter verschiedenen Bedingungen, muss man gleichzeitig an mehreren Stellen die Formänderungen von Brust und Bauch aufzeichnen lassen. So findet man, dass beim Kaninchen, bei starker Contraction des Zwerchfells unter Nervenreizung, während der Ausdehnung des Bauches, der obere Theil der Brust sich verengen und zu Verwechslung mit einer Ausathmung führen kann. — Die Aenderungen des Athmungsdrucks lassen sich leicht registriren. Statt des Luftkissens verbinde man mit der Cardiographentrommel einen kleinen Trichter, den man an die Nase des Thieres, wie auch des Menschen, frei anzulegen hat, um ohne Beeinträchtigung der Athembewegungen, den Anfang des erhöhten und des verminderten Druckes, resp. der Ausathmung und Einathmung aufzuschreiben. Taf. V. Fig. 6 giebt die Curve der Athembewegungen (A') und des Athmungsdruckes (Ad) beim Menschen. Und dabei noch die Zeit T in Perioden von 2 Sekunden. Man sieht, wie gerade auf der Höhe der geraden bei 0 Druck vorher gezogenen Linie aa , die Curve Ad schneller ansteigt (positiver Druck beim Anfang der Expiration e), und hinabfällt (negativer Druck beim Anfang der Inspiration i): auf der geraden Linie kann man nun ie als die Dauer der Einathmung, ei als die der Ausathmung genau ausmessen. In diesen Verhältnissen kommen grosse Unterschiede vor, worauf hier nicht eingegangen werden kann. Man wird leicht bemerken, dass der positive und der negative Druck bald nach dem Anfang der Aus-, resp. der Einathmung abnehmen, aber doch keinen Augenblick auf Null verharren. Auch die wohl registrirten Athembewegungen zeigen, wie Marey richtig bemerkt hat, keine Pause. Das Resultat unserer Untersuchungen beim Menschen wurde von Terné Verheul folgenderweise formulirt: »Gegen das Ende geschieht die Expiration zwar höchst langsam; fast ausnahmslos lässt sich aber doch fortwährend ein leichtes Steigen der Linie erkennen bis zu dem Moment, wo, so zu sagen plötzlich, die Inspiration fast unmittelbar mit dem Maximum der Geschwindigkeit einfällt. Nach der

im registrirten Athmungsdruck wird der Puls sichtbar. Wir glauben dieses dem Austreten des arteriellen Blutes aus dem Brustkorbe, ohne gleichzeitiges Eintreten vom venösen Blute zuschreiben zu müssen.

Inspiration kann von einer Pause durchaus nicht die Rede sein: sie geht unmerkbar in die Expiration über, die ebenso langsam anfängt als die Inspiration endet.«

3. Die beiden als Chronoscop gebrauchten Stimmgabeln hatten 15 und 30 Doppelschwingungen in 1", wovon Zehntel sicher abgelesen werden konnten. Wo die erste Stimmgabel benutzt wurde, haben wir doch immer die Zahlen in 30stel von Secunden angegeben. Gewöhnlich wurden die Schwingungen durch Ausziehen eines zwischen den beiden Armen der Stimmgabel eingeklemmten Holzklötzchens hervorgebracht, wobei die der Stimmgabel von 15 in 1" mehr als 6 Minuten sichtbar blieben: diese Dauer war für unsere Versuche hinreichend. Zu besonderen Zwecken wurde eine Stimmgabel von 261 Schwingungen in 1" benutzt.

4. Um den Moment der Reizung zu bestimmen, wurde anfangs die Bewegung der Oeffnung und Schliessung des primären Stroms registrirt, in späteren Versuchen dagegen die Bewegungen des Rheotoms, mittelst eines feinen, daran festgeklebten Federchens von Gänseespule: in dieser Weise wurde der Anfang der Inductionsschläge sicherer, und ihre absolute Zahl, deren Frequenz man nach Belieben reguliren konnte, genau registrirt. Mehr konnte man nicht verlangen. Kommt es darauf an, bei Kaninchen Veränderung der Gehöreindrücke, durch Entstehen oder Verschwinden der stromunterbrechenden Feder zu vermeiden, so kann man, mittelst eines besonderen Electromagneten ein Stäbchen in Bewegung versetzen, diese Bewegung bequem registriren, während es als Schliessung des Inductionsstromes benutzt wird. In der Weise sind Anfang und Ende der Reizung bekannt, ohne dass die stromunterbrechende Feder zu schwingen aufhört.

5. Der Moment der Nervendurchschneidung wurde einfach bestimmt, indem, nach festem Rhythmus, 1, 2, 3 gezählt wurde, und beim Hören von 3, Einer den Nerv durchschnitt, ein Anderer ein Zeichen auf den Cylinder machte.

6. Zum Registriren des Blutdrucks wurde ein Quecksilbermanometer benutzt, unter solchen Cautelen, dass die Zahl der Schwingungen sicher, der Moment jeder Contraction hinreichend genau war.

Die Disposition der verschiedenen Apparate wurde nach Umständen geändert. Die Beschreibung würde weitläufig sein und scheint mir überflüssig: jeder findet bald die zweckentsprechende.

II. Continuirliches Tetanisiren der Nervi vagi.

Zu diesen Experimenten dienten Hunde und Kaninchen. Jede Umdrehung des Cylinders registrirt einen Versuch. An demselben Thiere wurden 4 bis 26 Versuche auf verschiedenen Blättern gemacht. In Dr. Prahl's Abhandlung sind sehr viele davon mitgetheilt. Wir beschränken uns hier auf zwei oder drei.

Bei einem Hunde wurde der Nervus vagus (nebst Sympathicus) an einer Seite durchschnitten und das peripherische Ende tetanisirt. Taf. V Fig. 7 ist ein Theil einer hierbei erhaltenen Curve: 0,0,0 sind isochrone Punkte, auf *R*, der Respirationscurve, *H*, der Curve der Herzschläge, und *V*, der Linie des Rheotoms. Die Reizung fängt an bei *i*, correspondirend mit *i'*, also eben vor dem Anfang einer Systole: die Contraction läuft regelmässig ab, die folgende bleibt aus. Die Reizung geschieht mit 1 Grove, Schlittenapparat du Bois-Reymond mit der Helmholtz'schen Modification, Rollenabstand 5 Cm.

Von demselben Hunde bilden wir (Taf. VII. Fig. 1) das Versuchsergebniss ab einer schwächeren Reizung (8 Cm. Rollenabstand): die Striche 1, 2, 3, 4, 5 u. s. w. auf der Abscisse *aa'* sind die Anfänge der sehr scharf registrirten Kammersystolen; die Ordinaten sind die ausgemessenen Zeiten für jede Periode in Schwingungen von 30 in 1". Bei *i*, gerade in der Mitte zwischen den Anfängen von zwei Systolen fängt die Reizung an: die nächste Pause ist schon eine Spur verlängert, und der Effect bleibt steigend während des ganzen Umganges, unter sehr verlangsamten Athembewegungen, deren bekannter Einfluss auf die Dauer der Herzperioden hier besonders stark ausgeprägt geblieben ist. Bei der Athembewegung vor der Reizung dauerte die kürzeste Herzperiode 10,5, die längste 14,5 Schwingungen, bei der letzten Athembewegung nach der Reizung resp. 11,2 und 20,5.

Nach der Durchschneidung der beiden Nn. vagi bleibt, wie Lüdwig und Einbrodt¹⁾ schon gefunden haben, der Einfluss der Respirationsphasen auf die Dauer der Herzperioden gänzlich aus. Bei Kaninchen ist dieser Einfluss überhaupt kaum merkbar. Uebrigens kommen die Resultate mit den bei Hunden erhaltenen überein; wir

1) Sitzungsberichte der math.-naturw. Classe der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. Bd. XL. S. 361.

bemerken nur, dass bei den kürzeren Herzperioden, wenn die Reizung unmittelbar vor einer Systole eintraf, die nächste Pause sich öfters noch nicht verlängert zeigte. An Kaninchen wurden auch Versuche gemacht, bei geöffnetem Thorax, im Zustande der Apnoë und Dyspnoë, gleichfalls nach Opiuminjection. Sie wurden von Herrn Prahl beschrieben und für jede Herzperiode in $\frac{1}{150}$ oder $\frac{1}{300}$ von Secunden ausgezählt. Einen dieser Versuche sei es mir erlaubt, hier noch einzuschalten.

Bei einem Kaninchen wurde der Thorax geöffnet und die künstliche Athmung unterhalten. Nachdem der Einfluss der Athembewegungen auf die Herzperioden vom Uebergang der Apnoë in steigende Dyspnoë, sowohl vor als nach der Durchschneidung der beiden Nv. vagi, untersucht war¹⁾, ist das Thier noch in gutem Zustande und lässt sich noch eine lang anhaltende Apnoë erzeugen. Gleichzeitig wird nun der Cylinder in Bewegung versetzt und die künstliche Athmung sistirt. Indem die Apnoë noch fort dauert, wird mit dem Tetanisiren angefangen und dieses fortgesetzt bis zum Ende des Umgangs. In den beiden ersten Versuchen kam die Dyspnoë nicht zur völligen Entwicklung. Es wurde also ein dritter bei langsamer Drehung des Cylinders gemacht (vgl. Taf. VII. Fig. 2). Die Pause der ersten Periode nach der Reizung, welche bei i anfängt, ist verlängert. Hierauf folgt nun zuerst eine Vorhofscontraction, darauf eine vollständige von Vorhof und Kammer, und während nun die Athembewegungen sich bei zunehmender Dyspnoë stärker und stärker ausbilden, zählt man 32 Herzperioden, alle von fast gleicher Dauer, wobei vollständige Contractionen und Vorhofscontractionen auf die regelmässigste Weise alterniren. Endlich, bei stärkeren Bewegungen des Thieres, gleitet der Nerv von den Electroden, worauf die Herzperioden wieder allmählich kürzer werden und ausschliesslich vollständige Contractionen von Vorhof und Kammer vorkommen.

Die Resultate dieser Reihe von Untersuchungen sind nun, kurz gefasst, folgende:

Das Tetanisiren des peripherischen Endes eines durchschnittenen Nervus vagus verlängert die Herzperioden, ganz besonders die Pausen. Bei schwachen Strömen steigt die Wirkung regelmässig über die

1) Vgl. meinen Aufsatz in Ned. Archief D. III. blz. 482. Auf die hierbei erhaltenen Resultate kommen wir später zurück.

ganze Länge eines Umgangs, während (bei Hunden) der Einfluss der Athmungsphasen auf die Dauer der Herzperioden immer deutlich, bisweilen vermehrt, gewöhnlich vermindert, fortbesteht; bei starken Strömen erreicht die Verlängerung fast unmittelbar ihr Maximum, nimmt aber, bei fortgesetztem Tetanisiren, bald wieder ab; bei mittelstarken Strömen steigt die Verlängerung der Perioden schnell zu einem Maximum, worauf sie eine Zeitlang regelmässig beharrt. — Nach Durchschneidung der beiden *Nv. vagi*, wodurch der indirecte Einfluss der Athembewegungen gehoben ist, kommt die hemmende Wirkung noch regelmässiger zum Vorschein, am regelmässigsten bei ausserdem geöffnetem Thorax, unter welchen Verhältnissen sowohl der directe als der indirecte Einfluss der Athembewegungen ausgeschlossen ist.

Der erste deutliche Effect der Reizung ist Verlängerung einer Pause, nach regelmässigem Ablauf der Contraction, vor oder während welcher die Reizung begann. Ist nur ein *Vagus* durchschnitten, so kann bei sehr schwacher Reizung anfangs eine geringe Verkürzung der Herzperioden entstehen. Offenbar handelt es sich hierbei um eine Complication mit dem Einfluss der Athmungsphasen auf die Dauer der Herzperioden, mittelst des nicht durchschnittenen Nerven. In dem (Taf. VII. Fig. 1) abgebildeten Versuchsergebnisse ist freilich die nächste Periode p' nach der Reizung i , wie aus dem Vergleich mit der correspondirenden p der vorigen Athemperiode offenbar hervorgeht, schon verlängert. Und eine solche Verlängerung bleibt auch in den weiteren Perioden, während der sehr gedehnten Ausathmung sichtbar; aber die Perioden p'' und p''' , die gegen das Ende der jetztfolgenden Einathmung fallen, sind entschieden kürzer als die entsprechenden der vorangehenden Athmungsperiode. Es kann sogar vorkommen, wie ein von Herrn Prahl (Dissertation, Taf. I. Fig. 2) abgebildeter Versuch zeigt, dass in der ersten Aus- und Einathmung nach dem Anfang einer sehr schwachen Reizung, die Herzperioden überhaupt etwas kürzer ausfallen, als in der vorhergehenden Athembewegung. Diese Abweichungen ereignen sich aber nie bei Kaninchen, wo die Athmungsphase kaum Einfluss hat auf die Dauer der Herzperioden, ebensowenig bei Hunden, wenn Durchschneidung der beiden *Nv. vagi* jenen Einfluss beseitigt hat; und wir haben hier also nicht an eine directe Wirkung des gereizten, sondern an eine secundäre Wirkung des unversehrten, nicht gereizten Nerven

zu denken. Wie aber bei diesen Versuchen der nichtdurchschnittene Nerv indirect gereizt wurde, muss sich später ergeben.

Die angestellten Versuche liessen sich weiter verwenden zu einer vorläufigen Bestimmung von der Dauer der latenten Reizung. Die Frage ist, wie lange wirkt der Reiz, bevor er sich als wirksam documentirt? Bis jetzt war eine genaue Antwort auf diese Frage nicht versucht worden. Einmal erwähnt Weber, dass »das Herz nach ein Paar Pulsationen völlig stillstand«, an einem andern Ort heisst es: »entweder verlangsamte sich der Puls des Herzens vom Momente des Galvanisirens an, oder das Herz stand nach einigen, sehr langsamen Schlägen still, oder es stand nicht selten fast augenblicklich still.« Ueber seine Experimente an Säugethieren schreibt er: »beim Galvanisiren wurden die Schläge des Ventrikels sogleich auf die Hälfte herunter gebracht.« Ludwig und Hoffa sagen im Allgemeinen: »Reizt man die Nv. vagi oberhalb ihres Eintrittes in das Herz, so geräth unter allen Umständen Letzteres sogleich in den Zustand der Diastole.« Und in Bezug auf Thiere, deren beide Nv. vagi durchschnitten sind, wird behauptet: »bei ihnen werden, im Moment der beginnenden Einwirkung der electricen Schläge, die unmittelbar vorher sehr rasch aufeinander folgenden Systolen durch eine lange Diastole unterbrochen.« Pflüger stellte es sich besonders zur Aufgabe, »die allerersten Veränderungen des Pulsschlages« genau zu studiren, und seine nach der graphischen Methode angestellten Versuche führen zu dem Schluss: »dass diejenige Reizung, welche die Pulsfrequenz verlangsamt, sich an dem Herzen zeitlich zuerst durch kein anderes Symptom als durch die Verlängerung der Diastole manifestirt.« Er findet weiter zu seinem Ueberaschen dass, sogar bei sehr starken Strömen, »zwei Wellengipfel dem Beginn der Reizung nachfolgen.« — Es ist keine Spur einer Beeinflussung dieser letzten Contraction. »Diese Thatsache«, so knüpft er in scharfsinniger Weise an, »ist auffallend. Wenn man überzeugt ist, dass der Vagus nicht direct die Substanz des Herzens beeinflusst, sondern nur die motorischen Centralapparate desselben, so begreift es sich wohl, dass, wenn man den Vagus in dem Stadium der latenten Reizung des Herzmuskels erregt, die nachfolgende Zuckung nicht mehr ausbleibt. Es würde plausibel sein, wenn der Reiz, der in der Diastole beginnt, den nächsten Schlag nicht mehr aufzuheben vermöchte.« So steht Pflüger skeptisch gegenüber den Ergebnissen seiner eigenen Versuche. Er hat das Richtige voraus

gefühlt und trotz der widersprechenden Versuchsergebnisse daran fest gehalten.

Bei der genauen Verzeichnung der Zeiten in unseren Versuchen schien es möglich, die latente Wirkung des gereizten Nervus vagus in absoluter Zeit zu bestimmen. Jedoch, nicht jeder Versuch kann dazu führen. Fällt die Reizung in i (Taf. V. Fig. 8), so wird der Eintrittsmoment der Systole c^1 dadurch nicht verzögert; die nächste, c^2 , sollte aber bei c eingetreten sein: aus einer solchen Curve lernen wir also weiter nichts, als dass die latente Wirkung grösser ist als $i c^1$ (minimale Grenze), kleiner als $i c^2$ (maximale Grenze), — welche Grenzen um die Dauer einer ganzen Periode auseinander liegen. Es kommen aber unter den vielen Versuchen auch solche vor, wo i gerade auf c^1 oder sogar etwas weiter einfällt und c^2 dennoch etwas zu spät kommt: hier fehlt dann die minimale Grenze, während die maximale sehr klein ist. In einem andern Fall nun rückt i noch eine Spur weiter, und c^2 ist nicht mehr verzögert: deshalb giebt dieser Fall uns eine sehr grosse minimale Grenze. Offenbar ist nun, in einer ziemlich grossen Reihe von Versuchen, die wahre latente Wirkung kaum kleiner, als die kleinste maximale, kaum grösser, als die grösste minimale Grenze; und sind diese beiden Grenzen einander nahezu gleich, so ist die Dauer der latenten Wirkung gefunden. Herr Prahl hat für die geeigneten Versuche von continuirlicher tetanischer Reizung die maximale und minimale Grenze, nach der von mir angegebenen Methode ausgemessen, und die betreffenden Zahlen mitgetheilt. Die Endresultate findet man in untenstehender Tabelle.

Hund.	Dauer d. latenten Wirkung in Stimmgabelschwingungen von 30 in 1''		Dauer einer Herzperiode in Stimmgabelschwingungen von 30 in 1''
	Maximum der min. Grenzen.	Minimum der max. Grenzen.	
I	10,6	10,5	12 bis 16
II	5,8	9,5	10 » 14
III	8	8	6,8 » 7
Kaninchen.			
IV	9	11	6,8
VI	9,4	8,4	6,8

Zuerst fällt hierbei auf, dass das Minimum der maximalen Grenze nicht selten kleiner ist als das Maximum der minimalen. Wenn die Zahl der Versuche gross genug wäre und die gefundenen Zahlen eine absolute Genauigkeit beanspruchen könnten, würde dar-

aus hervorgehen, dass in den verschiedenen Versuchen die Dauer der latenten Wirkung ziemlich differiren kann. In Hund II sind aber nur drei Beobachtungen gemacht, und desshalb muss das Maximum der minimalen Grenze, wofür nur 5,8 gefunden wurde, gewiss nicht berücksichtigt werden. Aus den Zahlen scheint weiter hervorzugehen, dass die normale Dauer der Herzperioden keinen wesentlichen Einfluss hat auf die Dauer der latenten Wirkung, die bei Kaninchen, mit viel kürzeren Herzperioden, nahezu mit der bei Hunden übereinstimmt. Die gefundenen Zahlen müssen weiter noch reducirt werden. Die Messung musste sich nämlich auf das Eintreten der Kammersystole beziehen, weil in vielen Fällen, besonders bei Kaninchen, die Contraction der Vorhöfe nicht besonders in der Curve zu sehen ist. Es müssen also alle Zahlen um die Zeit, welche die Contraction der Vorhöfe der der Kammern vorausgeht, vermindert werden. Endlich muss auch der Verzögerung des Cardiographen noch Rechnung getragen werden. Diese beide Werthe betragen zusammen beim Hunde 1,5, beim Kaninchen nur 1 Schwingung (vergl. IV).

III. Intermittirendes Tetanisiren der Nervi vagi.

In den im vorigen Abschnitt beschriebenen Versuchen wurde das bei *i* angefangene Tetanisiren immer bis zum Ende des Umgangs fortgesetzt. In dieser Weise liessen sich auf jedem Umgang auch nur einmal die Grenzen für die Dauer der latenten Wirkung bestimmen. Man braucht aber, wie wir sahen, eine grosse Zahl dieser Bestimmungen, um sich dem absoluten Werthe für die genannte Dauer zu nähern, und es wurden desshalb noch einige Reihen von Versuchen gemacht, wobei auf jedem Umgang mit gewissen Pausen wiederholentlich auf kurze Zeit tetanisirt wurde. Die Versuche wurden an drei Kaninchen angestellt. Der Cylinder machte die gewöhnlichen circulären Umgänge, mit einer Pause von 1 bis 1½ Minute nach jedem Umgang.

In einer sehr ausführlichen Versuchsreihe geschah die Reizung (2 Grove'sche Zellen, Helmholtz'sche Modification) in Perioden von 4 Secunden, jedesmal ½ Secunde lang, und zwar bei sehr verschiedenem Rollenabstand. Dies wurde mittelst des Metronoms von Maelzl erreicht, indem an beide Seiten des Pendels ein kurzer gebogener Metalldraht befestigt wurde, der bei der Bewegung des Pendels, an einer Seite, ½ Secunde lang in Quecksilber tauchte und solange den primären Strom schloss. In dieser halben Secunde

machte das Rheotom 36 Schwingungen, die registrirt wurden. Bei mässigem Gang des Cylinders erhielten wir in dieser Weise 6 Mal eine Reizung auf jeden Umgang, und konnten jedesmal den Effect studiren und ausmessen. Taf. V Fig. 9 stellt zwei solche Reizungen vor, die jedesmal auf V bei *i* anfangen und anhielten bis zu dem Punkt, wo die Linie wieder steigt. Es wurde für alle Reizungen eines jeden Umganges dieselbe musterhafte Regelmässigkeit erzielt.

Die ausgemessenen Zahlen hat Dr. Prahl mitgetheilt und den Einfluss der Stromstärke auf die Dauer der latenten Wirkung, auf die Verlängerung der ersten Perioden und auf die Nachwirkung untersucht. In der ganzen Reihe von 50 ausgezählten Versuchen wurde das Maximum der minimalen Grenzen = 7, das Minimum der maximalen = 4,8 Schwingungen gefunden, bei einer normalen Periodendauer (vor der Reizung), wechselnd zwischen 6,2 und 6,6. Der Einfluss zunächst der Stromstärke auf die Dauer der latenten Wirkung kam nicht deutlich zum Vorschein, wie es auch, bei der geringen Zahl von Versuchen für jeden Rollenabstand, kaum möglich war. Wir glauben aber doch, dass der gefundene Unterschied von 4,8 bis 7 Schwingungen theilweise in diesem Einfluss begründet ist. Bei sehr schwacher Reizung, wo, wie wir gesehen haben, der Effect fast unmerkbar anfängt, um sich erst allmählich zu steigern, muss der Fehler bei der Bestimmung des Anfangs sehr bedeutend ausfallen. Aber auch bei mittleren Reizstärken, wie sie in unseren Versuchen gebraucht wurden, wird wegen des immer noch langsameren Eintretens des Effects der Fehler in der Bestimmung einer ersten noch zweifelhaften Verlängerung einer Pause sich bei der Ausmessung noch geltend machen. Eine andere Frage ist es, ob in Wirklichkeit die latente Wirkung dabei auch länger dauert. Soviel geht aus den Versuchen wohl hervor, dass die bei einer mittleren Reizstärke erhaltene Dauer durch eine Maximalreizung kaum mehr abgekürzt werden kann. — Der Einfluss der Stromstärke auf die Verlängerung der ersten Perioden war leicht nachzuweisen. Recht auffallend ist die Verlängerung nach dem Anfang der kurzen Reizung nur für die zwei oder drei ersten Perioden, und diese Verlängerung steigt ganz regelmässig mit der Abnahme des Rollenabstandes. So war es wenigstens in den ersten Umgängen; und wenn in den späteren die Steigerung aufhörte, so war diess, wie die neue Steigerung nach einer kurzen Ruhe beweist, wesentlich von der eingetretenen Ermüdung abzuleiten. — Ebenso deutlich zeigte sich der

Einfluss der Stromstärke auf die Nachwirkung. Der Moment, in dem die Reizung von $\frac{1}{2}$ Secunde endet, fällt fast immer in die Pause der ersten, sehr selten in die der zweiten durch die Reizung verlängerte Periode. Nach dem Aufhören bleibt nun die nächste Contraction noch kürzer oder länger aus, und auf die Dauer dieses Ausbleibens hat die Stromstärke einen entschiedenen Einfluss. Es wurde weiter untersucht, innerhalb welcher Zeit nach dem Aufhören der Reizung die Verlängerung der Perioden auf den geringen Werth von 0,2 Schwingungen zurückgebracht war: deutlich wachsen jene Zeiten mit der Stärke der Reizung.

Immer kam, wenn die irritirte Strecke des Nerven nicht geändert wurde, der Einfluss der Ermüdung in jeder Beziehung stark ans Licht, wie auch die schnelle Wiedererholung bei der Ruhe am Ende jedes Umganges und besonders jedes Blattes. Theilweise kann auch hierin der Unterschied (von 4,8 bis 7 Schwingungen) in den Extremen der minimalen und maximalen Grenzen begründet sein: die geringere Reizbarkeit hat ein schwächeres Ansteigen der Wirkung zur Folge, und jede Wirkung muss sich um so länger der sicheren Beobachtung entziehen, je langsamer sie anschwillt.

Es wurde noch ein ähnlicher Versuch von Dr. Engelmann angestellt, wobei auch der Effect von Durchschneidung und Reizung des Nervus depressor registrirt wurde, und in einem meiner Versuche bei geöffnetem Thorax und künstlicher Respiration habe ich auch das intermittirende Tetanisiren angewendet. Die Resultate dieser Versuche stellen wir hier zusammen.

Kanin- chen.	Dauer d. latenten Wirkung in Stimmgabelschwingungen von 30 in 1''.		Normale Dauer der Herzperiode.	Intermittirendes Tetanisiren.
	Maximum d. min. Grenzen.	Minimum d. max. Grenzen.		
VIII	6,9	7	8 bis 8,4	(Engelmann)
IX	6,1	7	6 » 6,5	Geöffneter Thorax (Donders)
X	7	4,8	6,2 » 6,6	(Prah).

Die gefundenen Zeiten sind hier entschieden etwas kleiner als in den im vorigen Abschnitt mitgetheilten. Könnte das wiederholte Tetanisiren mit kurzen Pausen, wobei bei jeder neuen Reizung der Einfluss der vorigen noch nicht erloschen war, den Grund dafür abgeben? Ich kann es nicht entscheiden. Es scheint aber plausibel, dass eine Wirkung, die nicht ganz erloschen ist, schneller aufwacht, als eine solche, die ganz neu hervorgerufen werden muss. Uebri-

gens sind die angegebenen Zeiten noch zu gross. Sie müssen nämlich reducirt werden, um die Dauer der Vorhofscontraction und um die Verzögerung des Cardiographen, wofür, wie im vorigen Abschnitte, ungefähr eine Schwingung in Rechnung zu bringen ist.

IV. Reizung der Nv. Vagi mit einem einzigen Inductionsschlag.

Es ist klar, dass von Reizen mit einem einzigen Inductionsschlag das reinste Resultat zu erwarten war, sowohl in Bezug auf die Dauer der latenten Wirkung als besonders in Bezug auf den Verlauf der manifesten Wirkung überhaupt. Es fragte sich nur, ob der Effect eines einzigen Inductionsschlages gross genug sein würde, um deutlich erkannt und abgelesen zu werden. Als einige vorläufige Versuche jeden Zweifel darüber beseitigt hatten, übernahm Herr Dr. Place die Fortsetzung dieser Versuche, und es sind die unter seiner Mitwirkung angestellten, die ich hier mitzutheilen und für die Erkenntniss des Hemmungsprocesses zu verwerthen beabsichtige. Ich theile sie ausführlich mit, weil sie mir wichtiger scheinen als die in den vorigen Abschnitten erwähnten, und bisher nirgends veröffentlicht wurden.

Die Versuche wurden an Kaninchen angestellt. Die Nv. Vagi wurden in einer langen Ausdehnung frei präparirt, hoch durchschnitten und die peripherischen Enden beide gleichzeitig über die ungefähr 13 Mm. auseinander stehenden Electroden gelegt: bei geringerem Abstand der Electroden war die Wirkung schwächer. Da wir nicht nur die Wirkung eines Inductionsschlages zu kennen, sondern auch die Wirkungen eines Schliessungs- und eines Oeffnungsschlages, beide in absteigender und aufsteigender Richtung, zu vergleichen wünschten, wurde die abgebildete Einrichtung getroffen (s. Taf. V Fig. 10).

- A. Batterie aus zwei Grove'schen Zellen.
- B. Quecksilbernäpfchen.
- C. Pohl'sche Wippe.
- D. Schlitten-Apparat von du Bois-Reymond.
- E. Zweite Pohl'sche Wippe.
- F. Electroden des Inductionsstromes.
- G. Schlüssel.
- N. Der Nerv.

Der von der Batterie A gelieferte primäre Strom wurde mit

einem Metalldraht in dem Quecksilbernäpfchen *B* geöffnet und geschlossen. War nun die Wippe *C* vor dem Schliessen anders gestellt worden als vor dem Oeffnen, so wurden die Pole der secundären Spirale nicht gewechselt und man erhielt also in dieser Weise in gleicher Richtung durch den Nerv gehende Oeffnungs- und Schliessungsschläge; ausserdem geht in dieser Weise jeder Poldraht, sowohl der positive als der negative unverändert von denselben Windungen der secundären Spirale aus, und diess ist, wie wir gefunden haben, keineswegs indifferent. Um den Schlag in auf- und absteigender Richtung durch die Nerven zu führen, braucht man nur die Wippe *E* umzulegen. Der Schlüssel, der eine Nebenschliessung darstellt, kann den Nerven vor zufälligen Schlägen behüten: er wurde kurz vor jeder Reizung, nachdem alle Theile geordnet waren, geöffnet und nach der Reizung jedesmal wieder geschlossen. Auf jedem Umgang des Cylinders wurde nur einmal gereizt, ungefähr am Ende des ersten Viertels vom Umgang: in der Weise konnte die Dauer einer hinreichenden Anzahl Perioden vor und nach der Reizung ausgezählt werden. Es wurde die mittlere Dauer der fünf Perioden, die der Reizung vorausgingen, zu Grunde gelegt, um die Verlängerung der Perioden nach der Reizung zu bestimmen. In Fig. 8 (Taf. V), welche Versuch 48 der unten folgenden Tabelle vorstellt, ist *H* wieder die Curve der Herzperiode, *V* die Linie der Feder, die beim Schliessen und Oeffnen des Stromes angezogen und freigelassen wird¹⁾, *S* die Stimmgabelcurve (15 Schwingungen in 1"). Vom Anfangspunkte jeder Contraction ist ein Bogen nach *S* gezogen; in *i* findet die Reizung statt, 2,4 Schwingungen vor dem Anfang der nächsten (Ventrikel-)Contraction *c*¹. Aus der mittleren Dauer der fünf vorausgehenden Perioden $= 17,7 : 5 = 3,5$ wurde der Punct *c* bestimmt, wo die nächste Contraction zu erwarten war; diese Contraction folgt aber später, nämlich in *c*² statt in *c*, und der Abstand $c\ c^2 = 2,1$ Schwingungen, ist die Verlängerung der Periode. In derselben Weise wird die der nächsten $= 4,9 - 3,5 = 1,4$, weiter die der fünf ersten Perioden $= 21,9 - 17,7 = 4,2$, die der fünf

1) Die Bewegung der Feder bleibt beim Schliessen und besonders beim Oeffnen des Stromes ein wenig zurück; die Verzögerung ist aber, wie wir früher fanden und von neuem bestätigten, bei einer guten Einrichtung so gering (höchstens $\frac{1}{600}$ Secunde), dass wir berechtigt sind es hier zu vernachlässigen.

folgenden ($18,1 - 17,7 = 0,4$) bestimmt u. s. w., bis die ursprüngliche Dauer von 17,7 Schwingungen für fünf Perioden wieder erreicht ist, was hier, wie gewöhnlich, am Ende des hier nicht weiter abgebildeten Umganges der Fall ist.

Die hier mitgetheilte Tabelle giebt eine Uebersicht der Resultate, welche nach den beschriebenen Versuchs-, Auszählungs- und Berechnungsmethoden, in 145 an 6 Kaninchen angestellten Versuchen erhalten wurden.

I giebt zuerst die Nummer des Versuchs; weiter die Nummer der Kaninchen, der Blätter und der Umgänge. Zwischen den Umgängen eines jeden Blattes kommen Pausen von höchstens 3 Minuten. Zwischen je zwei Blättern desselben Kaninchens Pausen von ungefähr 12 Minuten. Während dieser Pausen wurde der Nerv bedeckt.

II enthält den Rollenabstand in Centimetern, von ganz übereinander geschobenen Rollen ab gerechnet. S ist der Schliessungs-, O der Oeffnungsschlag, abst. in absteigender, aufst. in aufsteigender Richtung.

III enthält als Minimum und Maximum den Spielraum für die Dauer der latenten Wirkung bei jedem Versuch. Wo ein ? steht konnte die Dauer nicht ausgezählt werden, weil der Moment der Reizung nicht genau verzeichnet war. Wo in der Reihe der Minima »fehlt« zu lesen ist, war die erste Pause nach der Reizung schon verlängert und wurde desshalb nur die maximale, keine minimale Grenze des Spielraums gefunden.

IV enthält die mittlere Dauer einer Periode, wie sie aus den fünf der Reizung vorangehenden Perioden berechnet wurde.

V enthält die Verlängerung der Periode in Folge der Reizung. Wo der Effect gering ist, kann öfters die Verlängerung nur für je fünf Perioden constatirt werden, und wurde desshalb für die erste und zweite Periode nicht angegeben. Damit ist auch die Dauer der latenten Wirkung unbekannt geblieben.

VI Anmerkungen.

I Nummer.		II Reiz.	III Dauer d. laten- ten Wirkung.		IV Dauer einer Periode.	V Verlängerung (n. d. Reiz.) von				VI Anmerkungen.
Blatt I.		S. abst. verglichen mit O. abst.	Minim.	Maxim.	Vord. Reiz	1. Per.	2. Per.	d. 1. fünf	d. 2. fünf	
Erstes Kaninch.										
1. Umgang	1	8 Cm.—S. abst.	1,2	7,8	6,6	2,6	1,2	4,4	0,2	
2. »	2	8 » —O. abst.	4	10,6	6,6	4	0,6	5	1,4	
3. »	3	8 » —O. abst.	1,2	8	6,6	5,4	1,2	7	1	
4. »	4	8 » —S. abst.						0,4	0,0	
5. »	5	8 » —S. abst.	2	8,6	6,6	2,4	0,8	3,6	0,4	
6. »	6	8 » —O. abst.	2	8,8	6,8	2,8	0,8	5,8	1,2	
7. »	7	8 » —O. abst.	fehlt	6,2	6,6	0,6	2,4	3,4	1,2	
8. »	8	8 » —S. abst.	2,6	9,4	6,8	3,2	0,6	4,4	0,8	
Blatt II.										
9. Umgang	1	0 » —S. abst.	6	12,4	6,4	4,6	0,2	4,6	1,6	
10. »	2	0 » —O. abst.	1,2	7,8	6,6	6,2	0,8	7	1,2	
11. »	3	0 » —O. abst.	0,6	7,2	6,6	5,6	1,4	8	1,2	
12. »	4	0 » —S. abst.	2,4	9	6,6	4	0,6	5,8	1,2	
13. »	5	0 » —S. abst.	2,8	9,4	6,6	3,2	1,2	4,8	1	
14. »	6	0 » —O. abst.	2	8,6	6,6	5,8	0,4	7	1,4	
15. »	7	0 » —O. abst.	3,2	9,8	6,6	4,8	0,6	6,1	1,4	
16. »	8	0 » —S. abst.	2,4	8,8	6,4	6,6	0,6	7	1,6	
Blatt III.										
17. Umgang	1	Ruhmkorff. S. abst.	1,8	8,2	6,4	5,8	1,4		?	
18. »	2	» O. abst.	4,2	10,6	6,6	5,2	0,6	5	0,4	
19. »	3	» O. abst.	?	?	6,6	3,2	0,0	3,6	1	
20. »	4	» S. abst.	?	?	6,6	1,4	0,0	2	0,6	
21. »	5	8 Cm.—S. abst.	?	?	6,4	4,4	0,4	5,6	1,8	
22. »	6	8 » —O. abst.	?	?	6,4	3,4	0,4	3,8	1,2	
23. »	7	8 » —O. abst.?	fehlt	6,6	6,6	0,6	2,2	3,4	1,2	
24. »	8									Unbrauchbar
Zweit. Kaninch.										
Blatt I.		S. aufst. verglichen mit O. aufst.								
25. Umgang	1	8 » —S. aufst.						0,8		
26. »	2	8 » —O. aufst.						0,6		
27. »	3	8 » —O. aufst.	3,4	9,4	6	0,6	0	0,6	0,4	
28. »	4									Un deutlich
29. »	5	8 » —S. aufst.	2,6	8,6	6	0,4	0	0,6	0,4	
30. »	6	8 » —O. aufst.						0,8		
31. »	7	8 » —O. aufst.	3,0	9	6	0,8	0,2	1	1,2	
32. »	8	8 » —S. aufst.						0,2	0,6	
Blatt II.										
33. Umgang	1	0 » —S. aufst.	2,6	8,6	6	1,4	0	?	?	Unregelmässigkeit. bei d. 5. u. 6. Per. nach der Reizung.
34. »	2	0 » —O. aufst.								Unbrauchbar
35. »	3	0 » —O. aufst.						0,2	1	
36. »	4	0 » —S. aufst.	1,4	7,6	6,2	0,4	0,2	0,6	1	
37. »	5	0 » —S. aufst.	0,4	7	6,2	0,3	0,4	1,4	1,2	
38. »	6	0 » —S. aufst.	2	8,2	6,2	0,6	0	1,4	0,6	
39. »	7	0 » —O. aufst.	3,6	9,8	6	0,8	0,8	2,4	0,8	
40. »	8	0 » —O. aufst.	5	11,4	6,4	0,6	0,2	0,6	0,4	
41. »	9	0 » —S. aufst.	5,8	12	6,2	0,6	0	1	0,8	
Blatt III.										
42. Umgang	1	Ruhmkorff. S. aufst.						0,4		
43. »	2	» O. aufst.	4,2	10,2	6,2	0,6	0,4	0,6	0,6	Kein Einfluss
44. »	3	» O. aufst.								
45. »	4	» S. aufst.						0,6	0,6	Kein Einfluss
46. »	5	6 Cm.—S. aufst.								
47. »	6	6 » —?	4	10,8	6,8	1,2	0,6	2,4	0,8	
48. »	7	6 » —O. aufst.	2,4	9,4	7	4	2,8	8,4	0,8	
49. »	8	6 » —S. aufst.						1,4		

I		II		III		IV		V		VI
Drittes Kaninch.		S. abst. verglichen mit S. aufst.		Minim.	Maxim.	Vor d. Reiz	1. Per.	2. Per.	d.1. fünf	d.2. fünf
Blatt I.										
50. Umgang	1	8 Cm.	— S. abst.	?		6,2	0,8	0,4	2,6	1,8
51. »	2	8 »	— S. aufst.	»		6	1	0,4	2,2	0,8
52. »	3	8 »	— S. aufst.							1,2
53. »	4	8 »	— S. abst.							
54. »	5	8 »	— S. abst.	5,2	11,2	6	1,4	1,4	3,6	2,2
55. »	6	8 »	— S. aufst.	4,6	10,8	6,2	1,8	0,8	3,2	1
56. »	7	8 »	— S. aufst.	3	9,2	6,2	2,6	1	4,8	2
57. »	8	8 »	— S. abst.	5	11,4	6,4	2	0,8	3,8	1,8
Blatt II.										
58. Umgang	1	0 »	— S. abst.	?		6,6	2,6	1	5,2	1,8
59. »	2	0 »	— S. aufst.	»		6,6	6	0,8	7,6	3
60. »	3	0 »	— S. aufst.	6	12,6	6,6	2,2	1,4	4,8	2
61. »	4	0 »	— S. abst.	fehlt	6,6	6,8	0,6	3	5,6	2,6
62. »	5	0 »	— S. abst.	4	10,8	6,8	2,6	1,2	6,2	2
63. »	6	0 »	— S. aufst.	2,6	9,2	6,6	2,4	1	4,2	1,4
64. »	7	0 »	— S. aufst.	5,2	1,2	6,8	1,8	0,4	3,8	1,4
65. »	8	0 »	— S. abst.	0,8	7,4	6,6	5,2	1	7,6	2,2
Blatt III.										
66. Umgang	1	8 »	— S. abst.							
67. »	2	8 »	— S. aufst.	2,2	8,8	6,6	2	1,4	4,4	1,2
68. »	3	8 »	— S. aufst.	4,8	11,2	6,4	3,8	1,2	5,4	1,4
69. »	4	8 »	— S. abst.	5,6	12	6,4	3,6	0,6	4,8	2,4
70. »	5	0 »	— S. abst.	4,4	10,8	6,4	4	0,8	5,6	2,6
71. »	6	0 »	— S. aufst.	2,8	9,4	6,6	3,4	1,2	6,6	1,4
72. »	7	Ruhmkorff.	S. aufst.	2	8,6	6,6	0,2	0,4	1	
73. »	8	»	S. abst.	fehlt	6,4	6,6	0,4	1,6	4	1
Viertes Kaninch. O. abst. verglichen mit O. aufst.										
Blatt I.										
74. Umgang	1	8 Cm.	— O. abst.	1,4	6,8	5,4	0,6	0,4	1,2	1
75. »	2	8 »	— O. aufst.	1,2	6,6	5,4	0,2	0,1	0,8	1
76. »	3	8 »	— O. aufst.						0,6	0,2
77. »	4	8 »	— O. abst.	4	9,6	5,6	1	0	1,4	1,4
78. »	5	8 »	— O. abst.	5,4	11	5,6	0,6	0	0,8	1,6
79. »	6	8 »	— O. aufst.						0,8	0,4
80. »	7	8 »	— O. aufst.						0,4	0,6
81. »	8	8 »	— O. abst.	0,4	6	5,6	0,4	1	2	1,6
Blatt II.										
82. Umgang	1	0 »	— O. abst.	1,2	7	5,8	3,8	1,4	6,4	1,8
83. »	2	0 »	— O. aufst.	2,4	8	5,6	2,8	0,6	5	2
84. »	3	0 »	— O. aufst.	1,8	7,8	6	0,8	0,2	1,6	1,6
85. »	4	0 »	— O. abst.						1	0,2
86. »	5	0 »	— O. abst.						1	0,8
87. »	6	0 »	— O. aufst.	0,4	6,6	6,2	0,4	0,2	1,4	1
88. »	7	0 »	— O. aufst.	3,2	9,2	6	0,8	0,8	2,4	0,8
89. »	8	0 »	— O. abst.	5,4	11,4	6	0,6	0,2	1,6	1,2
Blatt III.										
90. Umgang	1	8 »	— O. abst.	0,4	6,4	6	1	2,2	4,8	2,2
91. »	2	8 »	— O. aufst.	1,4	7,4	6	0,4	0,4	1,6	0,6
92. »	3	8 »	— O. aufst.	3,6	9,6	6	0,4	0,2	0,4	0,8
93. »	4	8 »	— O. abst.	4,2	10,2	6	2,2	0,8	2,8	1,6
94. »	5	0 »	— O. abst.	1,4	7,4	6	2,8	1,4	5,2	1,2
95. »	6	0 »	— O. aufst.	1,6	7,6	6	2,6	1	4,4	1,4
Ruhmkorff.										
			7	O. aufst.						
			8	O. abst.						
Kein Einfluss										
Kein Einfluss										

Kein Einfluss

Wahrscheinl. zwei Inductionsschläge

Unbrauchbar

Kein Einfluss
Kein Einfluss

I		II		III		IV		V		VI
Fünftes Kaninch.		S. aufst. verglichen mit O. abst.		Minim.	Maxim.	Vor d. Reiz	1. Per.	2. Per.	d. 1. fünf	d. 2. fünf
Blatt I.										
96. Umgang	1	8 Cm.	— S. aufst.						0,2	
97.	2	8	» — O. abst.						0,2	0,4
98.	3	8	» — O. abst.	1	6,2	5,2	0,6	0	0,8	0,2
99.	4	8	» — S. aufst.						1	0,2
100.	5	8	» — S. aufst.						0,8	0,4
101.	6	8	» — O. abst.	fehlt	5,2	5,2	0,6	0,4	0,6	0,4
102.	7	8	» — O. abst.						0,8	0,2
103.	8	8	» — S. aufst.	1,4	6,8	5,4	0,6	0,2	1,2	0,4
Blatt II.										
104. Umgang	1	0	» — S. aufst.						0,2	0,2
105.	2	0	» — O. abst.	2	7,6	5,6	1	0,4	1,2	0,6
106.	3	0	» — O. abst.	1	6,6	5,6	0,2	0,6	0,6	
107.	4	0	» — S. aufst.	1	6,4	5,4	0,6	0,6	1,4	1,2
108.	5	0	» — S. aufst.							
109.	6	0	» — O. abst.	fehlt	5,6	5,6	0,4	0,4	1,6	0,6
110.	7	0	» — O. abst.	4,2	9,8	5,6	0,6	0,2	1	0,4
111.	8	0	» — S. aufst.	fehlt	5	5,6	0,4	0,2	1	0,4
Blatt III.										
112. Umgang	1	4	» — S. aufst.	2,2	9,6	5,4	1,8	0,6	2,8	0,8
113.	2	4	» — O. abst.	4,4	10	5,6	0,4	0,2	0,6	0,4
114.	3	4	» — O. abst.							
115.	4	4	» — O. abst.	4,6	10	5,4	1	0,2	1,4	0,4
116.	5	4	» — S. aufst.	5,2	10,6	5,4	0,6	0,4	1,2	0,6
117.	6	0	» — S. aufst.	2,8	8,2	5,4	1,8	0,4	2,2	0,6
118.	7	0	» — O. abst.							
119.	8	Ruhmkorff.	S. aufst.					0,6	0,2	0,6
120.	9	»	O. abst.	5,2	10,6	5,4	0,6	0,2	1	0,2
Sechst. Kaninch. S. abst. verglichen mit O. aufst.										
Blatt I.										
121. Umgang	1	0	» — S. abst.	3,6	9,2	5,6	1,4	0,4	2,8	0,2
122.	2	8	» — S. abst.	2,6	8,2	5,6	0,8	0,2	1	1
123.	3	8	» — O. aufst.	3	8,8	5,8	1,2	0,2	1,6	0,2
124.	4	8	» — O. aufst.	3	8,8	5,8	0,8	0,2	1,2	0,0
125.	5	8	» — S. abst.	4	9,6	5,6	1	0,2	2	1,4
126.	6	8	» — S. abst.	1,2	6,8	5,6	0,4	0,4	1,4	0,2
127.	7	8	» — O. aufst.	2	7,8	5,8	0,8	0,2	1,2	0,6
128.	8	8	» — O. aufst.	2,4	8,2	5,8	0,8	0,6	2	1
129.	9	8	» — S. abst.	2,6	8,4	5,8	0,6	0	1,2	0,6
Blatt II.										
130. Umgang	1	0	» — S. abst.	4	10	6	1,2	1	3,4	1,6
131.	2	0	» — O. aufst.	2	8	6	1,6	0,4	2,8	2,2
132.	3	0	» — O. aufst.	5,8	12,2	6,4	0,6	0,6	2,8	0,2
133.	4	0	» — S. abst.	1,8	8	6,2	1,4	0	2,2	1,2
134.	5	0	» — S. abst.	4	10,2	6,2	1	0,2	1,6	0,6
135.	6	0	» — O. aufst.	1,6	8	6,4	1,8	0,6	3,2	1,4
136.	7	0	» — O. aufst.	0,6	6,8	6,2	1,6	1	3,8	0,8
137.	8	0	» — S. abst.	5,6	11,8	6,2	0,4	0,4	1,2	0,6
Blatt III.										
138. Umgang	1	4	» — S. abst.	fehlt	6,4	7	0,2	1	1,8	0,6
139.	2	4	» — O. aufst.	2,4	9	6,6	2	1,2	4	1,8
140.	3	4	» — O. aufst.	1,6	8	6,4	2,8	0,6	5,2	1,4
141.	4	4	» — S. abst.	2,8	9,2	6,4	2,8	1,2	5,6	1,6
142.	5	0	» — S. abst.	4	10,4	6,4	2,2	1	4,4	0,8
143.	6	0	» — O. aufst.	fehlt	6	6,4	1,4	1,6	4,4	1,4
144.	7	Ruhmkorff.	O. aufst.	5	11,4	6,4	1,4	0,6	2,6	1,4
145.	8	»	S. abst.							
Unbrauchbar.										

Kein Einfluss

Unbrauchbar

Unbrauchbar.

Die Resultate, welche aus dieser Tabelle abzuleiten sind, betreffen: *a.* die Dauer der latenten Wirkung; *b.* den Verlauf der ganzen Wirkung; *c.* den Einfluss der Kraft und der Richtung des Stromes.

a. Latente Wirkung. In der nächstfolgenden Tabelle findet man die Dauer der latenten Wirkung für jedes einzelne Kaninchen vereinigt. Man wird sich erinnern, wie wir diese Dauer bestimmt haben. Die kleinste maximale Grenze einer Versuchsreihe fällt etwas nach, die grösste minimale etwas vor den Uebergang der latenten in die manifeste Wirkung; in der Mitte zwischen jenen beiden liegt also die gesuchte Grenze. Die kleinste maximale Grenze kann nur noch zu weit, die grösste minimale nur noch zu nahe liegen: wo desshalb in einer Versuchsreihe diese grösser ist als jene (Kaninchen V), muss, vorausgesetzt, dass die Ausmessung absolut genau ist, die Dauer der latenten Wirkung in dem einen Versuche grösser sein als in dem anderen. In diesem Fall darf also auch der Mittelwerth als die gesuchte Grenze angenommen werden.

Kaninchen.	Versuchsnummer.	Dauer d. latenten Periode in Schwingungen von 30 in 1".			Dauer einer normalen Periode.
		Maximum der minim. Grenze.	Minimum der maxim. Grenze.	Mittel.	
I	1— 24	6	6,2	6,1	6,4 bis 6,8
II	25— 49	5,8	7	6,4	6 » 6,4
III	50— 73	6	6,4	6,2	6 » 6,6
IV	74— 95	5,4	6	5,7	5,4 » 6
V	96—120	5,2	5	5,1	5,2 » 5,6
VI	121—145	5,8	6	5,9	5,6 » 6,4

Man sieht, dass bei allen Kaninchen das Maximum der minimalen Grenzen und das Minimum der maximalen nahe aneinander getreten sind, und dass die mittlere Dauer der latenten Wirkung, die bei den verschiedenen Thieren sich zwischen 5,1 und 6,4 bewegt, im Mittel auf nahezu 6 angeschlagen werden kann. Diese Dauer ist kürzer als die beim continuirlichen, sogar noch etwas kürzer als die beim intermittirenden Tetanisiren gefundene. Im letzteren Falle war es plausibel, die bei jeder neuen Reizung noch nicht erloschene Wirkung als Grund der kürzeren Dauer anzusprechen. Hier glauben wir, dass die Art der Reizung selber den Effect schneller sichtbar, d. h. ausmessbar machte. Ueberhaupt scheint diese quasi-momentane Reizung mit einem einzigen Schlag zu dem reinsten Resultat zu führen. Für die Genauigkeit der Ausmessung spricht der Umstand, dass, mit einer einzigen Ausnahme, das Minimum der maximalen Grenzen etwas, aber doch kaum grösser gefunden wurde als das Maximum der minimalen. Wir glauben darum

an dem hier gefundenen Werth von 6 Schwingungen $= \frac{1}{5}$ Sec. für die Dauer der latenten Wirkung vorzugsweise festhalten zu dürfen. Immerhin, wie auch früher bemerkt wurde, muss der gefundene Werth noch vermindert werden um die Dauer der Vorhofscontraction ($\frac{1}{10}$ einer Periode also 0,02 Sec.) und um die Verzögerung des Cardiographen ($= 0,013$ Sec.), die zusammen 0,033 Sec., also gerade eine Schwingung betragen. Die reducirte Dauer kann also 5 Schwingungen $= \frac{1}{6}$ Sec. betragen.

Genauer formulirt bedeutet das erhaltene Resultat: dass eine in der günstigsten Phase der Herzperiode einfallende Reizung der Nn. vagi innerhalb $\frac{1}{6}$ Secunde nicht im Stande ist, die Dauer einer Periode um mehr als $\frac{1}{150}$ Sec. zu verlängern.

Aus den früheren Versuchen mit continuirlichem Tetanisiren schien hervorzugehen, dass die Dauer der latenten Wirkung bei Hunden und Kaninchen nahezu gleich und überhaupt unabhängig von der Dauer der normalen Herzperiode ist. Unsere letzteren Versuche widersprechen diesem nicht, muntern aber zu einer näheren Prüfung auf: zunächst beanspruchen die gefundenen Werthe nur Geltung für Kaninchen.

b. Verlauf der ganzen Wirkung. Wir wollen jetzt versuchen, vom ganzen Verlauf der Hemmung eine Curve zu construiren.

Zunächst kennen wir zwei Momente, erstens das der Reizung i , das in Taf. VI. Fig. 1 dem Anfang o der Abscissen entspricht, zweitens das des messbaren Eintritts der manifesten Wirkung m , wo die Verlängerung der Periode $\frac{1}{150}$ Sec. beträgt. Auf der Abscisse werden nun weiter die Momente der Contractionen c^1 , c^2 , c^3 u. s. w. aufgetragen, und die bei diesen Contractionen ausgemessenen Verzögerungen als entsprechende Ordinaten gezogen. In dieser Weise wurden die Coordinaten Taf. VI. Fig. 1. No. 48 von dem Taf. V. Fig. 8 abgebildeten Versuch 48 erhalten, der damit zu vergleichen ist. Sie bilden in diesem Versuch eine sehr regelmässige, langsam abfallende Curve. Einige andere Formen wurden in derselben Weise erhalten von den Versuchen 16, 56, 60, 61, 90 und ebenfalls Taf. VI. Fig. 1 abgebildet. Abgesehen von der schwächeren Wirkung, zeigen 56 und 60 ungefähr dieselbe Form als 48. Dagegen ist 16 sehr verschieden: die Wirkung steigt viel schneller, aber sie fällt auch bald wieder ab, um schon bei der vierten Periode, die eine Spur kürzer ist als die normale, sogar die Abscisse zu überschreiten. Gerade nach schnellem Steigen kommt eine solche momentane Erschöpfung

der Hemmungswirkung häufig vor. In Bezug auf 61 und 90 bemerken wir, dass die erste Contraction c schon innerhalb 6 Schwingungen, nach dem Anfang der Reizung, also bald nach dem Ende der latenten Wirkung, zu erwarten war, und demgemäss auch nur wenig (von c bis c^2) verzögert ist: indessen bricht eine solche früh einfallende kurze Verzögerung gewissermaassen die latente Wirkung, wie daraus hervorgeht, dass c^3 dabei in allen Versuchen zu klein ausfällt, um an ihrem Ort sich den Ordinaten von anderen Versuchen mit grossem Effect (wie Taf. VI. Fig. 1, No. 16) anzuschliessen. Die Verzögerung ist ebenfalls gering, wenn die Contraction c erst 10, oder sogar fast 12 Schwingungen (Versuch 60 von Taf. VI. Fig. 1) nach der Reizung einfallen sollte. Das Maximum der Verzögerung kommt nur vor, wenn der betreffende Herzschlag 7 bis 8 Schwingungen nach der Reizung zu erwarten stand, wie im Versuch 16, und die manifeste Wirkung also 2 bis 3 Schwingungen vor der sonst vorstehenden Contraction einfiel. Dieses Verhältniss ist auf die Hemmungscurve von grossem Einfluss. — Endlich stellt sich am auffallendsten in Versuch 90 heraus, dass während der Nachwirkung Ungleichheiten der Periodendauer vorkommen, viel grösser als sie vor der Reizung beobachtet wurden.

Die hier befolgte Methode, Hemmungscurven zu construiren, scheint vorauszusetzen, dass die zur Contraction führende Spannung um so mehr gesteigert ist, je länger die Contraction verzögert wurde, und dass mit jener Steigerung die hemmende Kraft im Momente der Contraction das Gleichgewicht hält. Ist diese Voraussetzung richtig? Das muss sich später ergeben. Aber immerhin konnte kein anderer Weg eingeschlagen werden. Zwei Momente waren gegeben: der Moment c , wo die Contraction zeitgemäss hätte einfallen sollen, und der Moment c^2 , wo sie wirklich einfiel. Eine Erscheinung war gemessen: die Verzögerungsdauer, c bis c^2 ; sie ist das einzige und natürliche Maass der Hemmung, unsere Ordinate. Es konnte sich nur fragen, welchem Momente sie angehört, entweder c oder c^2 . Wir haben gesehen, unter welcher Voraussetzung sie an c^2 zu knüpfen ist. Unter keiner Voraussetzung aber kann sie dem Momente c zukommen, weil sie durch den weiteren entweder steigenden oder fallenden Lauf der Hemmungswirkung zwischen c und c^2 offenbar zum Theil bestimmt wird. Die Verbindung der Verzögerungsdauer zu c war also ausgeschlossen.

Die oben mitgetheilten Hemmungscurven betreffen jede nur

einen Versuch. Es lassen sich aber die Resultate mehrerer Versuche zu einer Curve verbinden, die dadurch um so werthvoller wird. Offenbar dürfen die, wobei die Grösse des Effects sehr ungleich, oder der Verlauf wegen eines bedeutenden Unterschieds in der dem einfallenden Reize entsprechenden Herzphase sehr verschieden ist, nicht combinirt werden. Es wurden darum für jedes einzelne Kaninchen solche zusammengesucht, die zusammengehörten, und so sind die Taf. VI. Fig. 2 abgebildeten Curven entstanden. Wie man sieht, sind sie zwischen den Punkten der combinirten Versuche hingeführt. Beim Anfang der Abscisse unter o fällt die Reizung ein, bei m , etwas verschieden für die einzelnen Kaninchen, die manifeste Wirkung; c und c^1 liegen alle auf der Abscisse. Sie bilden bisweilen (Curve I und II) eine Gruppe, die leicht anzudeuten war, wie auch die Gruppen c^2 , c^3 u. s. w. — In den übrigen Curven liegen die c , die c^2 u. s. w. ziemlich durcheinander.

I besteht aus 6 Versuchen (No. 3, 10, 11, 14, 16) vom ersten Kaninchen, und zwar aus allen, worin die Verzögerung von c^2 bis $5-6\frac{1}{2}$ Schwingungen stieg, und ausserdem aus No. 9, worin mit Rücksicht auf die später einfallende c , die Verzögerung auch besonders gross war. Die Uebereinstimmung zwischen den genannten Versuchen ist höchst befriedigend. In diese Reihe lässt sich kein Versuch mit allen seinen Punkten einschalten, worin c schon kurz nach der manifesten Wirkung zu erwarten war, eben weil, wie oben bemerkt wurde, die Verlängerungen der nächstfolgenden Periode dabei in Bezug auf ihre Lage zu klein sind.

II besteht aus den Versuchen 1, 7, 12 und 23 desselben ersten Kaninchens, die alle mittlerer Höhe angehören. Der höchste Punkt der Curve wird hier früher erreicht, und die Senkung folgt auch früher, aber geht nicht so tief hinab als in I (vergl. S. 351).

Das zweite Kaninchen lieferte uns die schöne Curve 48 (Fig. 1. Taf. VI), die sich durch einen langsamen regelmässigen Abfall kennzeichnet; die übrigen Curven bleiben alle zu niedrig, um sich mit dieser combiniren zu lassen, oder eine zuverlässige Gesamtcurve zu bilden.

III besteht aus den Versuchen 56, 61, 68, 69 und 70 vom dritten Kaninchen.

IV besteht aus den Versuchen 82, 90, 94 und 95 des vierten Kaninchens.

Diese beiden unterscheiden sich nicht wesentlich von II; nur

fällt das Maximum in III etwas später, in IV etwas früher ein, und kein Punkt fällt unter die Abscisse.

Das fünfte Kaninchen liefert in allen Versuchen zu niedrige Werthe, um sie zu Curven zu benutzen.

V ist dem sechsten Kaninchen entnommen und ist aus den Versuchen 136, 140, 141 und 143 zusammengesetzt. Eigenthümlich ist, dass bei dem kleinen Maximum die Nachwirkung mit verhältnissmässig grossen Schwankungen (vgl. Fig. 1. Taf. VI, Versuch 90) sich so hoch erhält.

Von den 51 Versuchen mit nicht gar zu unbedeutendem Effect (wenigstens 2 Schwingungen Verlängerung von c^2 oder eine Schwingung von c^1) war am Ende des Umgangs in 42 keine Verlängerungen der Perioden mehr zu constatiren. Bei diesen hatte die Wirkung 69 bis 322, im Mittel 184,6 Schwingungen = 6,15 Secunden gedauert, — bei den 9 übrigen natürlich länger, — nämlich im Mittel länger als 273,4. — Es scheint mir, dass I, III und V als die drei Typen angenommen werden können. Weitere Erörterung ihrer Characteres und ihrer Bedeutung scheint vor der Hand überflüssig.

c. Einfluss der Kraft und der Richtung des Stromes. Wir haben gesehen, dass die Verzögerung der beiden ersten Contractionen c^2 und c^3 hauptsächlich bestimmt wird durch die Phase der Herzperiode, worin die Wirkung fällt. Die Verzögerung dieser beiden Perioden kann desshalb kein Maass abgeben für den Einfluss der Kraft und der Richtung des Stroms überhaupt. Besser ist es, indem die folgenden Perioden meistens compensirend wirken, das Maass in der Summe der Verzögerungen einer grösseren Periodenzahl zu suchen, und wir haben gemeint, uns auf die der ersten zehn Perioden beschränken zu können. Die Zahlen sind als die Verlängerungen der ersten und der zweiten fünf Perioden in der grossen Tabelle (S. 347—349) aufgeführt.

Es schien uns von vornherein bedenklich, die bei verschiedenen Kaninchen erhaltenen Zahlen unter einander zu vergleichen. Darum wurden die Versuche so eingerichtet, dass bei jedem der vier ersten Kaninchen immer nur entweder Oeffnung und Schliessung oder aufsteigender und absteigender Strom mit einander abwechselten, und zwar in drei Reihen von verschiedener Stromstärke. In den beiden letzten Kaninchen wurden nun gewissermaassen als Controle der bei den vier ersten erhaltenen Resultate die Effecte von in beider Hinsicht verschiedenen Reizen mit einander verglichen.

Um eine Uebersicht zu gewinnen, wurden die Mittelwerthe der Verzögerungen bei den Stromverschiedenheiten berechnet, und in untenstehende Tabelle vereinigt.

I	8 S abst. : 8 O abst.	3,55 : 6,5	1 : 1,84
	0 S abst. : 0 O abst.	6,9 : 8,3	1 : 1,203
II	8 S aufst. : 8 O aufst.	0,87 : 1,15	1 : 1,32
	0 S aufst. : 0 O aufst.	2,25 : 1,8	1 : 0,80
III	8 S aufst. : 8 S abst.	3,8 : 5,3	1 : 1,42
	0 S aufst. : 0 S abst.	5,9 : 8,3	1 : 1,41
	8 S aufst. : 8 S abst.	7,1 : 7,7	1 : 1,08
IV	8 O aufst. : 8 O abst.	1,2 : 2,75	1 : 2,21
	0 O aufst. : 0 O abst.	4,3 : 4,1	1 : 0,95
	8 O aufst. : 8 O abst.	1,7 : 5,7	1 : 3,36
V	8 S aufst. : 8 O abst.	1,05 : 0,9	1 : 0,86
	0 S aufst. : 0 O abst.	1,47 : 1,5	1 : 1,02
	4 S aufst. : 4 O abst.	2,7 : 1,4	1 : 0,52
VI	8 S abst. : 8 O aufst.	2,2 : 1,95	1 : 0,89
	0 S abst. : 0 O aufst.	3,1 : 4,8	1 : 1,55
	4 S abst. : 4 O aufst.	4,8 : 6,2	1 : 1,392
	0 S abst. : 0 O aufst.	5,2 : 5,8	1 : 1,1154

I bis VI sind die Kaninchen; die Zahl vor S (Schliessung) und O (Oeffnung) bedeutet den Rollenabstand; hinter S und O steht die Stromesrichtung; den absoluten mittleren Effect liefert die erste Vergleichung; die zweite giebt das Verhältniss zur Einheit.

Aus dieser Tabelle geht nun hervor, zunächst in Bezug auf die Richtung des Stroms und auf Oeffnung und Schliessung:

1. dass der Oeffnungsschlag im Allgemeinen einen grösseren Einfluss hat als der Schliessungsschlag (Kaninchen I und II); nur bei aufsteigender Richtung und grosser Stromstärke kann sich das Verhältniss umkehren;

2. dass die absteigende Richtung einen stärkeren Effect hat, als die aufsteigende, und zwar ausnahmslos für den Schliessungsschlag (Kaninchen III), beim Oeffnungsschlag mit der Beschränkung, dass für die stärksten Ströme die Richtung ohne Einfluss wird (Kaninchen IV);

3. dass der Schliessungsschlag in absteigender Richtung, wenigstens bei stärkeren Strömen, etwas schwächer wirkt, als der Oeffnungsschlag in aufsteigender Richtung (Kaninchen VI).

Mit diesen Resultaten scheinen die Ergebnisse beim fünften Kaninchen in Widerspruch zu stehen. Wir glauben uns berechtigt, beim Schliessungsschlag in aufsteigender Richtung die geringste, beim Oeffnungsschlag in absteigender Richtung die grösste Wirkung zu erwarten, und das gesagte Kaninchen liefert uns, wenn auch nicht sehr schlagend, ein umgekehrtes Verhältniss. Freilich sind die Er-

gebnisse weniger überzeugend, weil der Effect überhaupt gering, für die beiden ersten Contractionen häufig kaum zu constatiren war, und in jeder Beziehung sehr weit zurückblieb bei den in Kaninchen I und III unter gleichen Verhältnissen erhaltenen Effecten.

In Bezug auf den Einfluss der Kraft des Stromes, liefert die Tabelle auch einigen Aufschluss. Man konnte voraussetzen, dass, bis auf eine gewisse Höhe, die Wirkung mit der Stromstärke steigen muss. Es stellte sich nun heraus, dass bei 8 Zoll Rollenabstand diese Höhe noch nicht erreicht ist: regelmässig liefert dasselbe Thier in derselben Versuchsreihe eine stärkere Wirkung bei 0 als bei 8 Zoll Rollenabstand. Dagegen wird die bei 4 Zoll Rollenabstand gefundene Verzögerung durch die bei 0 nicht immer übertroffen.

Es scheint hier der Ort, die Versuche zu erwähnen, die auf dem dritten Blatt eines jeden Kaninchens mit Einschaltung eines grossen Ruhmkorff'schen Apparats registrirt wurden. Die Einschaltung geschah einfach so, dass die primäre Spirale des Ruhmkorff'schen Apparates mit der primären Spirale und den Windungen des Electro-Magneten des Schlittenapparats in dem primären Strom war. So blieben die übrigen Apparate an Ort und Stelle, und registrirte das Rheotom des Schlittenapparates die Inductionsschläge des Ruhmkorff'schen Apparats, dessen secundäre Spirale mit den reizenden Electroden in Verbindung gesetzt war, gerade wie vorher die des Schlittenapparats. Die Versuche sind in der grossen Tabelle aufgeführt unter den Versuchsnummern 17, 18, 19, 20, 42, 43, 44 u. 45, 72, 73, 95 bis, 95 ter, 119, 120, 144, 145. Die Schläge waren gewaltig. Bei jeder Oeffnung des primären Stromes sprangen Funken zwischen den 13 Mm. von einander entfernten Electroden über, wenn der Nerv sie nicht verband. Dessenungeachtet war die Verlängerung der Perioden nicht bedeutend. Nur in dem ersten Kaninchen, wo der Strom in absteigender Richtung durch den Nerven floss, blieb sie, wenigstens in Bezug auf die ersten Perioden, bei der mit schwächerer Reizung erhaltenen nicht viel zurück. In allen übrigen war dies der Fall, und wo der Strom aufsteigend durch den Nerven ging, war der Effect immer gering und fehlte sogar durchaus in einigen Fällen. — Auf die Erklärung dieses Verhaltens werde ich hier nicht näher eingehen. Ich erlaube mir nur die Bemerkung, dass ein solcher Inductionsschlag mittelst des grossen Ruhmkorff'schen Apparats keineswegs eine momentane Wirkung darstellt. Die Entladung der Inductionselectricität bei einer

einzigsten Oeffnung kann mehr als $\frac{1}{30}$ Secunde, die einer Schliessung wenigstens $\frac{1}{60}$ Sec. anhalten¹⁾, und die Wirkung wird sich wahrscheinlich der eines starken constanten Stroms von kurzer Dauer anschliessen. Hierüber sind unsere Untersuchungen noch nicht zum Abschluss gebracht.

IV. Continuirliches Tetanisiren mit allmählich steigender Intensität.

Der Zweifel, ob der N. vagus als Hemmungsnerv zu betrachten ist, gehört einem überwundenen Standpunkte. Von Bezold bewies, »dass der electricisch erregte N. vagus die Herzschläge nicht zu beschleunigen vermag, mag die Erregung auch durch alle nur möglichen Stromstärken bewirkt werden«, und Pflüger stellte fest »dass, während die Stärke der Inductionsströme von 0 aus anschwillt bis zu derjenigen Grösse, welche die Frequenz herabsetzt, keine kurze Periode existirt, in welcher jene momentan vermehrt wäre«. Wenn wir also noch einige in hiesigem Laboratorium angestellten Versuche mittheilen, wobei der N. vagus mit allmählich steigender Intensität gereizt wurde, geschieht das einfach, weil durch Auszählen der Dauer eines jeden Herzschlags vor und nach der Reizung, mit Angabe des ebenfalls registrirten, veränderlichen Rollenabstands, der ganze Verlauf der Erscheinung noch genauer festgestellt werden konnte (vgl. Prahl S. 52—63).

Bei diesen Versuchen war die Einrichtung so getroffen, dass der Cylinder sich regelmässig senkte, sodass eine Spirale von 8 Umdrehungen ununterbrochen registrirt wurde. Durch eine Verbindung der secundären Rolle mit dem Seil des sinkenden Gewichtes, näherte sich diese allmählich der primären; und als die hemmende Wirkung eine gewisse Höhe erreicht hatte, wurde plötzlich der secundäre Strom unterbrochen, das Registriren aber der Herz- und Athemperioden, wie das der Stimmgabelschwingungen, bis zum Ende des Cylinders fortgesetzt. Nach dem Versuch wurde durch entgegengesetztes Umdrehen des Cylinders das Gewicht wieder aufgewunden und der correspondirende Rollenabstand unter die Curven notirt.

Wir theilen hier die Resultate eines solchen Versuchs mit. Anfangs, bis der Effect der Reizung sich zu zeigen anfängt, ist die Dauer nur für je fünf Perioden angegeben, die fast gerade einer Secunde entspricht, später für jede einzelne Periode.

¹⁾ Vgl. meine vorläufige Mittheilung, in »het proces-verbaal der Zitting van den 30. Mei 1868 der Koninklijke academie van Wetenschappen.« Amsterdam.

Dauer, in Schwingungen von 30 in 1''		
Secun- den	Rollen- abstand	v. 5 Herzperiod. v. 1 Herzperiode
Vor der Reizung		
10		29,4
9		28,8
8		29,6
7		29,4
6		29,8
5		29
4		29,4
3		26,4
2		29,4
1		29,6
Anfang der Reizung		
0	35	
1		29,8
2		30
3	34	29,8
4		29,2
5	33	30,2
6		30
7		30
8	32	30
9		29,8
10		29,8
11	31	30
12		29,6
13		30
14	30	29,8
15		29,6
16		30,2
17	29	29,8
18		29,4
19		30
20	28	30,4
21		30,2
22	27	30,4
23		30
24	26	29,6
25		29,6
26		29,6
27	25	30
28		30
29	24	30
30		30
31		30,2
32	23	30
33		29,8
34		29,8
35	22	29,6
36		30
37	21	30
38		29,4
39	20	30
40		30,2
41		30
42	19	29,8
43		29,8

Secun- den	Rollen- abstand	Dauer, in Schwingungen von 30 in 1"	
		v. 5 Herzperiod.	v. 1 Herzperiode
44		29,6	
45	18	29,6	
46		29,8	
47		30	6
48	17	29,8	
49		29,8	
50		30	6
51	16	30	6
			6
			6,2
52			6,2
			6
		30,8	6,4
			5,8
	15		6,2
			6,4
			5,8
53		30,6	6,4
			6,2
			6
			6,2
			6
54		30,4	6
			6,2
			6
			6
55			6,4
		30,8	6,2
			6
			6,2
			6,8
			6,6
56		32	6,4
	14		6,4
			6,4
			6,8
57		32,2	6,2
			6,6
			6,6
			6,4
58			6,2
		32,2	6,4
			6,4
			6,8
			6,6
59	13		7,2
		33,6	6,6
			7,2
			7,2
60			7,2
			9
		38,2	7,6
61			7,6
			7,6
			7,6

Dauer, in Schwingungen von 3 in 1"				Dauer, in Schwingungen von 30 in 1"			
Secun- den	Rollen- abstand	v. 5 Herzperiod.	v. 1 Herzperiode	Secun- den	Rollen- abstand	v. 5 Herzperiod.	v. 1 Herzperiode
62	12	43,8	7,6 13,4 14 12,2			6 6 5,6 5,8	
63			10 10,4	7		29,4	
64		60,4	13,8	8		29,4	
65	11		9,8	9		29,2	
66			8,6	10		29,2	
67		71,4	18	11		29,2	
68			18	12		29	
69	10		17	13		29,4	
70		94,6	19,6	14		30	
71			17	15		29,4	
72	9		18,4	16		29,4	
73		120	21,6	17		29,4	
74	8		17,2	18		29,2	
75			30,8	19		29,6	
76			24,8	20		30,4	
77	7	121,2	26,8	21		29,6	
78			20,4	22		29,6	
	6,5		22	23		30,2	
Ende der Reizung			21,2	24		30,8	
			27,2	25		30,2	
1		39,8	23,8	26		29,8	
			27	27		30	
2			20,8	28		29,8	
			18	29		30	
			10	30		30,6	
			7	31		30,4	
			7	32		30,2	
			7	33		29,8	
			8	34		30,2	
			7,8	35		30,8	
			7,8	36		?	
			7,4	37		?	
			7	38		?	
			7,2	39		?	
		36,4	7	40		30	
			6,8	41		30,2	
			6,8	42		30,8	
			7	43		31	
			6,6	44		30,8	
			6,6	45		31,6	
			6,6	46		31,8	
			6,6	47		30,6	
			7,4	48		31,4	
			6,6	49		31,6	
			6,4	50		31	
			6	51		30,8	
			6	52		30,4	
			6,2	53		30,8	
			5,8	54		30,4	
			6	55		30,6	
			30,4	56		31	
			6	57		31,6	
6							

Es geht hieraus mit der gewünschten Präcision hervor, dass sehr schwache Reizung eines N. vagus unwirksam ist, dass erst bei einem Rollenabstand von 15 bis 14 Zoll (2. Grove's, Schlittenapparat, Helmholtz'sche Modification) der Effect sich zu zeigen beginnt, und zwar unmittelbar als Verlängerung der Perioden, dass er von 12 Cm. Rollenabstand schnell steigt, und bei 9 sein Maximum erreicht, worin er bei 8 und 7 beharrt; weiter, dass nach dem Aufhören der Reizung der Effect anfangs schnell, bald aber langsam abnimmt, um nach 6 Secunden zu verschwinden und sich bei 24 Secunden mit kleinen Schwankungen von Neuem in einer schwachen Verlängerung der Perioden zu zeigen, die bei 57 Secunden noch nicht aufgehört hat.

Von einem zweiten, ebenfalls an einem Kaninchen angestellten Experimente geben wir die erhaltenen Curven und die zugehörigen Zahlen in einer Abbildung (Taf. VII Fig. 3), die als *A* und *B* zwei sich ineinander fortsetzende Spiralumgänge vorstellt, worin der Reizeffect sich kund giebt: *H* giebt die Herzperioden, schwach aber sehr deutlich, und alle in Schwingungen von 15 in 1" ausgezählt, *K* die Ahe mbewegungen, *S* die Stimmgabelschwingungen von 15 in 1", theilweise nur als Pünktchen abgebildet, und *V* die Reizung, als dickere Linie, mit den zugehörigen Rollenabständen, und beim Anfang der dünneren Linie unterbrochen. Die Verlängerung der Herzperioden fängt erst zwischen 11 und 10 Zoll Rollenabstand an, erreicht eine grosse Höhe zwischen 8,5 und 6,8, und nimmt nun anfangs schnell, weiter langsam ab, ist aber 30 Secunden später noch nicht ganz verschwunden.

Aus diesen und zwei anderen derartigen Versuchen schliessen wir, dass bei schwacher Reizung, bis an 14 Cm. Rollenabstand (2. Grove's, Schlittenapparat mit Helmholtz'scher Modification) sich keine Wirkung zeigt, und dass sie mitunter erst bei 11 gesehen wird. Im letzteren Falle steigt sie schnell an, sodass in allen Versuchen bei 9 Cm. Rollenabstand ein sehr starker Einfluss erreicht ist. Weiter fand sich, dass die Wirkung grösser und nachhaltiger ist, wenn die Reizung längere Zeit gedauert hat. Nicht nur bei den einzelnen Inductionsschlägen, sondern auch beim Tetanisiren mit kurzen Intervallen, wurden, nach einer ersten, eben so stark verlängerten Periode, die Verlängerungen viel schneller auf ein Minimum reducirt, und waren auch früher vollkommen verschwunden, als in den hier zuletzt mitgetheilten Versuchen, worin die Reizung, mit steigender Kraft, längere Zeit gedauert hatte. Das während einiger

Secunden Verschwinden des Effects im Laufe der Nachwirkung kam nur in dem einen beschriebenen Versuch vor. (Fortsetzung folgt.)

Ueber den Einfluss der Säuren auf die Gase des Blutes.

Von **E. Pflüger** und **N. Zuntz**.

Lothar Meyer machte bekanntlich die Entdeckung¹⁾, dass, wenn dem frischen arteriellen Blute Weinsäure zugesetzt wird, der bei Weitem grösste Theil des in demselben enthaltenen Sauerstoffs verschwindet. Dieses Gas geht dann eine feste chemische Verbindung mit einem Blutelemente ein, so dass es nicht mehr wie vorher durch Erwärmung im luftleeren Raume gewonnen werden kann. Nach Lothar Meyer ist die neue Verbindung des Sauerstoffs nicht Kohlensäure, weil mit Weinsäure behandeltes Blut nicht mehr Kohlensäure an das Vacuum abgibt als solches, welchem auf andere Weise seine Gase entzogen werden. So merkwürdig auch immer die von jenem Forscher aufgefundene Thatsache erschien und so sehr die Vervollkommnung der analytischen Methoden zu einer eingehenderen Untersuchung aufforderte, so hat man doch allgemein an der von dem Entdecker gegebenen Auffassung bis heute festgehalten, ohne dass eine genauere Prüfung nochmals stattgefunden hätte.

Der Beweis liegt in folgenden beiden von L. Meyer²⁾ gegebenen Versuchsdaten (auf 100 Vol. Blut berechnet):

I.	
I. Portion sogleich mit Säure versetzt.	II. Portion erst ohne, dann mit Säure gekocht.
Sauerstoff	3,79
Stickstoff	2,94
freie Kohlensäure	—
gebundene Kohlensäure	—
gesammte „	27,10
gesammte Gasmenge	33,84
II.	
Sogleich mit Säuren versetzte Portion.	Erst für sich, dann mit Säure ausge- kochte Portion.
Sauerstoff	5,81
Stickstoff	4,12
freie Kohlensäure	—
gebundene „	—
gesammte „	21,56
gesammte Gasmenge	31,49
Sauerstoff	11,55
Stickstoff	4,40
freie Kohlensäure	1,09
gebundene „	18,12
gesammte „	19,21
gesammte Gasmenge	35,16

Die Gase sind gemessen bei 0° und 0,76 M. Druck.

1) Lothar Meyer, die Gase des Blutes. Zeitschrift für rationelle Medicin. N. F. Bd. VIII. pg. 256.

2) L. Meyer a. a. O. pg. 269 u. 272.

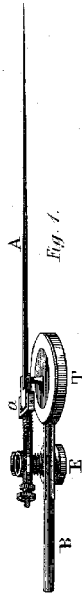


Fig. 1.

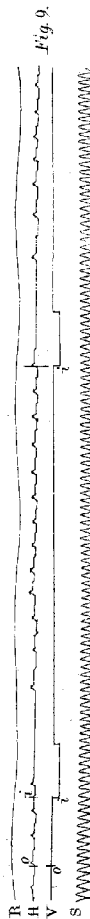


Fig. 9.



Fig. 2.

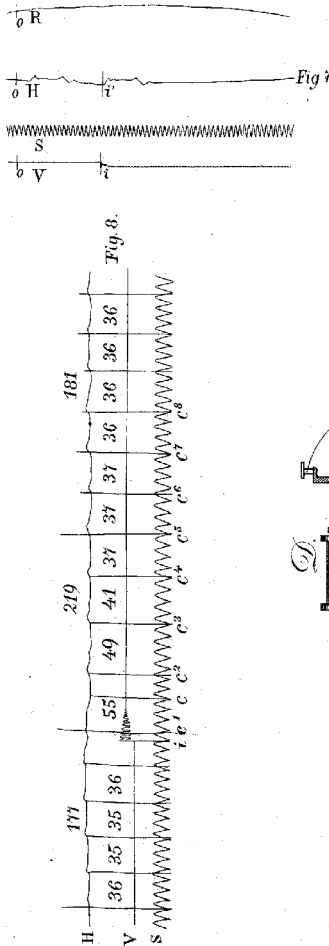


Fig. 3.

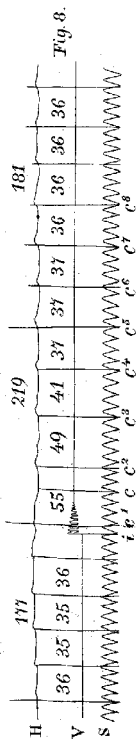


Fig. 8.

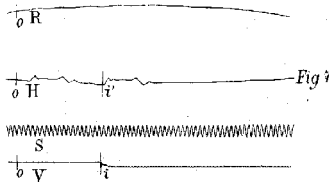


Fig. 7.



Fig. 4.

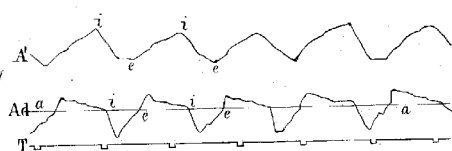


Fig. 6.

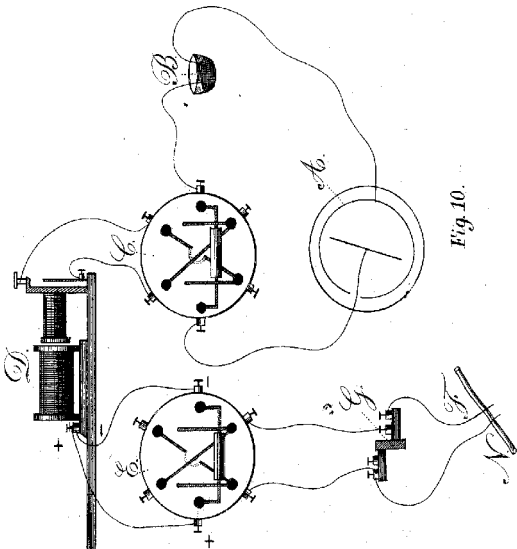


Fig. 10.

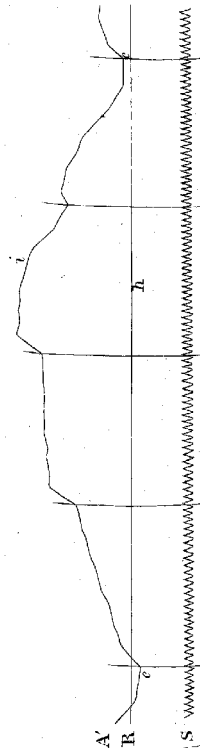


Fig. 5.

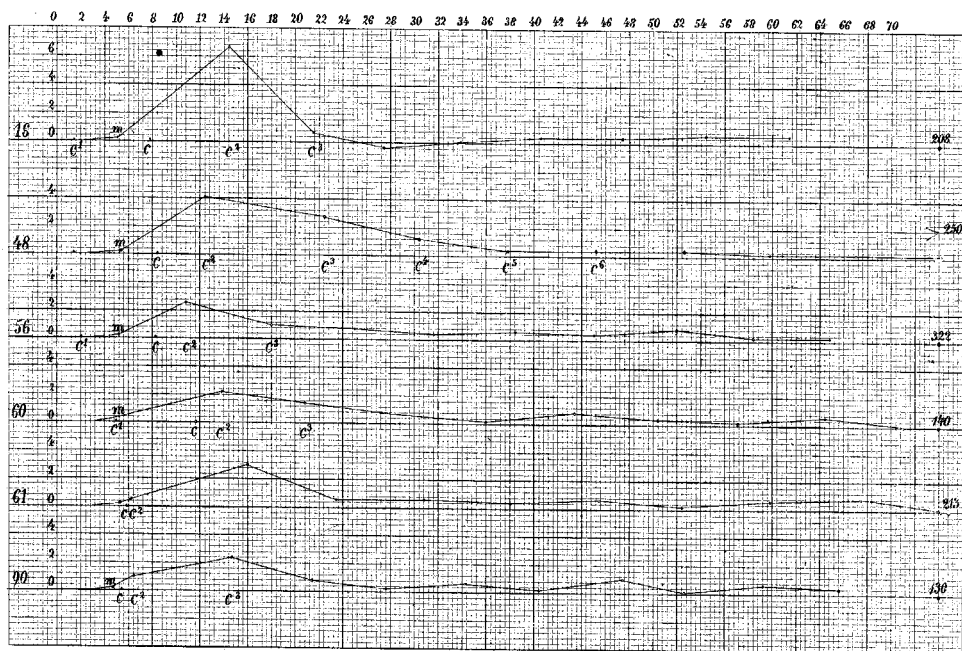


Fig. 1.

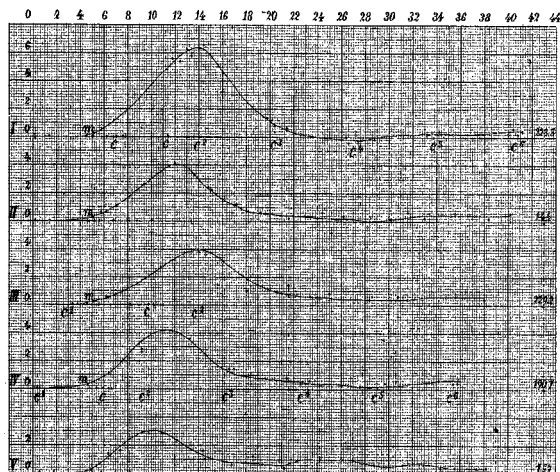


Fig. 2.

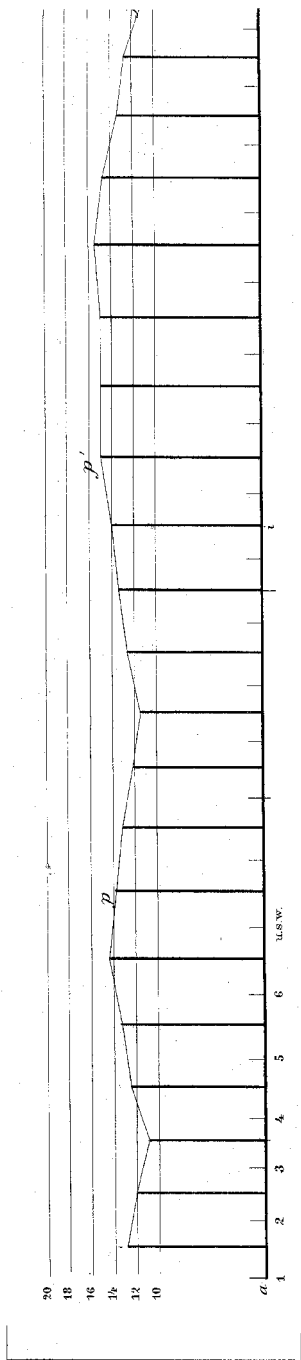


Fig. 1.

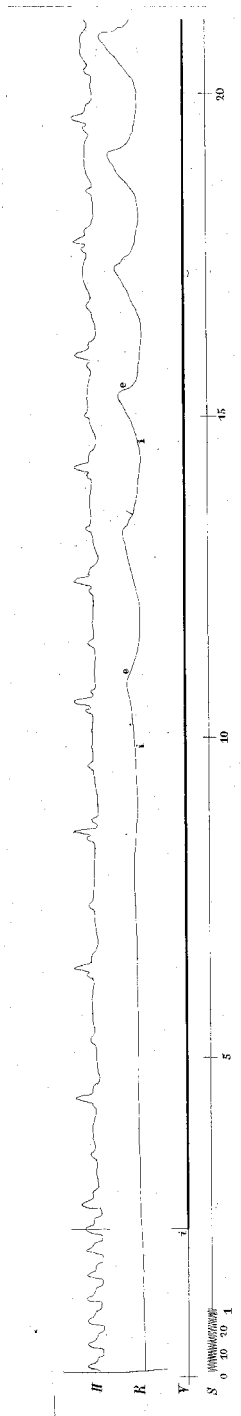


Fig. 2.

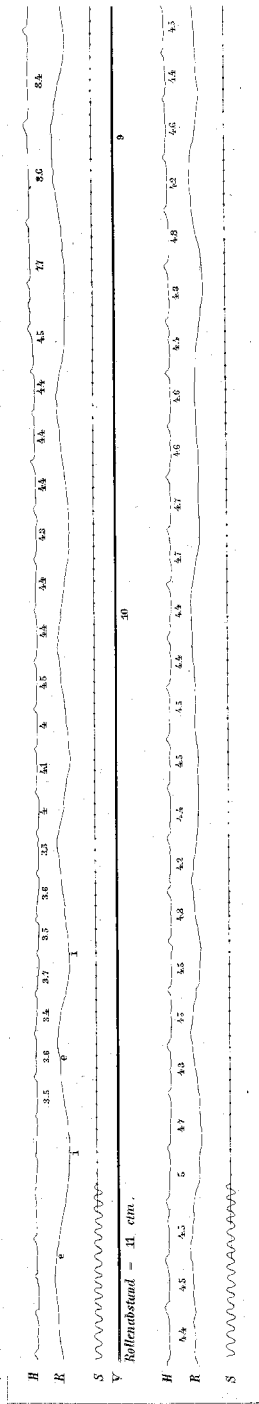


Fig. 3.

Taf. VII.

