

Versuche über secundären Tetanus bei verschiedenen Reizfrequenzen.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doctorwürde

in der Medicin und Chirurgie

mit Genehmigung der medicinischen Facultät

der

vereinigten Friedrichs-Universität

Halle-Wittenberg

zugleich mit den Thesen öffentlich vertheidigt

am

17. December 1880 11 Uhr Vormittags

von

Karl Schoenlein

aus Sangerhausen.



Opponenten:

J. Martin, cand. med.

P. Herzfeld, cand. med.

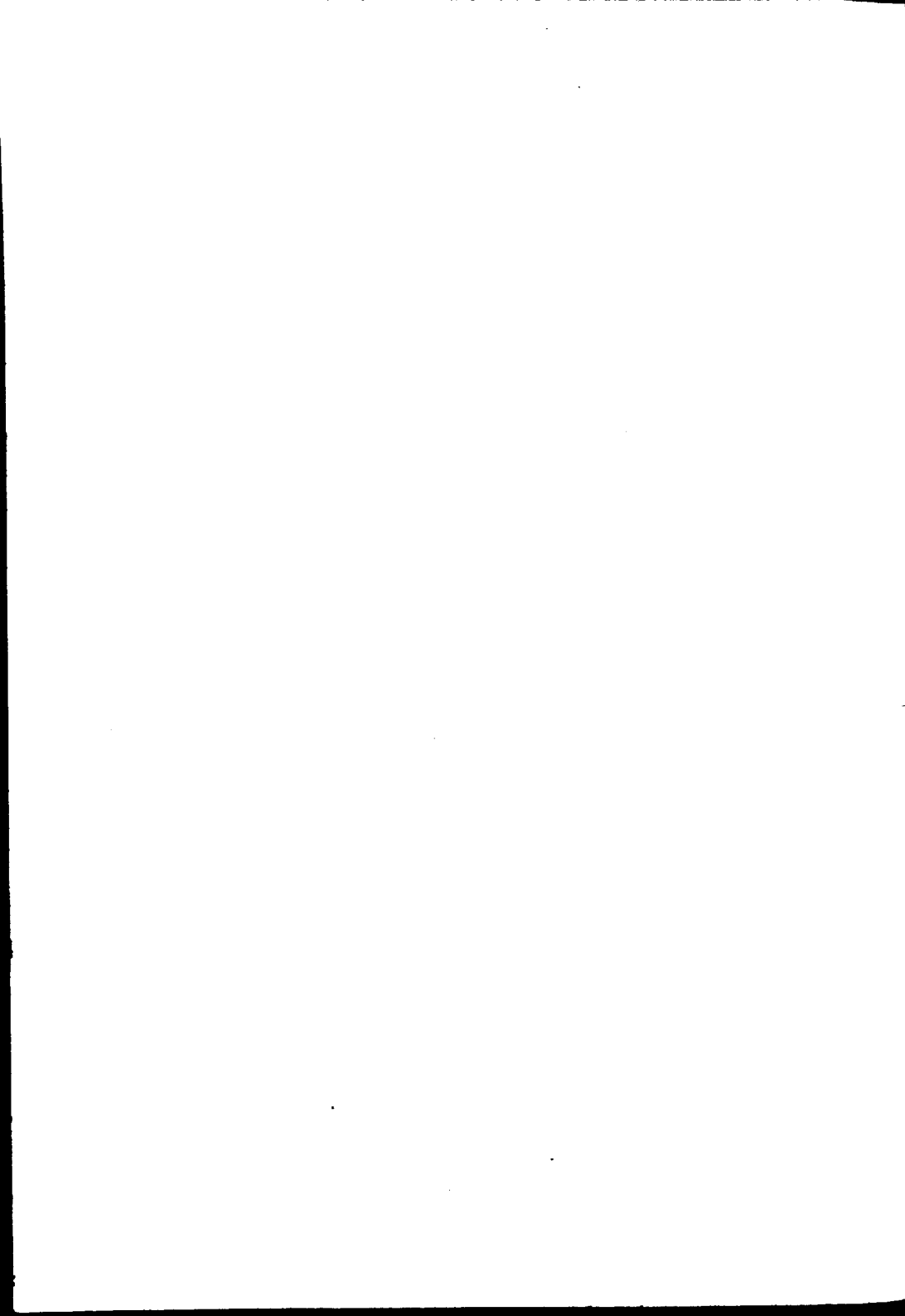


Mit in den Text gedruckten Abbildungen.

Halle

Druck von E. Karras.

1880.



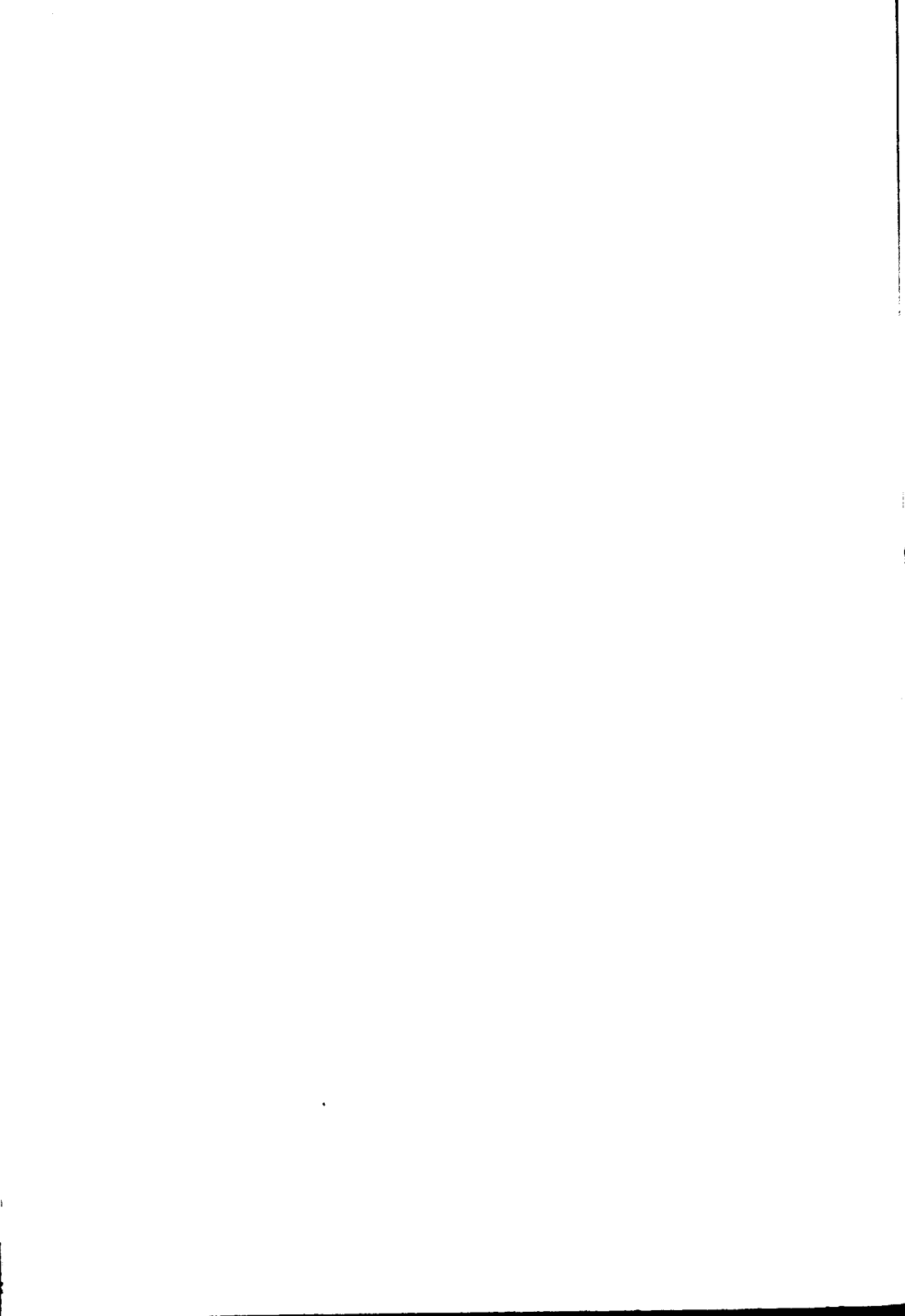
Seinem hochverehrten Lehrer

Herrn Professor J. BERNSTEIN

in Dankbarkeit gewidmet

von

Verfasser.



Einleitung.

Legt man einem beliebigen quergestreiften Muskel, insbesondere einem Froschgastrocnemius der Länge nach einen noch mit seinem Muskel in Verbindung stehenden Nerven derart auf, dass er zugleich Sehne und freie Muskeloberfläche berührt, und versetzt den ersten Muskel irgendwie in Contraction, so geräth bekanntlich der von dem aufgelegten Nerven versorgte Muskel eben so oft in Zuckung, als sich der erste Muskel contrahirt.

Diese Erscheinung, secundäre Zuckung genannt und von Matteuci¹⁾ zuerst beobachtet, jedoch nicht richtig gedeutet, ist seitdem vielfältig studirt und zur Entscheidung einer Reihe von wichtigen, weiter unten zu erwähnenden Fragen benutzt worden.

Du Bois Reymond²⁾ wies zuerst nach, dass sie darin ihren Grund hat, dass der galvanische Strom des ruhenden Muskels während der Contraction plötzlich abnimmt. Die secundäre Zuckung bleibt aus, wenn man den zu erregenden Nerven bloß mit einem Ende dem Muskel anliegen lässt, wenn zwischen ihm und dem Muskel eine die Electricität gutleitende Substanz (Goldschaum) eingelegt ist, wenn man den zu erregenden Nerven quer über den Muskel legt, kurzum bei jeder Art der Auf-
lagerung, bei welcher durch zwei an Stelle des Nerven aufgesetzte und mit dem Galvanometer verbundene Electroden an letzterem kein Muskelstrom nachweisbar ist.

Die vorliegende wichtige Erscheinung wird noch interessanter, wenn man den ersten Muskel, den wir nach allgemeinem

¹⁾ Matteuci, Compt. rend. XV p. 297, 842.

²⁾ Du Bois Reymond, Untersuch. II 1 S. 25. 1849.

Sprachgebrauch kurzweg den primären nennen wollen, statt ihn in einzelne Zuckungen zu versetzen, tetanisirt. Der zweite, der „secundäre“ Muskel geräth dann gleichfalls in Tetanus¹⁾.

Aus dem eben genannten Verhalten beider Muskeln und des Nerven folgt, dass der electricische Tetanus nicht continuirlich ist, sondern von oscillatorischer Natur, dass er aus einer Reihe mit einander verschmolzener Einzelzuckungen besteht. Es giebt nämlich die Nadel des Galvanometers einen geringeren Ausschlag, wenn man während eines Tetanus den Muskelstrom ableitet, als wenn man ihn während der Ruhe ableitet. Der Unterschied beider Nadelausschläge kann bedingt sein entweder durch eine plötzliche Abnahme der Stromesintensität während des Tetanus, und es würde dann dieselbe während des Tetanus auf einer geringeren, jedoch constanten Höhe bleiben, um beim Aufhören des letzteren wieder zuzunehmen, oder es erleidet der ruhende Muskelstrom während des Tetanus eine mit der Zahl der dem Muskel während des Tetanus zugeführten Reize gleiche Zahl von Unterbrechungen, deren Effect ebenfalls die durch das astatische Nadelpaar angezeigte Stromverminderung sein würde. Dass letzteres der Fall ist, zeigt der Tetanus des secundären Präparates. Die Richtigkeit dieser von Du Bois Reymond gegebenen Auffassung der Erscheinung erwies später das Rheotom auf das deutlichste.

Der secundäre Tetanus tritt nur dann auf, wenn derselbe Querschnitt des primären Muskels in allen seinen Theilen gleichzeitig von der Erregung getroffen wird. Andernfalls ist die Resultirende aller den secundären Nerven gleichzeitig treffenden Stromschwankungen zu gering, um secundären Tetanus hervorzurufen und es erzeugt nur der erste Abfall des Muskelstromes eine Zuckung. Der secundäre Tetanus bleibt daher aus bei chemischen und thermischen Reizen, wenn dieselben vom Nerven aus dem primären Muskel treffen, er bleibt ungleich aus beim primären Schliessungs- und Oeffnungstetanus durch den constanten Strom²⁾, bei der natürlichen, anhaltenden, will-

¹⁾ Du Bois R. a. a. o. S. 87; Annalen d. Physik LVIII S. 1. 1843.

²⁾ Hering u. Friedrich, Sitzungsber. d. Wiener Academ. LXXII S. 430. 1874.

kürlichen Contraction¹⁾ und tritt nur unsicher auf beim Strychnintetanus²⁾.

Die Geschwindigkeiten, mit welcher sich die Contractionswelle und die negative Schwankung längs der Muskelfaser fortpflanzt, sind bei beiden Vorgängen dieselben. Die Länge der gleichzeitig von denselben ergriffenen Strecke der Muskelfaser beträgt für die Contractionswelle 198—380 Millimeter, für die negative Schwankung 20 Millimeter, die Zeit, in welcher letztere an einem bestimmten Punkte der Muskelfaser abgelaufen ist, $\frac{1}{240}$ Secunde. Es ist somit möglich, den Muskel durch eine bestimmte Zahl von Reizen in der Secunde in einen Zustand zu versetzen, in welchem eine Contractionswelle hinter der andern, und eine negative Schwankung dicht hinter der andern herläuft. Für die negative Schwankung beträgt die Anzahl der dazu nöthigen Reize 240 in der Secunde. Ist die Zahl der Reize in der Secunde noch grösser, so fallen die negativen Schwankungen über einander.

Sobald dieser Zustand eintritt, zeigt sich unter gewissen, sogleich näher zu erörternden Bedingungen die auffallende Erscheinung, dass der Tetanus ausbleibt und statt dessen zu Anfang der Reizung nur eine einfache Zuckung eintritt, die Anfangszuckung Bernsteins³⁾.

Zur Erzeugung der Reize ist nur Electricität verwendbar, da alle andern Reize weder in genügender Zahl, noch in wünschenswerther Abstufung und Gleichheit dem Nerven zugeführt werden können. Denn genaue Gleichheit und Abstufung der Reize ist zur Anstellung der Versuche durchaus nöthig; ebenso müssen sich die Reize sehr regelmässig folgen. Sobald nun bei gewisser Frequenz und Stärke der Reize die Anfangszuckung aufgetreten ist, vermag man diese durch Verstärkung der Reize, z. B. durch grössere Annäherung der reizliefernden sec. Spirale des Inductionsapparates an die primäre Rolle in Tetanus zu

¹⁾ Du Bois R. a. a. o. II 2, S. 304, 369; Harless. Zeitschr. f. ral. Med. (3) XIV S. 110. 1862; Morrat u. Toussaint compt. rend. LXXXII S. 1261; Hering u. Friedr. a. a. o.; Herrmann, Archiv für d. ges. Physiol. XVI S. 260. 1877.

²⁾ Du Bois R. a. a. o.; Herrmann a. a. o. S. 262.

³⁾ Bernstein, Untersuch. etc. S. 98 f.

verwandeln, und zwar muss man beide Rollen einander um so mehr nähern, je grösser die Reizfrequenz ist.

Wir haben oben erwähnt, dass verschiedene Arten des primären Tetanus einen secundären Tetanus zu liefern nicht im Stande sind. Schliessungs- und Oeffnungstetanus, natürliche anhaltende Contraction u. a. m. Ueber das Verhalten des secundären Tetanus in solchen Fällen, in denen beim primären Muskel Anfangszuckung auftritt, ist nichts bekannt. Es war meine Aufgabe, das Verhalten des secundären Muskels bei verschiedenen Reizfrequenzen des primären Muskels zu studiren, insbesondere bei Frequenzen, welche zur Herbeiführung einer Anfangszuckung verwendbar sind.

Versuchsordnung.

Zur Reizung des primären Muskels bediente ich mich derselben Vorrichtungen, wie sie von Bernstein¹⁾ zur Demonstration der Anfangszuckung angegeben sind, und die ich in Kurzem hier wiederholen will.

In den primären Kreis eines grossen Hirschmann'schen Inductionsapparates ist anstatt des Wagner'schen Hammers der Bernstein'sche akustische Stromunterbrecher eingeschaltet. Da der zeitliche Verlauf und die Intensität der Inductionsströme während der Schliessung und Oeffnung des primären Stromes bekanntlich nicht gleich sind, wird, um die Reize möglichst gleichwerthig zu machen, zur primären Spirale eine von ihren Enden abgehende Nebenleitung in Gestalt eines circa 2 Meter langen $\frac{1}{2}$ Millimeter dicken aufgewickelten Kupferdrahtes eingeschaltet, dessen Windungen in der einen Hälfte denen in der andern Hälfte entgegenlaufen, so dass in der Nebenschliessung selbst kein Extrastrom erzeugt wird, während sie selbst den Extrastrom der primären Spirale vollständig abblendet. Eine ähnliche Nebenschliessung aus zwei mit ihren Enden in ein Gläschen mit concentrirter Kupfersulfatlösung eintauchenden Kupferdrähten war in die Spirale des Magneten am Unterbrecher eingefügt, um den Oeffnungsfunken möglichst zu verkleinern.

Um Verunreinigungen des Quecksilbers im Contactnapf des Unterbrechers durch die vom Oeffnungsfunken gebildeten Metalloxyde auszuschliessen, wird absoluter Alkohol auf das Quecksilber aufgegossen; Versuchsweise wurde derselbe auch durch zwei in den Napf eintretende Zulcitungsröhrchen analog

¹⁾ Bernstein a. a. o.

der Kroneekerschen Spülvorrichtung¹⁾ über das Quecksilber in laufendem Strome hinweggespült. Obwohl letztere Vorrichtung das Quecksilber im Contactnapf besser rein hielt, als die gewöhnlich benutzte Methode, so zeigte sich doch bald ein Uebelstand, der mich nöthigte von ihr abzugehen, abgesehen von der allerdings nicht grossen Umständlichkeit, welche jene mit sich bringt.

Es werden nämlich durch die schnellen Bewegungen der stromunterbrechenden, in das Quecksilber tauchenden Feder bei jeder Schwingung derselben minimale Tröpfchen von der Hauptmasse des Quecksilbers losgerissen, welche mit dem Spiritus eine, wenngleich sehr unbeständige Emulsion bilden.

Bei der gewöhnlich benutzten Methode, wo der Alkohol beständig im Napf verbleibt, vereinigen sich die einzelnen Quecksilbertröpfchen der Emulsion sehr bald wieder mit der Hauptmasse des Quecksilbers, so dass deren Niveau nur ganz unmerklich verändert wird. Wenn aber der Alkohol im Strom über die Quecksilberoberfläche wegspült, nimmt er die eben gebildeten minimalen Quecksilbertröpfchen mit sich fort und verringert so die Menge des Quecksilbers im Nöpfchen in kurzer Zeit um ein merkliches Mass: am Boden des den abfliessenden Alkohol sammelnden Gefässes finden sich bald grössere Quecksilbertropfen. Somit wird die der Schliessung folgende Oeffnung des electricischen Stromes näher an erstere heran und von der nachfolgenden Schliessung abgerückt, so dass jetzt der Oeffnungsinductionsschlag nicht mehr genau in die Mitte zwischen zwei Schliessungsschläge fällt, und umgekehrt, sondern rythmisch Reizgruppen, aus je einem Schliessungsschlag und einem dicht nachfolgenden Oeffnungsschlag bestehend, auf einander folgen. Da besagter Uebelstand nur durch eine das Niveau des Quecksilbers regulirende Vorrichtung zu beseitigen war, letztere sich aber ohne grosse Mühe und Umständlichkeit am Apparate nicht anbringen liess, war ich genöthigt davon abzusehen, und der Apparat ging auch ohne dieses recht gut, nur beim Arbeiten mit den höchsten Reizfrequenzen, also der

¹⁾ Kronecker, Beiträge der Schüler Ludwigs etc. S. 176. Leipzig 1874.

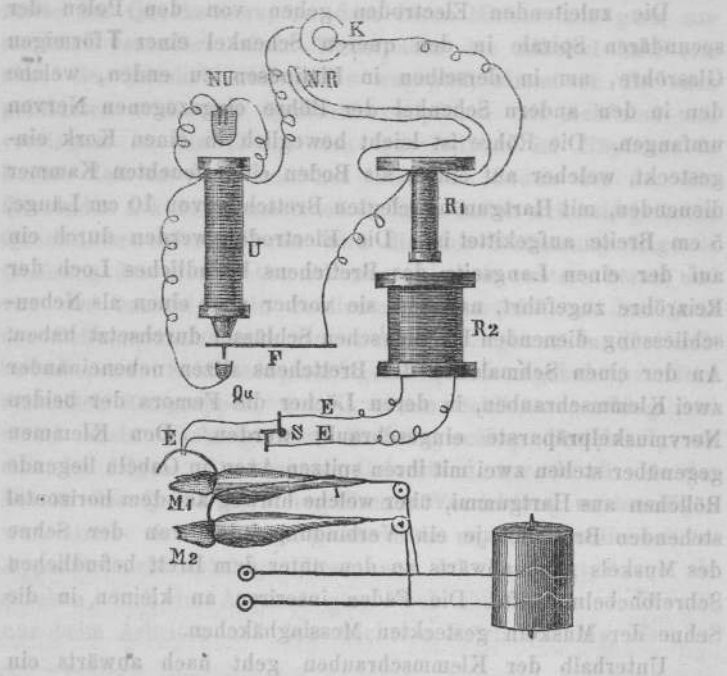
kürzesten Feder machten sich einzelne Male in störender Weise Erschütterungen geltend, die dem Instrumente durch auf der Strasse fahrende schwere Lastwagen ertheilt wurden.

Den zum Betriebe der Apparate nöthigen Strom lieferten zunächst zwei oder drei grosse Danielsehe Elemente, um jedoch grössere Stromesintensitäten zur Verfügung zu haben wurden mehrfach auch zwei Bunsensche Elemente allein, oder in Verbindung mit zwei Groveschen benutzt. Der secundäre Nerv lagerte auf dem primären Muskel, dem Froschgastrocnemius, derart auf, dass sein abgeschnittenes, also centrales Ende auf dem Spiegel der Achillessehne, sein Muskelende in der Nähe der femoralen Insertion des primären Muskels auf diesem ruhte. Er wurde also vom Muskelstrom in aufsteigender Richtung durchflossen. Der secundäre Muskel war gleichfalls ein Gastrocnemius.

Die zuleitenden Electroden gehen von den Polen der secundären Spirale in den queren Schenkel einer T förmigen Glasröhre, um in denselben in Platinösen zu enden, welche den in den andern Schenkel der Röhre eingezogenen Nerven umfassen. Die Röhre ist leicht beweglich in einen Kork eingesteckt, welcher auf einem als Boden einer feuchten Kammer dienenden, mit Hartgummi belegten Brettchen von 10 cm Länge, 5 cm Breite aufgekittet ist. Die Electroden werden durch ein auf der einen Langseite des Brettchens befindliches Loch der Reizröhre zugeführt, nachdem sie vorher noch einen als Nebenschliessung dienenden Du Bois'schen Schlüssel durchsetzt haben. An der einen Schmalseite des Brettchens sitzen nebeneinander zwei Klemmschrauben, in deren Löcher die Femora der beiden Nervemuskelpräparate eingeschraubt werden. Den Klemmen gegenüber stehen zwei mit ihren spitzen Axen in Gabeln liegende Röllchen aus Hartgummi, über welche hinweg auf dem horizontal stehenden Brettchen je ein Verbindungsfaden von der Sehne des Muskels nach abwärts zu den unter dem Brett befindlichen Schreibhebeln läuft. Die Fäden inseriren an kleinen in die Sehne der Muskeln gesteckten Messingbäkchen.

Unterhalb der Klemmschrauben geht nach abwärts ein 7 Centimeter langer Messingstab, welcher zwei senkrecht über einander stehende horizontal gestellte Gabeln trägt, in deren

Enden gleichfalls je ein einen Schreibhebel tragendes Hartgummiröllchen mit den Spitzen seiner Axe eingefangen ist. Die Muskeln werden durch je ein um das zweite Röllchen laufendes Gummiband in straffer Verbindung mit den Schreibhebeln gehalten. Diese sind in Folge ihrer Befestigung in derselben Ebene leicht von oben nach unten beweglich. Ihre senkrecht unter einander liegenden Spitzen übertragen die Contraction der Muskeln um das doppelte vergrößert auf eine Schreibtrommel von circa 40 Centimeter Umfang. Das die Trommel treibende Uhrwerk wird durch einen Foucault'schen Regulator in gleichmässiger Bewegung gehalten und lässt die Trommel zwischen 6 und 7 Mal in der Minute um ihre Axe laufen, so dass eine Strecke von 4 Centimeter ihres Umfanges etwa dem Zeitraum einer Secunde entspricht. Wir geben in der nachfolgenden Abbildung ein Schema der Versuchsanordnung.



In demselben bedeutet *U* den Magneten des akustischen Unterbrechers, *NU* die Nebenschliessung zur Drathumwicklung

desselben, F die schwingende Feder und Qu das Quecksilber-näpfchen. R_1 bedeutet die primäre Rolle, R_2 die secundäre Rolle des Inductionsapparates, NR die Nebenschliessung der primären Rolle und K endlich die stromliefernde Kette. Die Elektroden sind bezeichnet mit E , der Du Bois'sche Schlüssel mit S , M_1 ist der primäre Muskel, mit seinem Nerven auf den Electroden E liegend, M_2 der secundäre Muskel, dessen Nerv auf M_1 ruht. Die Schreibvorrichtung ist gleichfalls angedeutet.

Reizt man nun mit dem so hergerichteten Apparat den primären Muskel mit Stromstärken, welche an diesem Anfangszuckung ergeben, so bleibt der zweite Muskel entweder in Ruhe oder giebt gleichfalls eine Zuckung. Werden die Stromstärken so gewählt, dass sie den primären Muskel in Tetanus versetzen, so erhält man theils Tetanus des secundären Muskels, von wechselnder Höhe und Länge, theils von gleicher Länge mit dem Tetanus des primären Muskels, theils kürzere Zeit dauernd, oder man erhielt Curven, die sich in nichts von denen unterscheiden, welche der primäre Muskel als Anfangszuckung verzeichnet. Es ist hier der Ort, auf eine Vorfrage einzugehen, ohne welche wir uns auf eine Deutung der genannten Curven nicht einlassen können, nämlich die Frage nach der Natur der Anfangszuckung. Um zu erkennen ob die Contraction, welche ein Muskel in der Form der Anfangszuckung durchmacht, tetanischer Natur, d. h. durch mehrere Reize bedingt ist, von denen jeder für sich genügen würde eine Zuckung hervorzurufen, ist zunächst wohl eine Vergleichung der vom Muskel aufgezeichneten Anfangszuckung, mit der durch einen einmaligen Reiz, Oeffnung- oder Schliessungsschlag gewonnenen Curve nöthig. Da das graphische Verfahren bislang von den Beobachtern der Anfangszuckung nicht benutzt ist, schien es von Belang, das Versäumte nachzuholen.

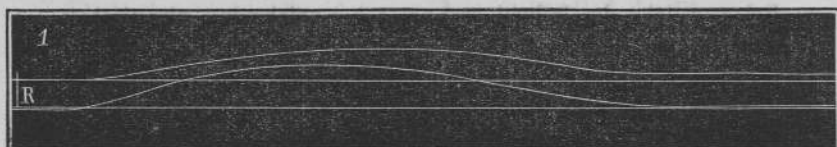
Eine durch die gewöhnlichen Uhrwerke getriebene rotirende Trommel arbeitet für diesen Zweck selbstverständlich nicht mit genügender Praecision. Ich habe mich daher zu dieser Versuchsreihe des Helmholtz'schen Myographions bedient. Zur Untersuchung wurde wie gewöhnlich der Gastrocnemius des Frosches, mit Nerv und unterm Ende des Femur frei



präparirt, verwendet. Die Anordnung des reizliefernden Kreises war, wenn der akustische Unterbrecher benutzt werden sollte, die oben beschriebene, doch gingen die Dräthe der secundären Spirale von dem Du Bois'schen Schlüssel aus zur Wippe des Myographions und erst von dort zum Nerven. Die Wippe war als Nebenschliessung, analog dem Du Bois'schen Schlüssel eingeschaltet. Derselbe blieb geöffnet, bis die Muskelcontraction nach dem Umwerfen der Wippe verzeichnet war, dann wurde er sofort geschlossen, um den Nerven nicht während der zum Anhalten des Uhrwerks und Schliessen der Wippe nöthigen Zeit unnütz zu ermüden. Nachdem die Anfangszuckung verzeichnet war, wurden die Drähte der primären Kette mit der Wippe verbunden, die Electroden der secundären Spirale direkt zum Nerven geführt, und alsdann eine einfache Oeffnungszuckung verzeichnet.

Hierbei ergab sich zunächst, dass die Reize, welche der Inductionsapparat lieferte, wenn der Unterbrecher im Gang war, schwächer wirkten, als ein einfacher Oeffnungsschlag in demselben Kreise. Es musste, um die Höhe der Anfangszuckung derjenigen gleich zu machen, welche ein einfacher Oeffnungsinduktionsschlag lieferte, die Rollenentfernung zwischen primärer und secundärer Spirale um ein beträchtliches vermindert werden, und in nicht seltenen Fällen blieb die Wirkung des akustischen Unterbrechers ganz aus bei Rollenabständen, bei welchen sich eine beträchtliche Oeffnungszuckung ergab, wenn der Kreis von der Hand durch entsprechende Biegung der Feder des Unterbrechers geöffnet und geschlossen wurde. Es betrug beispielsweise die Reizstärke, nach Rollenentfernungen ausgedrückt, für die einfache Oeffnungszuckung 105 Millimeter, für die entsprechend hohe Kurve bei Benutzung des akustischen Unterbrechers 87 Millimeter.

Unter diesen Verhältnissen ergaben sich bei einer Länge der schwingenden Feder von 20 Millimeter, welche 990 Schwingungen in der Secunde machte, bei vier zu je zwei mit den gleichnamigen Polen verbundenen und dann zur Kette geordneten Elementen die anbei gezeichneten Kurven.



Von diesen ist die obere durch tetanische Reizung mit dem akustischen Unterbrecher gewonnen, die untere auf Reiz mit gewöhnlichem Oeffnungsinductionsschlag bei den genannten Reizstärken verzeichnet. Der senkrechte Strich bei *R* bezeichnet den Moment der Reizung, eine Länge von etwa 12 Centimeter entspricht einer sechstel Secunde, die Kurven sind von links nach rechts zu lesen. Das Maximum der Anfangszuckung tritt, wie man sieht, etwas später ein, als das der einfachen Zuckungskurve. Die Längendifferenz der beiden Maxima beträgt etwa ein Centimeter, ihre zeitliche Differenz demnach etwa $\frac{1}{70}$ Secunde, auch ist eine geringe Contractur bei der Anfangszuckung zurückgeblieben, deren Verlauf überhaupt etwas gedehnter ist, zum Schluss kommt bei beiden eine elastische Nachschwankung. Der Wendepunkt, von welchem der absteigende Theil der Kurven in die Nachschwankung übergeht, tritt bei der Anfangszuckung ein wenig früher auf¹⁾, und dies mag wohl seinen Grund in der bei ihr meist zurückbleibenden Contractur haben. Die Contractur bei der Anfangszuckung scheint, nach den wenigen Kurven zu schliessen, die ich habe verzeichnen lassen, stets etwas grösser zu sein als bei der Oeffnungszuckung. Die Latenzzeiten und der Beginn der Zuckung scheinen bei beiden Kurven die gleichen zu sein, deutliche Differenzen sind zum wenigsten nicht vorhanden.

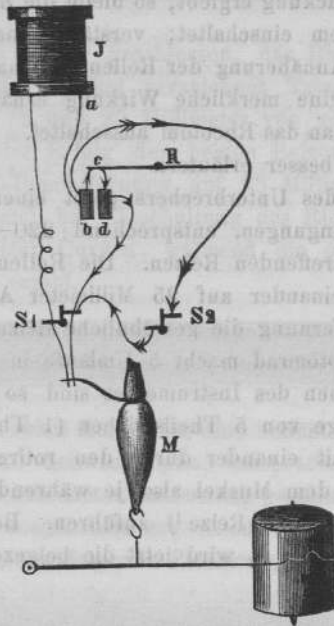
Ein durchschlagender Einwand gegen die einfache Natur der Anfangszuckung am akustischen Unterbrecher lässt sich somit aus der Form ihrer Kurve nicht ableiten.

Und doch sind bei dieser Erscheinung Additionen von Reizen im Spiele. Der strikte Beweis hierfür lässt sich auf folgendem Wege erbringen. Es ist schon oben erwähnt worden, dass die

¹⁾ In dem beigegebenen Holzschnitt nicht deutlich ausgeprägt.

Reize, welche der Inductionsapparat bei spielendem akustischen Unterbrecher liefert, schwächer wirken, als diejenigen, welche bei sonst gleicher Versuchsanordnung durch einfache Oeffnung und Schliessung der Kette hervorgebracht werden. Der Grund hierfür kann einmal in der grösseren Frequenz der Reize selbst, andern theils aber auch in einer geringeren Intensität derselben liegen. Liegt er nur in der stärkeren Frequenz, so müsste ein einzelner oder auch einige wenige Reize, dem Muskel zugeführt, während der Unterbrecher im Gang ist, bei derjenigen Reizstärke, welche für gewöhnlich die Anfangszuckung hervorruft, gleichfalls eine Zuckung bewirken, fällt dieselbe jedoch dann aus, und tritt erst wieder auf, nachdem *et. paribus*, also, bei derselben Frequenz die Zahl der Reize vermehrt ist, so ist dadurch dargethan, dass der Einzelreiz zu schwach war, um wirksam zu sein, die Anfangszuckung also erst durch eine Summe von Reizen bewirkt, wurde. Nun wird man die Reize dem Muskel schwerlich durch ein äusserst geschwindes Oeffnen und Schliessen des Du Bois'schen Schlüssels in der erwünschten Isolirung zuführen können. Wir besitzen jedoch in dem Rheotom ein sehr brauchbares Mittel, um aus einer Reihe von Reizen einzelne beliebig herauszunehmen und sie dem Nervmuskelpräparate zuführen zu können. Die Versuchsanordnung, welche ich hierfür getroffen habe, ist folgende: Nachdem der primäre Kreis wie gewöhnlich aufgestellt und der Unterbrecher in Gang gesetzt ist, wird der Reizschieber des Rheotoms so weit heruntergeschraubt, dass die an ihm sonst anschlagende Klinge des Rheotomrades denselben nicht mehr berühren kann. Der eine Pol der secundären Spirale geht dann in das äussere Quecksilbernäpfchen, durch den rotirenden Bügel des Instrumentes weiter zum inneren Quecksilbernäpfchen und von da zum Nerven, die andere Electrode geht direkt zum Nerven, beide gehen jedoch vorher durch einen Du Bois'schen Schlüssel. Zu der durch die Quecksilbernäpfchen gehenden Electrode ist noch ein Nebenweg eingeschaltet, welcher von dem äusseren Quecksilbernäpfchen durch einen zweiten Du Bois'schen Schlüssel zu dem ersten Schlüssel führt. Die beistehende Figur wird das eben gesagte verdeutlichen. Der Kreis der primären Spirale ist nicht mit aufgezeichnet. *I* bedeutet die secundäre Spirale des Inductionsapparates, *R* das

durch einen seiner Durchmesser dargestellte Rad des Rheotoms, S_1 den ersten, S_2 den zweiten Du Bois'schen Schlüssel, M endlich das Nervmuskelpräparat nebst Schreibvorrichtung. Der Schlüssel S_1 dient überhaupt zur Unterbrechung der Reizung, ist S_2 geschlossen, so geht der Inductionsstrom vom Pole a der Rolle durch das Quecksilbernäpfchen b in der Richtung des

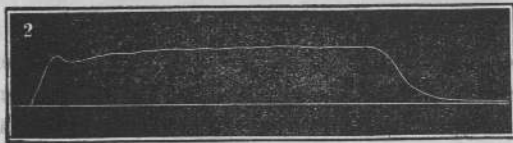


doppelt gefiederten Pfeiles nach S_2 und dann zum Nerven, ist S_2 geöffnet, so geht er durch das Quecksilbernäpfchen b , den rotirenden Bügel des Rheotoms c in das Quecksilbernäpfchen d und dann ebenfalls zum Nerven, wie dies die Richtung des einfachen Pfeiles andeutet. Die Zahl der durch den rotirenden Bügel dem Muskel zugeführten Reize vermag man durch die Umdrehungsgeschwindigkeit des Rheotomrades oder durch Verschiebung der Quecksilbernäpfchen gegen einander beliebig zu variiren, und dann, wie soeben gezeigt, je nachdem man nur den Schlüssel S_1 , oder S_1 und S_2 zugleich öffnet, den Muskel

auf die gewöhnliche Weise, oder mit der durch die Rheotom-einstellung gegebenen Reizzahl zu reizen.

Reizt man nun mit der derart hergestellten Vorrichtung den Muskel abwechselnd durch einfaches Oeffnen und Schliessen von S_1 oder mit einer beschränkten Anzahl von Reizen durch das Rheotom, so ergibt sich folgendes. Nachdem man durch Verschiebung der Rollen diejenige Reizstärke ausgemittelt hat, welche Anfangszuckung ergibt, so bleibt die Zuckung aus, wenn man das Rheotom einschaltet; verstärkt man successive die Reizung durch Annäherung der Rollen, bis man bei eingeschaltetem Rheotom eine merkliche Wirkung erhält, so zeigt sich Tetanus, wenn man das Rheotom ausschaltet. Ein Beispiel wird die Verhältnisse besser erläutern.

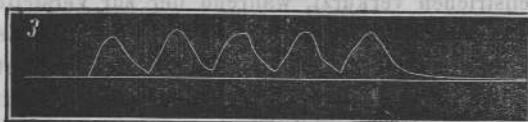
Die Feder des Unterbrechers gibt einen Ton von etwa 100—120 Schwingungen, entsprechend 220—240 das Nerv-muskelpreparat treffenden Reizen. Die Rollen des Inductionsapparates sind einander auf 25 Millimeter Abstand genähert, bei welcher Entfernung die gewöhnliche Reizung eben Tetanus liefert. Das Rheotomrad macht 5 Umläufe in der Sekunde, die Quecksilbernäpfchen des Instrumentes sind so eingestellt, dass sie auf eine Länge von 5 Theilstrichen (1 Theilstrich = $\frac{1}{100}$ des Umfanges) mit einander durch den rotirenden Bügel verbunden werden, dem Muskel also je während eines Umlaufes $\frac{20}{100}$, also jedesmal 2 Reize ¹⁾ zuführen. Bei Oeffnung von S_1 und geschlossenem S_2 wird jetzt die beigezeichnete Tetanus-curve gewonnen.



Jetzt öffne ich gleichfalls den zweiten Schlüssel, und der Muskel bleibt in Ruhe. Die secundäre Spirale wird jetzt bis auf 10 Millimeter Entfernung an die erste herangeschoben und

¹⁾ Unter Umständen auch drei Reize, wenn nämlich der erste und letzte Reiz genau mit dem Moment des Ein- und Austauchens des Bügels zusammentrifft.

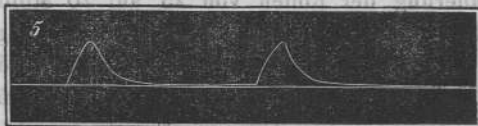
der Muskel verzeichnet, nachdem beide Schlüssel zugleich geöffnet sind, folgende Curven deren jede einzelne einer Rheotomreizung entspricht.



S_2 wird jetzt wieder geschlossen, das Rheotom also ausgeschaltet, und der Muskel verzeichnet Tetanus. Die Rollen werden jetzt auf 15 und 20 Millimeter von einander entfernt, ohne dass sich der Erfolg der beiden Reizungsarten änderte. Dann wird die Rollenentfernung auf 23 Millimeter vergrößert und jetzt zeigen sich bei Einschaltung des Rheotoms die nachstehend gezeichneten Curven, während die gewöhnliche Reizmethode Tetanus ergibt.



Nach diesem wird der Feder eine schnellere Schwingungszahl gegeben (440 Schwingungen, entsprechend 880 Reizen), die Rollen auf 29 Millimeter Entfernung gestellt, und der Muskel verzeichnet bei ausgeschaltetem Rheotom Anfangs- und Endzuckung, wie sie nachfolgende Zeichnung wiedergibt.



Das Rheotom wird jetzt eingeschaltet, (Schliessungszeit unverändert) und der Muskel bleibt in Ruhe, nach Ausschaltung des Rheotoms zeigt er Anfangszuckung: bei Verminderung der Rollenentfernung auf 24 Millimeter erscheint ohne Rheotom Tetanus, mit Einschaltung des Rheotoms folgende Curve.



Nach Ausschaltung des Rheotoms trat auch hier wieder Tetanus auf, und zwar gleich den übrigen Tetanis stetig und von voller Höhe. Die Schliessungszeit wird jetzt auf die Länge von 3 Theilstrichen verkürzt, während der zur Verstellung der Schieber und zur Bestimmung der Reizdauer nöthigen Zeit kann sich der Muskel etwas ausruhen. Er giebt jedoch jetzt, bei verkürzter Schliessungszeit keine Zuckung mehr, reagirt aber auf einfache Reizung durch Oeffnen von dem ersten Schlüssel bei ausgeschaltetem Rheotom mit kräftiger Anfangszuckung.

Nach einer Pause von $\frac{1}{4}$ Stunde wird der Versuch wiederholt. Die Erscheinungen waren die gleichen. Rückte man jedoch, während das Rheotom eingeschaltet war, mit der Reizstärke möglichst an die für diesen Fall bestehende Schwelle des Reizes heran, so fielen die Erfolge der Rheotomreizung sehr oft aus, während die zu Stande kommenden Zuckungen natürlich sehr klein waren.

Die auf Seite 18 verzeichnete Tetanuscurve dauert, gröblich gemessen $1\frac{1}{2}$ Secunde, während derselben liefen circa 350 Reize im Muskel und Nerven ab. Während sie aber alle zusammen einen sehr kräftigen Tetanus zu geben vermögen, sind sie einzeln oder auch zu Paaren nicht im Stande, den Muskel überhaupt zu erregen. Eine gleichmässige Erregung, jedoch eine bedeutend schwächere als die ist, welche sie in der genannten Anzahl von 350 als Tetanus bewirken, kann für die Einzelreize erst dadurch geschafft werden, dass sie durch Annäherung der Rollen von 25 auf 20 Millimeter verstärkt werden. Dann liefern sie die auf Seite 18 gezeichnete Curve Nr. 2. Wird die Entfernung der Rollen wieder einiges vergrössert, die Reizstärke also vermindert, so fangen die Einzelreize sofort an unregelmässig zu wirken und ab und zu gänzlich effectlos zu bleiben, wie dies die Curve Nr. 4 Seite 19 zeigt. Die Veränderungen der Stromstärke, welche eine Annäherung der Rollen von 25 auf 20 Millimeter an dem benutzten Apparate giebt, gehen nach einer von Herrn Dr. Marchand dem früheren Assistenten des hiesigen physiologischen Instituts ausgeführten Messung von 75 auf 80 Procent, sind also ziemlich beträchtlich. In der letzten Zuckungsserie dieses Versuchs, in welcher dem Muskel Gruppen von 5 Reizen wäh-

rend je $\frac{3}{500}$ Secunden zugeführt wurden, musste den Rollen ein Abstand von 10 Millimeter gegeben werden um überhaupt deutliche Zuckungen zu sehen, während eine mindestens 3 mal höhere Anfangs- und Endzuckung schon bei einem Rollenabstand von 20 Millimeter auftrat. Die Reizintensitäten variierten hier von 85 bis 96 Procent, also um eine so bedeutende Grösse, dass bei der, die Anfangszuckung bewirkenden Rollenentfernung von 20 Millimeter ein einzelner der von dem Unterbrecher gelieferten Reize sicherlich ganz erfolglos gewesen wäre. Wir halten es demnach durch den vorliegenden Versuch für erwiesen, dass die Anfangszuckung unzweifelhaft das Product mehrerer Reize ist, deren jeder einzelne zu schwach sein würde, für sich allein den Muskel in Zuckung zu versetzen.

Somit hätte man eigentlich von der primären Anfangszuckung eine grössere Latenzzeit zu erwarten, als von einer gewöhnlichen einfachen Zuckung. Wenn z. B. bei einer Reizfrequenz von 1000 Reizen pro Secunde 10 Reize nöthig wären, um die Anfangszuckung hervorzurufen, so würde dieselbe also erst beginnen, wenn der 10te Reiz im Muskel abzulaufen beginnt, demnach $\frac{10}{1000} = \frac{1}{100}$ Secunde später als diejenige Zuckung, die der erste Reiz am Muskel bewirkt haben würde, wenn er allein genügend kräftig gewesen wäre. Eine genauere Verfolgung dieses Problems lag jedoch nicht im Bereiche unserer Untersuchung, und würde dieselbe einer später vorzunehmenden Arbeit vorbehalten werden. Dass eine ähnliche Erscheinung vorliegt, darauf scheint das spätere Auftreten des Zuckungsmaximums gegenüber dem Maximum einer einfachen Zuckung hinzudeuten, eine genauere Untersuchung dieses Verhältnisses wird jedoch Schwierigkeiten darin finden, dass sich die Kurven der beiden vorliegenden Zuckungsformen nicht wohl werden congruent machen lassen. (Man vergleiche die Kurven auf Seite 15). Wir wenden uns hiermit wieder zu dem eigentlichen Gegenstande unserer Untersuchung.

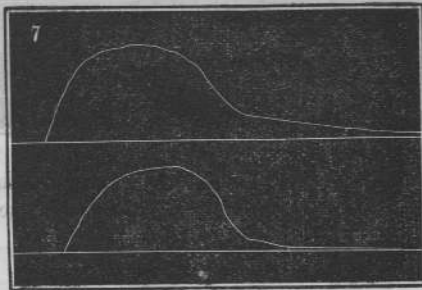
Die Verhältnisse, unter denen sich der secundäre Nerv befindet, sind nur zum Theil denen des primären Präparates vergleichbar. Es wird durch Eintritt des primären Tetanus im primären Muskel eine plötzliche Abnahme des Muskelstromes hervorgerufen, welcher so viele einzelne negative Schwankungen

nachfolgen, als dem primären Muskel Reize zugeführt werden. Liegen die Reize zeitlich noch soweit von einander entfernt, dass die negativen Schwankungen noch isolirt im Muskel ablaufen, so sind, abgesehen von der während eines längeren Tetanus eintretenden Höhenabnahme der negativen Schwankungen die das secundäre Nervmuskelpräparat treffenden Reize alle von gleicher Beschaffenheit. Sobald jedoch die negativen Schwankungen beginnen übereinander zu fallen, so bleiben zwar die Reize innerhalb der Reihe gleich gross, die Reihe selbst wird jedoch begonnen und geschlossen von einem stärkeren Reize, welcher dem Abfall des primären Muskelstroms von, und dem Anstieg desselben zu seiner ursprünglichen Höhe entspricht. Von diesem Gesichtspunkte aus hätten wir folgendes zu erwarten:

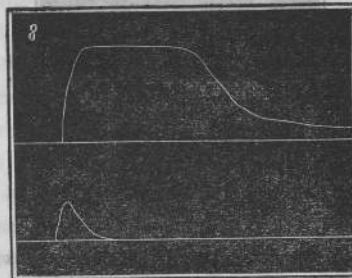
1. Die negativen Schwankungen verlaufen im primären Muskel noch isolirt (Unter 220 Reize in der Secunde): Vollständige Ruhe oder Tetanus des sec. Präparates;
2. die negativen Schwankungen decken sich zum Theil (Reizzahl über 220 pro Secunde).
 - a) Es erreichen nur die erste und letzte negative Schwankung den Schwellenwerth des Reizes: Secundäre Anfangs- und Endzuckung.
 - b) die zwischen erster und letzter negativer Schwankung liegenden Schwankungen verstärken sich so weit, dass sie Anfangszuckungen zu geben vermögen: Es addirt sich ihre Wirkung zur Wirkung der ersten negativen Schwankung und es resultirt Anfangs- und Endzuckung des secundären Präparates.
 - c) Die mittleren negativen Schwankungen sind genügend um Tetanus zu erzeugen: Tetanus des secundären Präparates.

Die Erfolge der Reizung entsprechen in reinen Fällen in der That auch den genannten Erwartungen, wir werden jedoch bald sehen, dass sie durch die Ermüdung des Muskels in nicht unbedeutendem Grade modificirt werden. Die erhaltenen Kurven des secundären Präparates waren theils Tetani von gleicher Länge und Höhe mit den primären, theils waren sie kürzer als

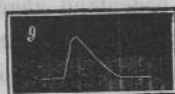
letztere, mitunter sogar bedeutend abgekürzt, aber als Tetanus vollständig zu erkennen, theils unterschieden sich die vom secundären Muskel gezeichneten Kurven in nichts von denen, die der primäre Muskel als Anfangszuckung verzeichnete. Secundäre Anfangs- und Endzuckung wurde gleichfalls beobachtet, Anfangszuckung allein sehr oft, eine Endzuckung allein dagegen nie. Wir geben in den folgenden Abbildungen Beispiele der hauptsächlichsten Kurvenformen dieser Art, zum Vergleich ist noch eine einfache Zuckung auf Oeffnungsinductionsschlag beigefügt. Die Geschwindigkeit der rotirenden Trommel ist in allen Fällen dieselbe.



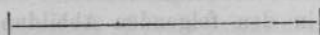
Primärer (oberer) und secundärer (unterer) Tetanus bei 560 Reizen in der Secunde.



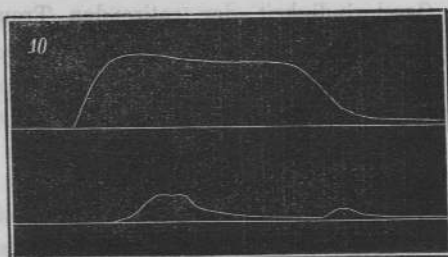
Primärer Tetanus, secundäre Anfangszuckung bei 880 Reizen in der Secunde.



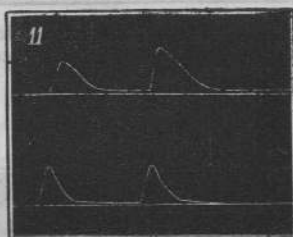
Zuckung auf Oeffnungs-
inductionsschlag.



Länge einer Secunde.



Primärer Tetanus, secundärer Anfangstetanus
und secundäre Endzuckung bei 300 Reizen
in der Secunde.



Primäre (obere) und secundäre
(untere) Anfangs- und End-
zuckung bei 220 Reizen in der
Secunde.

Die Höhe der sec. Anfangszuckung war verschieden. Sie erreichte die Höhe einer gewöhnlichen einfachen Zuckung, blieb jedoch auch vielfach unter derselben. Sie war natürlich kleiner, wenn die den primären Muskel treffenden Reize gering

waren, und wuchs entsprechend der wechselseitigen Annäherung der reizgebenden Inductionrollen bis zu ihrer vollen Höhe. Steigerte man die Reize weiter, so folgte sehr bald unter langsameren Absinken des absteigenden Theiles der Curve ein kurzer Tetanus, oder es folgten während der Dauer des primären Tetanus noch einzelne secundäre Zuckungen nach. Der secundäre Tetanus nahm dann bei weiterer Reizsteigerung allmähig die Höhe und Dauer des primären an, oder blieb auch längere Zeit sehr gleichmässig auf submaximaler Höhe. Die Grenzen der Reizstärken, innerhalb deren secundäre Anfangszuckung eintritt, sind viel grösser, als bei der primären Anfangszuckung. Wenn beispielsweise bei einer Reizfrequenz von 300 Reizen in der Secunde eine Rollenverschiebung von 11 auf 10 Centimeter genügte, um die primäre Anfangszuckung in Tetanus zu verwandeln, so gingen die Grenzen für die Anfangszuckung des secundären Muskels bei demselben Präparat von 11 Centimeter bis zum völligen Uebereinanderschieben der Rollen.

Diese weiten Grenzen der Reizintensität werden zum Theil wohl als Folge der Ermüdung des primären Muskels aufzufassen sein, eine Erscheinung, die leider sehr oft auf den Verlauf einer Versuchsreihe störend einwirkt. Es treten nämlich öfter besonders bei geringen Reizfrequenzen nachdem bei einer bestimmten Rollenentfernung secundäre Anfangszuckung eingetreten ist, bei einer nur geringen Annäherung der Rollen bald secundäre Tetani ein. Hat man dieselben dann bei unveränderter Reizstärke mehrmalen auftreten sehen, so bemerkt man, selbst wenn man den primären Muskel dadurch schont, dass man ihn nur so lange Zeit reizt, als zur Erkenntniss des secundären Tetanus nothwendig ist, dass sich der letztere rasch auf den Umfang einer Anfangszuckung reducirt, und sich auch bei weiterer Verstärkung der Reize — bis zum völligen Uebereinanderschieben der Rollen, — nicht wieder einstellt. Einlegen der Eisenkerne in die primäre Spirale ruft dann oftmals noch secundären Tetanus hervor, bleibt jedoch auch manchmal ohne Wirkung. Wenn man dann die Nebenschliessung der primären Spirale hinwegnimmt, so werden allerdings die Reize sofort immens verstärkt, aber auch zugleich theils rythmisch ungleichmässig, indem auf den stärkeren Oeffnungsinductionsschlag ein

schwächerer Schliessungsschlag folgt, u. s. w., theils aber werden durch den starken Oeffnungsfunken, der mit der Wegnahme der Nebenschliessung zugleich eintritt, unregelmässige Contactveränderungen hervorgerufen, so dass alsdann aus dem Erfolg der Reizung sich überhaupt nichts sicheres mehr schliessen lässt. Das secundäre Präparat lässt dann oftmals die Ungleichmässigkeiten der Stromschliessung durch den zerrissensten, Tetanus erkennen, wie es überhaupt ein gutes Reagens für unregelmässige Stromveränderungen im primären Kreise ist. Denn dem maximal contrahirten primären Muskel kann man es natürlich nicht ansehen, ob ungleichmässige Reizwellen seine Substanz durchlaufen, das secundäre Präparat jedoch giebt, insbesondere bei grösseren Reizfrequenzen und Reizstärken, welche näher am Schwellenwerth des Reizes für den secundären Muskel liegen, zu erkennen, wenn ein Lastwagen auf der Strasse vorbeifährt, oder wenn man sich zufällig etwas unsanft mit der Hand auf den Tisch gestützt hat.

Dass das Auftreten der sec. Anfangszuckung nach vorangegangenen secundären Tetanus als Ermüdungserscheinung zu betrachten ist, geht daraus hervor, dass der secundäre Tetanus oft wieder eintritt, wenn man dem primären Muskel einige Zeit zur Erholung gegönnt hat. Dies tritt besonders dann hervor, wenn man behufs einer Frequenzvergrösserung der Reize die schwingende Feder verkürzt hat, da diese Manipulation doch immer eine kleine Weile in Anspruch nimmt. Man hat vielleicht vorher bei übereinandergeschobenen Rollen kaum noch secundäre Anfangszuckung erhalten, und müsste in Folge der jetzt eintretenden gesteigerten Reizfrequenz erst recht nur Anfangszuckung erhalten, und siehe da, es tritt statt ihrer auch bei vergrössertem Rollenabstande wieder ein kräftiger secundärer Tetanus ein, als offener Beweis, dass der primäre Muskel sich von einer durch die vorangegangenen Reizungen gesetzten Ermüdung wieder erholt hat. Der Grund für das Ausbleiben der secundären Wirkungen am primären ermüdeten Muskel ist einmal zu suchen in der Abnahme des ruhenden Muskelstromes während der Ermüdung, in Folge dessen auch die negativen Schwankungen überhaupt nicht die zur Wirkung nöthige Intensität erlangen können, und andererseits ganz be-

sonders in der durch die Ermüdung gesetzten Formveränderung der negativen Schwankung selbst. Denn diese wird durch die Ermüdung länger, und ganz besonders in ihrer zweiten Hälfte gedehnt, so dass die Rückkehr zur Höhe des Ruhestromes viel langsamer geschieht als das Verschwinden desselben. Es verlieren dadurch die, während des Tetanus übrig bleibenden wirksamen Reste des Stromes im primären Muskel nicht blos an Höhe, sondern wesentlich auch an Steilheit ihres Verlaufes, so dass wiederum die erwartete Wirkung auf den dem Muskel aufgelegten Nerven nicht eintreten kann. In diesen Fällen kommt denn nur die mit Beginn des primären Tetanus beginnende erste negative Schwankung zur Geltung, die Reste der übrigen bleiben wegen ihrer Kleinheit, und die zweite Hälfte der letzten negativen Schwankung insbesondere bleibt wegen ihres allmählichen Verschwindens ohne Wirkung, so dass nur eine secundäre Anfangszuckung resultirt. Es erklärt sich hieraus auch das seltene Auftreten der secundären Endzuckung, die man ohne den Einfluss der Ermüdung entschieden viel häufiger erwarten müsste. Einen numerischen Beleg für das Auftreten der secundären Anfangszuckung aus Ermüdung des primären Muskels halte ich zu geben für unnöthig, da er die Verhältnisse auch nicht genauer beleuchten würde.

Wir haben oben gesehen, dass, abgesehen von den durch Ermüdung bedingten Veränderungen der Verhältnisse, die secundäre Anfangszuckung abhängig ist von der Stärke der den primären Muskel treffenden Reize: Wir haben jetzt darnach zu fragen, ob die secundäre Anfangszuckung, gleich der primären abhängig ist von der jeweiligen Frequenz der im primären Muskel ablaufenden Reize.

Gemäss der Bernsteinschen Versuche tritt bei Benutzung seines Apparates die erste Spur einer Anfangszuckung am primären gereizten Muskel ein bei einer Frequenz von 220¹⁾ Reizen in der Secunde, bei einer Frequenz von 300 Reizen in der Secunde ist sie sicher zu constatiren. Es fragt sich, ob ein gleiches Verhältniss für die secundäre Anfangszuckung vorliegt. A priori ist dasselbe zu erwarten, jedoch sind die

¹⁾ Bernstein, a. a. o. S. 214.

Verhältnisse etwas complicirter Natur als bei einfacher Muskelreizung. Die Bedingungen vermöge deren die secundäre Anfangszuckung in Folge von Ermüdung bei Reizfrequenzen von über 220 Reizen in der Secunde auch dann wieder auftritt, wenn die Reize gemäss ihrer Graduirung eigentlich secundären Tetanus hervorrufen müssten, gelten natürlich auch für Reizfrequenzen, die unter der zur Hervorrufung der primären Anfangszuckung liegenden Grenze stehen. Ferner folgt, zum wenigsten so lange an dem frischen unverletzten Muskel die paretionomische Schicht erhalten bleibt, jeder negativen Schwankung eine positive nach. Ist letztere aber als ein besonderer Reiz für den dem primären Muskel aufgelagerten Nerv aufzufassen, so würden statt je eines Reizes, der den primären Muskel trifft, den secundären Muskel deren zwei treffen, der secundäre Muskel also mit der doppelten Zahl der Reize gereizt werden, welche den primären Muskel treffen. Unter diesen Umständen müsste secundäre Anfangszuckung noch getroffen werden bei einer Reizfrequenz des primären Muskels, die nur die Hälfte derjenigen betragen würde, welche nöthig ist, um primäre Anfangszuckung zu bewirken, also bei Reizung des primären Muskels mit circa 110 Schlägen pro Secunde. Bei dieser Frequenz wurde indessen die secundäre Anfangszuckung nicht mehr beobachtet, zum Theil vielleicht desswegen, weil die paretionomische Schicht, und mit ihr die positive Schwankung überhaupt sich nicht lange am ausgeschnittenen Muskel erhält, zum Theil ist aber vielleicht auch die positive Schwankung zur Erzeugung secundärer Wirkung nicht gross genug.

Man wird die Grenze der Reizfrequenz für die sec. Anfangszuckung da suchen müssen, wo die Contractionen des secundären Präparates gleich bei schwächsten Reizungen als Tetani beginnen, und bei weiterer Schwächung der Reize ausbleiben. Um die ganze Scala der Reizfrequenz durchzuprobiren reicht ein Präparat nicht aus, da der primäre Muskel dann zu bald ermüdet, in einzelnen Fällen gelingt es indessen doch eine ziemliche Reihe Reizfrequenzen an demselben Präparate durchzuprobiren, und man findet dann allerdings die Grenze für die secundäre Anfangszuckung auch in der Gegend von 220 Reizen in der Secunde. Insbesondere

ist dann instructiv der Umstand, dass bei demselben Rollenabstande, der etwa eben eine Wirkung gegeben hat, bei öfterer Wiederholung der Reizungen der Tetanus bald vollkräftig erscheint, bald ganz wegbleibt, ohne dass jedoch an seiner Stelle eine Anfangszuckung einträte. Ob dann vielleicht an dem Ausbleiben der secundären Wirkung momentane Erregbarkeitsänderungen des secundären Nerven schuld sind, lässt sich nicht entscheiden, es demonstirt diese Erscheinung jedoch so viel, dass die benutzte Reizfrequenz zur Erzeugung der secundären Anfangszuckung ungenügend gewesen ist. Treten dann bei weiterer Verstärkung der Reize durch Annäherung der Rollen aneinander noch nachträglich secundäre Anfangszuckungen auf, so ist man ohne weiteres berechtigt, dieselben als Ermüdungserscheinung des primären Muskels aufzufassen. Ich führe hierfür in nachfolgendem Versuch ein Beispiel an. Die Reizfrequenz beträgt circa 180 Reize in der Secunde. In den nachfolgenden Columnen bedeutet *R* den Rollenabstand, *PM* den Erfolg der Reizung am primären und *SM* den Erfolg der Reizung am secundären Präparate.

<i>R.</i>	<i>P. M.</i>	<i>S. M.</i>	Bemerkungen.
130 Millim.	Tetanus	Ruhe	
120 "	"	Tetanus	
125 "	"	"	Sec. Tet. etwas ungleichmässig, doch stark.
130 "	"	Ruhe!	
130 "	"	Starker Tet.!	
125 "	"	" "	
128 "	"	Minimaler Tet.	
127 "	"	Unregelmässiger, jedoch starker Tet.	
126 "	"	Tet. niedrig, unregelmässig.	
130 "	"	Sec. Anfangs u. Endzuckung.	Die Kurven werden auf eine neue Zeile geschrieben.

R.	P. M.	S. M.	Bemerkungen.
"	"	"	Anfangszuckung.
"	"	"	ohne Wirkung.
130	Millim.	Tetanus	Anfangszuckung.
"	"	"	ohne Wirkung. Neue Zeile.
120	"	"	sehr niedriger Tet.
110	"	"	Tetanus etwas höher als der vorige.
100	"	"	unregelmässige Zuckungen.
95	"	"	} flach gedehnte und } sehr niedr. Anfangs- } zuckung.
80	"	"	
50	"	"	
0	"	"	

Aus der genannten Versuchsreihe geht deutlich hervor, dass die secundäre Anfangszuckung allhier nur durch Ermüdung des primären Muskels hervorgerufen ist, denn sonst hätte sie bei den ersten den Muskel treffenden schwächeren Reizen erst recht auftreten müssen: zumal da dieselben so nahe an der Grenze der Wirksamkeit standen, dass dieselbe ab und zu ausfiel.

Eine secundäre Anfangszuckung durch Ermüdung des primären Muskels beobachteten schon Morrat und Toussaint¹⁾ bei einer Frequenz von 70—80 Reizen in der Secunde. Sie sind jedoch der Meinung, dass der electriche Zustand des primären Muskels bei dieser Reizfrequenz ein gleichmässiger sei: „Ainsi l'état électrique du muscle est susceptible de se modifier dans le cours d'une même contraction; il peut être variable au commencement, uniforme à la fin. Ces deux états opposés se répartissent inégalement, le second impietant sur le premier à mesure qu'on augmente la fréquence des excitations, autrement dit à mesure que ses secousses deviennent plus parfaitement fusionnées.“ In wie weit der electriche Zustand des Muskels hierbei „uniforme“ sei, wollen wir dahin gestellt sein lassen, um einen einigermaßen electriche gleichartigen Zustand des

¹⁾ Morrat et Purrain Archive de physiolog norm. et pathol. 1877 p. 170 und 171. vergl. auch die Abbildungen daselbst.

tetanisirten Muskels bei 70 Reizen in der Secunde herbeizuführen müsste sich die negative Schwankung doch mindestens urplötzlich um das Dreifache gedehnt haben, und wenn wir auch an der Richtigkeit der von den genannten Autoren beobachteten Erscheinung nicht zweifeln können, so werden wir doch auch hier besser thun, anzunehmen, dass die von ihnen beobachtete Erscheinung hervorgerufen sei durch Schwächung des Ruhestromes im primären Muskel zumal da sie auch am frischen unermüdeten Präparate fast nur secundären Tetanus beobachtet haben.

Wir fassen die Resultate unserer Untersuchung in Kurzem zusammen wie folgt:

- 1) Die reinen primären Anfangszuckungen, (als solche fassen wir nur die mit den schwächsten Reizen erhaltenen auf) sind nach ihrer Kurvenform nicht von einer gleichhohen einfachen Zuckung zu unterscheiden.
- 2) Diejenigen Reize, welche eben primäre Anfangszuckung ergeben, sind einzeln nicht im Stande, Zuckung hervorzurufen, vielmehr sind zum Erscheinen der primären Anfangszuckung eine gewisse Anzahl derselben nöthig.
- 3) Die secundäre Anfangszuckung, so weit sie etwa ein Analogon der primären Anfangszuckung ist, tritt in denselben Grenzen der Reizfrequenz auf, in welche die primäre Anfangszuckung eingeschlossen ist. Secundäre Anfangszuckung bei geringerer Reizfrequenz ist eine reine Ermüdungserscheinung des primären Muskels.
- 4) Es vermag sich die secundäre Anfangszuckung bei jeder dem akustischen Unterbrecher zugänglichen Reizfrequenz in Tetanus umzuwandeln, sobald man die primären Reize genügend verstärkt, und der primäre Muskel nicht ermüdet ist.
- 5) Secundäre Anfangszuckung, welche bei stärkeren Reizen auftritt, nachdem bei schwächeren Reizen erst secundäre Anfangszuckung, dann bei Verstärkung der Reize secundärer Tetanus aufgetreten ist, ist eine Ermüdungserscheinung des primären Muskels.

Die Anregung zur vorstehenden Arbeit ist mir von Herrn Prof. Bernstein gegeben worden, unter dessen Leitung ich die Arbeit auch im hiesigen physiologischen Institute ausgeführt habe. Für die Anregung hierzu, und den freundlichen Beistand, welchen mir Herr Prof. Bernstein bei Ausführung der Arbeit geleistet hat, kann ich nicht unterlassen demselben meinen verbindlichsten Dank hiermit abzustatten.

Lebenslauf.

Ich Karl Ernst Schönlein wurde am 3. Juni 1855 zu Sangerhausen als Sohn des daselbst im Jahre 1870 verstorbenen practischen Arztes Dr. C. Schönlein geboren. Ich erhielt meinen ersten Unterricht bis zum Jahre 1866 auf der Bürgerschule meiner Vaterstadt. Von Ostern 1866 an besuchte ich die Latina zu Halle, woselbst ich Michaelis 1875 das Abiturientenexamen absolvirte. Von Michaelis 1875 bis Ostern 1878 studirte ich in Halle Medicin, im Sommersemester 1878 desgl. in Tübingen, von Michaelis 1878 bis Michaelis 1879 in Leipzig, von da bis Michaelis 1880 in Halle, woselbst ich seit Michaelis 1879 provisorisch als Assistent am hiesigen physiologischen Institut fungirte. Das Examen rigorosum habe ich am 27. November 1880 bestanden.

Während meiner Studienzeit besuchte ich die Collegieen folgender Herren:

in Halle: Bernstein, Heinz, Knoblauch, Nasse, Solger, Steudner, A. Volkmann, Welker;

in Tübingen: P. u. V. v. Bruns, v. Schüppel, v. Vierordt;

in Leipzig: Ahlfeldt, Cohnheim, Credé, Gräfe, Leopold, B. Schmidt, Thiersch, Wagner, Weigert;

in Halle: Gräfe, Hitzig, Olshausen, Volkmann, Weber.

Allen meinen Lehrern, insbesondere den Herren Professoren Bernstein und v. Vierordt statte ich hiermit meinen besten Dank ab.

T H E S E N.

I.

Die Erregung der Sehnerven wird nicht durch Veränderungen des Schroth's bedingt.

II.

Die einzelnen Functionen der Grosshirnrinde sind an umschriebene Abschnitte derselben geknüpft.

III.

Pilocarpin ist kein Specificum gegen Diphtheritis.

14850



6254
110