produkte durch die vorgelagerte Schwefelsäure konnte in letzterer durch das Nessler'sche Reagens kein Ammoniak nachgewiesen werden. Es war an der inneren Wand des Gefässes kein Wasser niedergeschlagen und ein Tropfen Nessler'schen Reagens, den ich an der Innenwand des Gefässes herunterrinnen liess, zeigte keine Färbung.

Mit Rücksicht auf die oben citirten Versuche von Edenhuizen kann man nur aussagen, dass nach gänzlicher Unterdrückung der Hautthätigkeit, was ein speziell pathologischer Zustand ist, möglicherweise eine vermehrte Ammoniakbildung in den Geweben stattfindet. Man sieht sich aber nach seinen Versuchen noch nicht berechtigt anzunehmen, dass normaler Weise Ammoniak durch die Haut ausgeschieden wird.

Ueber die Erregung der Nerven durch positive und negative Stromesschwankungen.

Vorläufige Mittheilung von **Otto Nasse**.

Mit 1 Holzschnitt.

Nachdem die allgemeine Nervenphysiologie festgestellt hat die Veränderungen, die in einem Nerven vor sich gehen bei Durchleitung eines constanten galvanischen Stromes durch die ganze Länge des Nerven oder einen Theil seiner Länge, und weiter, dass die Erregung zu Stande kommt durch Entstehen des Katelectrotonus und Verschwinden des Anelectrotonus (Pflüger), kann man ohne eine Hypothese über die Vorgänge im Innern des Nerven zu Hülfe zu nehmen, auf eine einfache Weise die beiden letzteren Thatsachen unter einen gemeinschaftlichen Gesichtspunkt bringen. Es ist im

	Katelectrotonus	die Erregbarkeit erhöht,
↑	Ruhezustand	„ „ normal,
↓	Anelectrotonus	„ „ herabgesetzt,

und es kann Erregung des Nerven eintreten, wenn diese drei Zustände in der Richtung des beigedruckten Pfeiles in einander übergehen, d. h. es findet Erregung des Nerven nur dann statt, wenn die Erregbarkeit an einer Stelle des Nerven wächst, und zwar wenn dieselbe, wie aus anderen Thatsachen hervorgeht, um eine gewisse Grösse und mit einer gewissen Schnelligkeit wächst, und ferner eine gewisse Zeit erhöht bleibt, niemals aber, wenn die Erregbarkeit auch noch so rasch und bedeutend abnimmt.

Die Giltigkeit dieses Gesetzes, dass ähnlich u. A. auch schon von L. Hermann¹⁾ ausgesprochen worden ist, kann für elektrische Reizung nicht bezweifelt werden, wenn man einmal vorläufig abseht von dem sogenannten Tetanus durch den constanten Strom und der Erregung der sensibelen Nerven durch den constanten Strom, der Werth desselben würde aber natürlich sehr steigen, wenn es möglich wäre, die Erregung durch andere als elektrische Reize auf denselben Vorgang zurückzuführen. Ein solcher Nachweis ist indess, wie auf der Hand liegt, nicht leicht, da man Erregung und die Veränderung der Erregbarkeit nicht isolirt untersuchen kann. Würde es genügen, wenn sich nach jeder chemischen, mechanischen u. s. w. Reizung eine Erhöhung der Erregbarkeit constataren liesse? Offenbar nicht vollkommen, da die Erregbarkeit erst nachher gestiegen sein könnte. Immerhin würde aber das in Frage stehende Gesetz an Wahrscheinlichkeit gewinnen.

Nun lässt sich aber in der That bei manchen Reizungen eine Zunahme der Erregbarkeit constataren. Ich beziehe mich hier zunächst auf Beobachtungen über die Veränderung der Erregbarkeit einer mechanisch insultirten Nervenstelle²⁾. In Zwischenräumen von je 2 Minuten wurde ein Nerv 10" lang mit dem Heidenhain'schen Tetanomotor bearbeitet, vor- und nachher, oft auch noch einmal 10" später die Erregbarkeit des gehämmerten Nerven geprüft vermittelst 2 Silberelectroden, den Enden der secundären Spirale eines du Bois'schen Schlittenapparates, auf dem Ambos zu beiden Seiten der gehämmerten Stelle des Nerven angebracht. Es fand sich unmittelbar nach dem Hämmern die Erregbarkeit erhöht; in der Pause trat jedesmal Sinken ein, jedoch nicht bis auf die ursprüngliche Höhe. Dies wiederholte sich bis zu einer Maximalhöhe der Erregbarkeit, dann sank dieselbe aber im Allgemeinen, fand sich jedoch nach dem jedesmaligen Hämmern stets wieder etwas erhöht. Schwieriger, wenn nicht unmöglich ist der Nachweis einer solchen Veränderung der Erregbarkeit bei chemischer Reizung, z. B. bei Reizung vermittelst concentrirter Kochsalzlösung. Bei der Unregelmässigkeit des sogenannten Kochsalztetanus stören sich stets gegenseitig die Erregungen

1) Weitere Untersuchungen zur Physiologie der Muskeln und Nerven. Berlin 1867. p. 53.

2) Alfons Bilharz und Otto Nasse. Electrotonus im modificirten Nerven. Archiv für Anat., Physiol. u. wissensch. Medicin. 1862, p. 75.

durch das Kochsalz und den zur Prüfung der Erregbarkeit verwendeten electricischen Strom. Es ist mir nichts weiter gelungen, als im Allgemeinen die Form der Erregbarkeitscurve eines mit Kochsalz behandelten Nerven festzustellen, ebenfalls durch Anbringen von 2 Drahtelectroden zu beiden Seiten der mit Kochsalzlösung betupften Stelle. Auf ein sehr rasches und beträchtliches Ansteigen folgt ein langsames Absteigen zur Abscisse. In den ansteigenden Theil der Curve fallen die stärksten Erregungen, der heftigste Tetanus, aber auch während der Abnahme der Erregbarkeit fehlen schwächere Erregungen nicht gänzlich. Es ist klar, dass der letztere Punkt nicht als Gegenbeweis angeführt werden kann gegen die obige Auffassung des Wesens der Erregung; es lassen sich nur die kleinen, mit den Erregungen einhergehenden, d. h. dieselben bedingenden Erhöhungen der Erregbarkeit in dem i. A. absteigenden Theil der Curve nicht so nachweisen, wie es bei der mechanischen Reizung möglich war. Bei dieser hatte man den Reiz vollkommen in der Hand, nicht so bei der Anwendung von Kochsalzlösung. So wäre es auch möglich, dass wenn die Erregbarkeitscurve von dem Augenblick der Application irgend eines chemischen Mittels bis zum Verluste der Erregbarkeit stets im Grossen und Ganzen absteigend wäre, dennoch Erregungen vorkämen, freilich würden dieselben wohl nur schwach sein. Meist fehlt aber bei der Anwendung von Stoffen, welche auf die zuletzt erwähnte Weise die Erregbarkeit verändern, so bei Ammoniak, Kupfervitriol, überhaupt alle Erregung. Wir sagen dann, die Stoffe sind keine Nervenreize, d. h. im Sinne der obigen Anschauung, sie sind nicht im Stande, die Erregbarkeit rasch zu erhöhen.

Kehren wir zurück zu der Reizung der Nerven durch electricische Ströme, so ist bekannt, dass es in einem gegebenen Augenblick für jede Stelle eines Nerven einen Strom von einer bestimmten Stärke gibt, durch dessen Schliessung, und einen anderen, durch dessen Oeffnung gerade noch eine an der Contraction des zugehörigen Muskels sichtbare Erregung des Nerven — Minimalerregung — ausgelöst wird. Bei den Untersuchungen über die Wirkung von positiven und negativen Stromesschwankungen ist aber bis jetzt stets nur festgestellt worden die Grösse der zu einer Minimalerregung nöthigen positiven Stromesschwankung von der Stromstärke Null im Nerven ausgehend, und andererseits die einer negativen Stromesschwankung für den Fall der Rückkehr zur Strom-

stärke Null im Nerven. Man weiss wohl, dass auch andere Stromesschwankungen, die nicht von der Stromstärke Null ausgehen, bezw. zu ihr zurückkehren, erregend wirken, nicht aber welchen Werth in diesem Falle die zu einer Minimalerregung nöthige Stromesschwankung haben muss. Anders ausgedrückt fragt es sich also, um welchen Werth ein bereits bestehender Katelectrotonus vermehrt, ein bereits bestehender Anelectrotonus vermindert werden muss, oder wie gross der zu einer Minimalerregung nöthige Erregbarkeitszuwachs sein muss, wenn die Erregbarkeit des Nerven durch einen constanten Strom verändert ist.

Diese Frage ist früher schon aufgeworfen und zwar wohl zum ersten Male von du Bois-Reymond zunächst in seinen „Untersuchungen über thierische Electricität“¹⁾ und weiter in seiner „Beschreibung einiger Vorrichtungen und Versuchsweisen zu electrophysiologischen Zwecken“²⁾. An letzterem Ort sagt du Bois-Reymond: es ist die Aufgabe zu bestimmen, „welchen Einfluss auf die Grösse der durch eine gegebene Stromesschwankung bewirkten Erregung die absolute Höhe der Ordinaten übe, zwischen denen die Schwankung stattfindet; oder mit anderen Worten, ob die Grösse der Erregung, welche durch eine Veränderung der Stromdichte bewirkt wird, auch noch Function dieser Stromdichte selbst ist, und wenn sie davon abhängt, ob sie mit wachsender Stromdichte steigt oder fällt.“ Die Untersuchungen von Eckhard³⁾ und Pflüger⁴⁾ sind, wie du Bois-Reymond besonders betont, hiervon zu unterscheiden, weil es sich bei denselben stets um eine positive und negative Schwankung zugleich handelt, indess sind sie doch, wie unten weiter gezeigt werden wird, unter Berücksichtigung der neueren Fortschritte auf dem Gebiete der Reizphysiologie zu verwerthen. Du Bois-Reymond versuchte aber ganz in dem obigen Sinne nur positive oder negative Stromesschwankungen zu erzeugen, von denen jene die Stromstärke erhöht, diese erniedrigt zurücklassen sollte. Das Instrument, mit dessen Hülfe du Bois-Reymond die Frage zu lösen suchte, das Schwankungsrheochord, genügte aber nicht, weshalb du Bois-Reymond die Frage vorläufig fallen liess.

1) Band I. p. 293 ff.

2) Abhandlungen der königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Berlin 1863. pag. 136 ff.

3) Beiträge zur Anatomie und Physiologie. Giessen 1858. p. 28.

4) Untersuchungen über die Physiologie des Electrotonus. Berlin 1859. pag. 392 ff.

Um positive, sowie negative Stromesschwankungen zu erhalten, benutzte ich folgende, durch beistehenden Holzschnitt näher zu ver-
deutlichende Vorrichtung.

Zwei Rheo-
chorde (I und
II) werden
durch ein ein-
geschaltetes
dickes Mes-
singstück (3)
gut leitend mit
einander ver-
bunden, sodass
dieselben ge-
wissermaassen
nur ein ein-

ziges Rheochord bilden. An den beiden einander abgewandten Doppel-
klemmen treten in gewöhnlicher Weise die Drähte von der Batterie (B,
B) ein, die zum Nerven gehenden (N, N) aus. Weiter werden mit dem
Rheochord I wiederum gut leitend zwei winkelförmig gebogene Messing-
stücke (1 und 2) in Verbindung gebracht, die aber selbst von ein-
ander durch einen Spalt (S) getrennt sind. Diese Messingstücke
sind mindestens ebenso stark wie die Messingklotze des Rheochords.
Zu beiden Seiten des eben erwähnten Spaltes befindet sich je ein
in das Messing eingelassenes eisernes Gefäß zur Aufnahme von
Quecksilber, in der Zeichnung durch schwarze Kreise ausgedrückt,
ausserdem auf dem Messingstück 2 nach aussen neben dem Queck-
silbergefäß eine aufgelöthete Platinplatte. Der Spalt kann über-
brückt werden durch den Messingklotz H, welcher mit seinen beiden
Spitzen in die Quecksilbernäpfe eintaucht, oder durch den Messing-
klotz W, der mit seiner Spitze in das Quecksilbergefäß des Messing-
stückes 1 eintaucht, andererseits mit einer leicht gekrümmten, plati-
nirten Fläche das Platinblech des Messingstückes 2 berührt. Diese
beiden Messingklotze sind ebenfalls sehr stark, bieten einen sehr
geringen Widerstand, so dass wenn H oder W den Spalt zwischen 1
und 2 überbrückt, die Entfernung der Stöpsel des Rheorchodes I
keinesfalls einen wesentlich stärkeren Stromzweig durch den Nerven
fliessen macht, d. h. also der in der Drahtleitung N, N eingeschaltete
Nerv durch Schliessen oder Oeffnen eines irgendwo in der Lei-

tung angebrachten Schlüssels nicht erregt wird. Mit dieser Einrichtung ist es nunmehr möglich, die gewünschten Versuche auszuführen.

1) Soll ein bereits den Nerven durchfliessender Strom verstärkt werden, — positive Stromesschwankung — und zwar möglichst rasch und stets mit derselben Geschwindigkeit, so wird der ursprüngliche Strom durch beliebige Entfaltung des Rheochordes II hergestellt, während W die Verbindung zwischen 1 und 2 vermittelt. Es ist nun klar, dass dieser Strom um eine ganz bestimmte, messbare Grösse zunimmt, wenn nach inzwischen vorbereiteter Entfaltung des Rheochordes I W plötzlich abgehoben wird. Um dies zu ermöglichen, bildet W das vordere Ende einer Contactwippe, ähnlich wie sie Pflüger¹⁾ bei seinem Fallhammer angewendet hat. Dieselbe ist aus der schematischen Figur C sofort verständlich. Auf ihren hinteren Theil fällt ein nach dem Pflüger'schen Fallhammer construirter Apparat stets von derselben Höhe herab. Es wurde die eigenthümliche Form des Messingstückes W gewählt, nämlich auf der einen Seite eine Quecksilberverbindung und auf der anderen ein Platincontact, weil so eine sicherere Verbindung zu ermöglichen war als durch Platincontact auf beiden Seiten des Spaltes.

2) Soll ein bereits den Nerven durchfliessender Strom geschwächt werden — negative Stromesschwankung — und zwar wiederum möglichst rasch und stets mit derselben Geschwindigkeit, so wird durch beliebige Entfaltung beider Rheochorde jener primäre Strom hergestellt, während der Spalt S nicht überbrückt ist. Eine plötzliche Verbindung von 1 und 2 durch H schaltet das Rheochord I aus, der nun durch den Nerven kreisende Strom verhält sich nur noch annähernd umgekehrt proportional dem durch Entfaltung des Rheochordes II eingeschalteten Widerstand. Das Messingstück H ist zu diesem Zwecke an die Stirne des erwähnten Fallhammers angeschraubt. Die Spitzen von H, sowie die von W sind amalgamirt, ebenso ist die innere Fläche der eisernen Quecksilbergefässe wohl amalgamirt. Bevor die letzteren amalgamirt waren, kamen häufig Unregelmässigkeiten vor, wahrscheinlich Folge der unvollkommenen Berührung des Quecksilbers mit dem Eisen. Rost sowohl wie insbesondere Luft mögen die Berührung unvollkommen machen²⁾. Zur Verquecksilberung des Eisen benutzte ich eine von

1) a. o. a. O. pag. 113.

2) Vergl. hierüber Siemens in Poggendorff's Annalen, 1860. Bd. CX. pag. 11. Anm. und du Bois-Reymond, Beschreibung einiger Vorrichtungen etc. pag. 139.

H. Reinsch¹⁾ vorgeschlagene Methode, die an dem angeführten Orte nachzusehen ist.

Zur Vervollständigung der Beschreibung sei noch mitgeteilt, dass die grossen Messingstücke 1 und 2 auf dem Querstück eines T-förmigen Holzgestelles befestigt sind, und der Fallhammer senkrecht hierzu fixirt werden kann. Soll die Contactwippe verwendet werden, so wird der Hammer zurückgeschoben, und jene nun zwischen ihm und den Messingstücken angebracht. Der ganze Complex von Instrumenten wurde durch einen starken Strick mit einander in Verbindung gehalten. Dass der Erschütterungen durch den Hammer wegen die Verbindung sehr fest sein muss, versteht sich von selbst.

Von den beiden Reochorden, die ich benutzte, gehörte das eine dem hiesigen physiologischen Institute; das andere, dem physiologischen Institut in Marburg angehörig, war mir von dort für einige Zeit überlassen worden. Die Verschiedenheit in den Widerständen der beiden Rheochorde machte vor Berechnung der Resultate stets eine entsprechende Reduction der beobachteten Zahlen nothwendig. Dem Nerven wurden die elektrischen Ströme selbstverständlich durch unpolarisirbare Electroden zugeführt. Nerv und Muskel befanden sich in einem feuchten Raum, der Muskel (Gastrocnemius) stand in Verbindung mit einem leichten Hebel, der die kleinsten Contractionen sofort erkennen liess.

Es mögen nun kurz die Resultate meiner Versuche folgen. Dieselben sind in dem hiesigen pathologischen Institute angestellt, dessen Räumlichkeiten und Apparate, wie ich dankbarst anerkenne, auch hier wieder Herr Professor J. Vogel mir mit grosser Liberalität zur Verfügung gestellt hat.

1. Erregung durch positive Stromesschwankungen.

Es wird zunächst die geringste Stromstärke bestimmt, die gerade noch eine bemerkbare Schliessungszuckung liefert. Selbstverständlich wird, um die Störungen durch Veränderung der Leitungsfähigkeit auszuschliessen, stets nur mit im Nerven absteigenden Strömen gearbeitet. Hierauf wird der Schieber des Rheochordes II um einige Mm. vom Nullpunkt verschoben, und wieder um einige Mm. und so fort, kurz das Rheochord II immer mehr und mehr entfaltet,

1) Bairische Gewerbezeitung. 1868. Nr. 21 und im Auszug Chem. Centralblatt 1869. pag. 719.

und für jeden auf diese Weise durch den Nerven gesendeten Strom mit Hülfe des Rheochordes I diejenige Stromstärke ermittelt, die zu jener hinzuaddirt wiederum noch eine Minimalerregung liefert. Man hat also nur nach Schliessung des Stromes den Fallhammer fallen zu lassen (d. h. vermittelt der Wippe C die Brücke W des Spaltes abzunehmen), nachdem vorher das Rheochord I ebenfalls so weit entfaltet ist, als man für nöthig hielt. War der Erfolg Null oder zu gross, so ist Alles wieder in den früheren Zustand zu versetzen, und es sind diese Manipulationen, jetzt natürlich mit einer nach Bedürfniss grösseren oder geringeren Entfaltung von Rheochord I, so lange und möglichst rasch nach den bei derartigem Probiren üblichen Vorschriften zu wiederholen, bis genau die zu einer Minimalerregung nöthige Vermehrung des im Nerven bereits entwickelten Katelectrotonus gefunden ist. Man hat somit zwei Werthe, den Widerstand des Rheochordes I und den des Rheochordes II, die der Einfachheit wegen hier sogleich als die Stärken der den Nerven durchfliessenden Ströme bezeichnet werden sollen. Nennen wir nun uS den ursprünglichen Strom, der durch Benutzung des Rheochordes II durch den Nerven gesendet worden ist, und eS den durch Einschaltung von Rheochord I hinzugekommenen, so ist die Frage, wie verändert sich das Verhältniss von eS zu uS , das Q heissen mag, (also $Q = \frac{eS}{uS}$) mit wachsendem uS . Trägt man uS

auf der Abscisse, Q auf den Ordinaten eines rechtwinkligen Coordinatensystems ab, so erhält man eine Curve, deren Anfang sich a priori construiren lässt. Es muss natürlich Q für $uS = \text{Null}$ unendlich sein; eS giebt uns die niederste Stromstärke an, die eine eben noch bemerkbare Schliessungszuckung liefert. Weiter nimmt nun Q mit wachsendem uS ab, und zwar sehr rasch, bis zu einem Minimum, um dann langsam wieder zu steigen; bei einem bereits bedeutenden Werthe von uS , der natürlich von der Stärke der angewandten Batterie etc. abhängt, wird $Q = 1$, und nimmt nun, wie es scheint, stets in gleichem Grade zu. Es muss also schliesslich ein bereits bestehender Katelectrotonus, gemessen durch den ihn bewirkenden Strom, um ein Vielfaches verstärkt werden, damit eine Minimalerregung erzeugt wird. Das Minimum von Q fällt auf keinen besonders hervortretenden Werth von uS , jedenfalls nicht etwa auf denjenigen Werth von uS , bei welchem zu der Schliessungszuckung gerade die Oeffnungszuckung hinzukommt; es tritt

die Oeffnungszuckung vielmehr schon bei viel geringeren Werthen von uS ein.

Der kleinste Minimalwerth von Q , den ich in meinen Experimenten beobachtet habe, betrug 0,028 ($uS = 284$, $eS = 8$).

Es ist aber nun noch zu erörtern, wie es mit der absoluten Grösse von eS steht. Für $uS = \text{Null}$ besitzt eS , wie oben bemerkt, die zum Eintreten einer eben bemerkbaren Schliessungszuckung nöthige Grösse, und dass eS bei hohen Werthen von uS viel grösser ist als bei niederen, ergibt sich ebenfalls bereits aus dem Vorhergehenden. Nun findet aber keineswegs ein gleichmässiges Zunehmen von eS statt, sondern auch die Curve für eS bezogen auf uS hat ein Minimum, d. h. bei gewissen Stärken eines den Nerven durchfliessenden Stromes ist die zu einer Minimalerregung nöthige positive Stromesschwankung geringer als bei der Stromstärke Null im Nerven, und zwar kann sie, soweit meine Versuche reichen, um mehr als die Hälfte verringert sein. Das Minimum von eS fällt übrigens nicht zusammen mit dem Minimum von Q , sondern auf viel geringere (nach meinen Versuchen 10—20mal geringere) Werthe von uS .

Im Laufe eines Versuches, d. h. bei mehrfacher Wiederholung der Bestimmungen (wobei es natürlich gleichgültig ist, ob man von niederen Werthen von uS beginnend zu höheren hinaufsteigt oder umgekehrt) beobachtet man, dass die Curven von Q immer höher zu liegen kommen, und zwar, dass die Zunahme von Q für höhere Werthe von uS bedeutender ist als für geringere. Vor der Zunahme von Q an seiner tiefsten Stelle kann auch eine kurz währende Abnahme (Erhöhung der Erregbarkeit beim Absterben) zur Beobachtung kommen.

2. Erregung durch negative Stromesschwankungen.

Auch hier wird zunächst die geringste Stromstärke bestimmt, bei deren Verschwinden aus dem Nerven eine gerade noch an einer Muskelzuckung erkennbare Erregung eintritt. Aus demselben Grunde, wie bei den positiven Stromesschwankungen nur mit absteigenden Strömen, so wird hier nur mit aufsteigenden Strömen gearbeitet. Um nun festzustellen, um welchen Werth ein bereits den Nerven durchfliessender Strom geschwächt werden muss zur Erzeugung einer Minimalerregung, setzt man nach einer zunächst geringen Entfaltung beider Rheochorde auf die früher beschriebene

Weise durch eine rasche Verbindung der Messingstücke 1 und 2 das Rheochord II ausser Wirkung, beobachtet den Erfolg hiervon, und wiederholt alle diese Manipulationen entweder unter Veränderung der Entfaltung des Rheochordes I bei constant bleibender Entfaltung des Rheochordes II, oder umgekehrt, bis genau der betreffende Punkt gefunden ist. Die Summe der Widerstände in beiden Rheochorden, soweit dieselben entfaltet waren, giebt uns die totale Grösse des anfangs den Nerven durchfliessenden Stromes — ΣS — an, der Widerstand des ausser Thätigkeit gesetzten Rheochordes I die zu einer Minimalerregung nöthige Verringerung jenes Stromes — $a S$. Trägt man wieder auf einem rechtwinklichen Coordinatensystem auf der Abscisse die Werthe für ΣS , auf den Ordinaten die Werthe für $\frac{a S}{\Sigma S} = Q$, so erhält man eine Curve, deren Anfangspunkt wieder a priori bekannt ist. Es ist klar, dass die Untersuchung, und daher auch die Curve erst beginnen kann mit demjenigen Werthe von ΣS , der eine gerade noch bemerkbare Oeffnungszuckung zur Folge hat. An diesem Punkt ist Q der Einheit gleich. Mit zunehmender ΣS nimmt Q rasch ab, um ein Minimum zu erreichen und dann wieder sehr langsam zuzunehmen. Es ist mir bei der Anordnung meiner Versuche nicht gelungen, Q so lange zu verfolgen, bis es der Einheit wieder gleich wurde, wohl aber bis zu dem Werthe $Q = 0,9$, so dass wohl kein Zweifel vorhanden ist, dass bei sehr starken den Nerven durchfliessenden Strömen gerade wie bei den schwächsten zum Erzeugen einer Minimalerregung eine Herabsetzung des Stromes d. i. des Anelectrotonus bis auf Null nothwendig ist. Dieser Theil der Untersuchung ist übrigens von bedeutenden Uebelständen begleitet. Nach den Mittheilungen von Pflüger entwickelt sich der Anelectrotonus erst allmählich zu seiner vollen Stärke; man muss also, um keine falschen Resultate zu erhalten, den Strom (ΣS) erst längere Zeit geschlossen halten, ehe man daran denken darf, das eine Rheochord ausser Wirksamkeit zu setzen. So ist denn bei den starken Strömen Electrolyse, d. h. starke Veränderung des Nerven unvermeidlich, zumal oft ein längeres Suchen zur Feststellung von Q nicht zu umgehen ist. Man kann also auch nicht mehr ganz unbedenklich die Untersuchung für eine ganze Reihe von Werthen von Q als gleichzeitig betrachten.

Was die absoluten Werthe von $a S$ angeht, so ist, wie wir ge-

sehen haben, für den niedersten überhaupt untersuchten Werth von ΣS $aS = \Sigma S$, und ebenso wahrscheinlich für die höchsten Werthe von ΣS . Nun ist aber die Zunahme von aS keine gleichmässige, sondern anfangs langsamer — die Curve besitzt hier vielleicht einen der Abscisse fast parallel verlaufenden Theil — später schneller. Eine Abnahme von aS vor dem weiteren Steigen findet aber nicht statt.

Auch hier wird beobachtet, dass Q im Laufe der Zeit immer höher zu liegen kommt, ebenfalls nachdem es eine kurze Zeit erniedrigt gewesen sein kann.

Indem der experimentelle Theil dieser Mittheilung hiermit geschlossen ist, handelt es sich nun noch darum, das Resultat, so weit es eben möglich ist, zusammen zu fassen. Man könnte, wenn man an Pflüger's Angaben über die Abhängigkeit des Katelectrotonus und Anelectrotonus, d. i. der Veränderung der Erregbarkeit von der Stärke des polarisirenden Stromes denkt, versucht sein, zu sagen: der zur Hervorbringung einer Minimalerregung nöthige Erregbarkeitszuwachs ist, gleiche Geschwindigkeit des Wachsens u. s. w. vorausgesetzt, am geringsten bei einer Erregbarkeit des Nerven, welche die normale um ein gewisses, einstweilen noch nicht näher bestimmtes Maass übersteigt, und nimmt dann von diesem Punkte aus sowohl mit abnehmender wie mit zunehmender Erregbarkeit zu. Allein die hierbei gemachte Voraussetzung ist nicht richtig. Wenn man auch annehmen darf, dass der Anelectrotonus mit der Stärke des polarisirenden Stromes wächst, wenn auch vielleicht nicht in einfacher Weise, wie meine Beobachtungen über die Erregung durch negative Stromesschwankungen lehren, so gilt dies doch, wie aus anderen Thatsachen hervorgeht, nicht ohne Weiteres für den Katelectrotonus. Es ist meines Wissens zuerst von Fick¹⁾ nachgewiesen worden, dass der Indifferenzpunkt in der intrapolaren Strecke, der nach Pflüger mit dem Wachsen des Stromes immer mehr von dem positiven Pole zum negativen verschoben wird, schliesslich so weit zu liegen kommt, dass die ganze intrapolare Strecke sich im Zustand herabgesetzter Erregbarkeit befindet. Fick stützt sich dabei auf die von Rosenthal²⁾ zuerst ausgesprochene

1) Beitrag zur Physiologie des Electrotonus. Vierteljahresschr. d. naturf. Gesellsch. in Zürich. XI. 1866. pag. 48 ff.

2) Die Fortschritte der Physik i. J. 1859. pag. 533.

und von ihm selbst später als richtig bewiesene ¹⁾ Vermuthung, dass die durch Inductionsschläge hervorgebrachten Zuckungen als Schliessungszuckungen zu qualificiren seien, und zieht den Schluss auf Herabsetzung der Erregbarkeit auch im Gebiete der Kathode aus einem Versuche von Pflüger, aus welchem dieser selbst die Erregbarkeit der ganzen intrapolaren Strecke ableiten wollte. Von dem in Frage stehenden Versuche Pflüger's (pag. 417 der Untersuchungen über die Physiologie des Electrotonus beschrieben), der dem früheren Eckhard'schen ²⁾ ganz ähnlich ist, unterscheiden sich die meinigen nur dadurch, dass statt eines rasch wieder verschwindenden absteigenden Schliessungsinductionsstromes von mir ein andauernder absteigender Kettenstrom zur Reizung benutzt wurde. Hätte ich stärkere polarisirende Ströme anwenden können, so wäre ich wohl auch an einen Punkt gekommen, wo eine auch noch so bedeutende Vermehrung des bestehenden Katelectrotonus nicht mehr erregend wirkte. An dieser Stelle kommen wir aber, wie es scheint, auf einen Widerspruch: breitet sich wirklich, wie Fick gezeigt hat und wie meine Beobachtungen offenbar bestätigen, die Verminderung der Erregbarkeit auf die ganze intrapolare Strecke aus, so ist es doch auffällig, dass eine Verstärkung des Katelectrotonus, die nun aber doch so viel ist, als nochmalige Herabsetzung der Erregbarkeit auch in der Gegend der Kathode, noch erregend wirkt. Dieser Widerspruch löst sich aber wohl einfach so, dass in der That anfangs noch eine Erhöhung der Erregbarkeit eintritt, der erst nach einiger Zeit der langsamen Entwicklung des Anelectrotonus gemäss die Verminderung folgt. Ob bei starken polarisirenden Strömen auch in der Region des extrapolaren (natürlich absteigenden) Katelectrotonus die Erregbarkeit vermindert ist, bin ich bis jetzt noch nicht im Stande zu beantworten. Gerade für diesen Fall giebt Pflüger allerdings an, »dass die Stärke des absteigenden extrapolaren Katelectrotonus mit der Stromstärke von Null aus fortwährend wächst« ³⁾, allein eine Prüfung mit starken Strömen dürfte hier doch wohl noch am Platze sein. Die gelegentlich gemachten und bis jetzt noch unerklärten Beobachtungen über herabgesetzte Erregbarkeit in der Region des Katelectrotonus ⁴⁾ sind hier jedenfalls

1) Untersuchungen über electriche Nervenreizung. Braunschweig 1864. p. 49. u. a. o. a. O. 2) a. o. a. O. 3) a. o. a. O. p. 343.

4) M. Schiff, Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Lahr 1858 bis 1859. pag. 94. Bilharz und Nasse a. o. a. O.

nicht ohne Weiteres als Beweis anzuziehen, wie aus den Bedingungen, unter welchen dieselben angestellt waren, hervorgeht.

Nach alledem ist es also klar, dass es unerlaubt ist, einen solchen Schluss wie den obigen zu ziehen; man kann eben nur sagen, dass der zu einer Minimalerregung nöthige Erregbarkeitszuwachs um so geringer ist, je höher die Erregbarkeit ist. Dies ist aber offenbar nur eine Definition der Erregbarkeit oder dessen was Fick¹⁾ Anspruchsfähigkeit genannt hat.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich noch kurz eingehen auf die zuerst von Pflüger²⁾ gemachte Beobachtung, dass gleiche Grösse vorausgesetzt das Verschwinden des Anelectrotonus ein schwächerer Reiz ist als Entstehen des Katelectrotonus. Diese Erscheinung findet in meinen Versuchen eine hinreichende Erklärung, insofern der an absoluter Grösse in beiden Fällen gleiche Erregbarkeitszuwachs, gemessen durch die Stärke des Stromes, auf verschiedene Grade der Erregbarkeit des Nerven fällt, bei dem Anelectrotonus auf einen niederen, bei dem Katelectrotonus auf einen höheren Grad, nämlich die sogenannte normale Erregbarkeit.

Endlich aber ist es nöthig, noch einmal zu der vorangestellten Betrachtung über das Wesen der Erregung mit einigen Worten zurückzukehren. Derselben scheinen, wie oben bereits angedeutet worden, die Erfahrungen über die Tetanisirung eines motorischen Nerven, sowie die dauernde Erregung der sensibelen Nerven durch den constanten Strom zu widersprechen. Man könnte nun in Betreff des Verhaltens zunächst der motorischen Nerven (vielleicht aber auch der sensibelen Nerven, obgleich hier der eigenartigen Endapparate im Gehirn wegen die Verhältnisse jedenfalls andere sind,) an eine Erklärung folgender Art denken: Stellt man sich vor die Veränderung der Erregbarkeit, geknüpft an eine Verschiebung der Theilchen im Nerven, so ist es offenbar leicht möglich, dass diese Theilchen, wenn sie plötzlich nach einer Richtung und um eine gewisse Grösse verschoben werden, nicht sofort die neue Lage einnehmen, sondern erst nachdem sie einige Male um dieselbe geschwankt haben. Es geht nun aus meinen Beobachtungen hervor, dass diejenige Stromstärke, die leicht einen motorischen Nerven in Tetanus versetzt, ungefähr diejenige ist, auf welche das Minimum des oben (pag. 483) mit Q bezeichneten Werthes fällt. Auch nur im Verhältniss zur Verschiebung der Theilchen in toto geringe Schwankungen um die neue Lage (0,028 war der von mir beobachtete Minimalwerth von Q) müssen daher eine Reihe von Zuckungen veranlassen. Aehnlich lässt sich denn auch der Ritter'sche Tetanus erklären, den schon Pflüger als eine dem Tetanus durch den constanten Strom ganz analoge Erscheinung hingestellt hat.

Halle, Juni 1870.

1) Untersuchungen etc. p. 35. 2) a. o. a. O. p. 460.