

(Physiologisches Laboratorium der Universität St. Petersburg.)

## Die fundamentalen Eigenschaften des Nerven unter Einwirkung einiger Gifte.

Von

Prof. **N. E. Wedensky.**

(Mit 26 Textfiguren.)

### Inhalt.

	Seite
I. Die Frage von der Trennung der Reizbarkeit, Leitungsfähigkeit und Actionsströme des Nerven. . . . .	134
II. Hauptbedingungen der einschlägigen Methodik . . . . .	139
III. Verändert sich die Leitungsfähigkeit im narkotisirten Nerven so, wie es bisher angenommen? . . . . .	143
IV. Sind die Veränderungen der Reizbarkeit im narkotisirten Nerven so einfach, wie es bisher angenommen? . . . . .	157
V. Das Telephon und das Galvanometer als Zeugen des narkotisirten Nerven verglichen. . . . .	165
VI. Das Galvanometer und der Muskel als Zeugen des Nerven verglichen	171
VII. Erzeugt die Chloralose etwas Besonderes im Nerven? . . . . .	172
VIII. Ueber die Restituirbarkeit des Nerven von der Narkose . . . . .	181
IX. Schlussfolgerungen . . . . .	186

### I. Die Frage von der Trennung der Reizbarkeit, Leitungsfähigkeit und Actionsströme des Nerven.

Es scheint, es wäre nichts Begreiflicheres als die Vorstellung, nach welcher die Leitung und die Erregung des Nerven als zwei im innigsten Zusammenhange mit einander stehende Functionen betrachtet werden. Ja, die beiden Functionen sollen auf einer und derselben Eigenschaft — in Erregungszustand zu gerathen — beruhen, und die Nervenleitung könnte so aufgefasst sein, dass „jeder Faserabschnitt durch den angrenzenden Abschnitt gerade so, wie durch einen äusseren Reiz erregt wird, also als eine Fortpflanzung der Erregung von Theilchen zu Theilchen.“ (Hermann.)

Es existirt jedoch in der Physiologie eine eigenthümliche Doctrin, welche beansprucht, dass die Leitungsfähigkeit und die Reizbarkeit des Nerven zwei wesentlich von einander verschiedene Eigenschaften sein sollen, und zwar bis zu einem solchen Grade, dass unter gewissen Umständen eine von diesen Eigenschaften ganz fehlen oder mehr oder weniger deprimirt sein, die andere dagegen ihren vollkommenen Werth behalten kann.

Als Vertreter dieser Anschauung trat zunächst Schiff<sup>1)</sup> hervor; nachher wurde dieselbe von einigen Neuropathologen unterstützt. Eine besondere Bekräftigung erhielt aber diese Doctrin durch folgenden Versuch von Grünhagen<sup>2)</sup>: behandelt man eine gewisse Nervenstrecke mit Kohlensäure, so sinkt die locale Reizbarkeit dieser Strecke mehr oder weniger stark, während die Leitung der oberhalb oder unterhalb dieser Strecke entstandenen Erregungen eine Zeit noch ganz unverändert bleiben soll, „obschon der Erregungsvorgang sich durch die gleichsam narkotisirte Nervenstrecke fortpflanzen muss“. Danach sah sich Grünhagen berechtigt, den Schluss zu ziehen, dass „nervöser Erregungs- und nervöser Leitungsvorgang als verschiedenartige Processe von einander zu trennen sind“.

Der Versuch gab einen Anstoss zu der Wiederholung unter Anwendung anderer chemischen Agenzien (Chloroform, Aether, Kohlenoxyd). Einige von den späteren Forschern behandelten die Frage mit einer grossen Entschiedenheit und sprachen bereits gerade über die Trennung der Reizbarkeit und Leitungsfähigkeit des Nerven, als ob die Rede von etwas so Sicherem wäre, wie z. B. von der Zerlegung des Wassers in Wasserstoff und Sauerstoff. Nur Luchsinger und Szpilmann<sup>3)</sup> haben die dieser Doctrin zu Grunde liegenden Thatsachen auf eine andere Weise zu erklären gesucht. Aus der Zahl der Autoren, die zu ihrer weiteren Entwicklung beitrugen, müssen besonders hervorgehoben werden: Gad und Sawyer<sup>4)</sup>, welche durch Einwirkung von Alkohol auf den Nerven

---

1) Schiff, Lehrbuch d. Nervenphysiologie S. 75, 1859; Zeitschrift f. rat. Med. Bd. 29 S. 221, 1867.

2) Grünhagen, Pflüger's Archiv Bd. 6 S. 180, 1872; Funke-Grünhagen, Lehrbuch der Physiologie Bd. I S. 584, 1876.

3) Szpilmann und Luchsinger, Pflüger's Archiv Bd. 24 S. 347. 1881.

4) Gad u. Sawyer, Archiv für [Anat. u.] Physiol. S. 395, 1888; S. 350, 1889.

in ihm einen solchen Zustand hervorgerufen haben sollen, wo die Leitungsfähigkeit herabgesetzt, während die locale Reizbarkeit noch ganz erhalten oder sogar erhöht sein kann, und Piotrowski<sup>1)</sup>, welcher sich mannigfacher Methoden bediente. In der Abhandlung des letzteren Autors findet der Leser eine ausführliche Darstellung der früheren Litteratur.

Man sollte glauben, es wäre keine Schwierigkeit, mit Hülfe einer solchen Doctrin, welche zwei von einander unabhängige und unabhängig zu verändernde Factoren annimmt, alle möglichen Beobachtungen und Thatsachen in gute Ordnung und unter einen und denselben Gesichtspunkt zu bringen. Wie ungemüthlich es aber in Wirklichkeit doch damit steht, wie viele Widersprüche und Unklarheiten hier existiren, sieht man aus der unparteiischen Zusammenstellung des hierauf bezüglichen Materials, welche von B i e d e r m a n n gemacht ist<sup>2)</sup>.

Ich beschränke mich auf diese Hinweise, da ich einstweilen keine Analyse dieser Anschauung vornehmen will. Ich füge nur hinzu, dass diese Doctrin immer neue Anhänger findet. So z. B. traten im vergangenen Jahre als Anhänger dieser Anschauung drei Autoren, Werigo<sup>3)</sup>, Radzikowski<sup>4)</sup> und Herzen<sup>5)</sup> auf.

Der erste von ihnen, wenn er auch zulässt, dass „ein unverkennbarer Zusammenhang zwischen Erregung und Leitung existirt“, geht jedoch in seinen theoretischen Schlussfolgerungen so weit, dass nach ihm „die Erregung in physiologisch-chemischen Vorgängen besteht. Aber diese Vorgänge sind derart, dass sie selbst nicht im Stande sind, sich im Nerven fortzupflanzen. Es sind rein locale Vorgänge, die sich nur an der Stelle entwickeln, wo der Reiz auf den Nerven direct einwirkt“. Die Leitung müsste nur auf den rein physikalischen Eigenschaften des Nerven als „Kernleiters“ basiren; damit „kann die Herabsetzung und sogar der volle Verlust der Erregbarkeit an einer solchen Nervenstrecke, welche kleiner ist als das Ausbreitungsgebiet der reizenden Wirkung der Actionsströme, keinen Einfluss auf die Erregungsleitung haben“.

Das sind indessen nur Hypothesen, nach dem Bekenntnisse des Autors selbst, da nicht nur der letztere Satz, sondern sogar die dem

---

1) Piotrowski, Archiv für [Anat. u.] Physiol. S. 205. 1893.

2) Biedermann, Elektrophysiologie S. 493—496. Jena 1895.

3) Werigo, Pflüger's Archiv Bd. 76 S. 552. 1899.

4) Radzikowski, Travaux du laboratoire de l'Institut Solvay t. 3 p. 18. 1899.

5) Herzen, Centralbl. für Physiologie Nr. 18. 1899.

ersten Satze zu Grunde liegenden chemischen Vorgänge weder bewiesen sind, noch von theoretischen Postulaten (im Sinne einer definitiven Zersetzung der Nervensubstanz) erfordert werden; ja mit Rücksicht darauf, dass keine nachweisbare Ermüdung des Nerven nach stundenlanger Reizung nachgewiesen werden kann, bleiben dieselben auch sehr zweifelhaft.

Anders sieht es bei dem dritten von diesen Autoren aus. Er führt sogleich eine Thatsache an. Aus einer Beobachtung von Radziko wski ausgehend, machte Herzen nämlich den folgenden Versuch: als er auf eine bestimmte Strecke des Nerven mit Chloralose einwirkte, beobachtete er nach einer gewissen Zeit, dass die Reizbarkeit dieser Strecke „ganz verloren“ (unterstrichen von ihm) war, während die Leitungsfähigkeit noch vollkommen unverändert blieb. Ausserdem soll er dabei etwas ganz Neues erhalten haben: reizte er nämlich diese „nicht mehr reizbare Strecke“ mit den Inductionsströmen, so trat am Galvanometer „eine vortreffliche negative Schwankung“ des Nervenstromes hervor. Auf diese Weise gelang es ihm, gleichsam die functionellen Einwirkungen des Nerven von den elektrischen zu trennen.

Da alle Physiologen (mit Ausnahme von Schiff und Herzen selbst) die Actionsströme des Nerven und, als ihren speciellen Fall, die negative Schwankung als den einzigen Ausdruck des thätigen Zustandes an ihm selbst betrachten, so müsste in diesem Sinne die Fähigkeit des Nerven, seinen Reizzustand durch gewisse elektrische Wirkungen wiederzugeben, auch zu seinen fundamentalen Eigenschaften hinzugerechnet werden. Prof. Herzen schildert die Sachlage noch schärfer, indem er meint, dass „eine grosse Anzahl wichtiger physiologischer Schlussfolgerungen und Theorien der grössten Tragweite einzig und allein auf dieser apriorischen Annahme ruhen, dass die negative Schwankung als Zeugniss des thätigen Nerven angesehen werden soll“. Desshalb legt der Verfasser ein grosses Interesse auf seine Thatsache und stellt die Frage: „wäre man nicht berechtigt, an dem innigen Zusammenhange zwischen den elektrischen Vorgängen am Nerven und seiner physiologischen Thätigkeit zu zweifeln, und zu glauben, dass jene vielleicht nicht nur mit dem Wesen dieser nichts zu thun haben, sondern nicht einmal ihre nothwendige Bedingung oder eine von ihr nothwendig bedingte Erscheinung sei?“

Wenn auch die mitgetheilte Beobachtung vollständig richtig wäre,

so müsste man dennoch von jedem Physiologen erwarten, dass er, bevor er die eben citirte Frage stellt, zuerst den Beweis liefern sollte dafür, dass der Widerspruch zwischen den Angaben des Galvanometers und des Muskels nicht auf einem Mangel des letzteren beruht. In der That, wenn niemand (trotz der oben citirten Behauptung) „wichtige Schlussfolgerungen einzig und allein“ auf dem Phänomen der negativen Schwankung beruhen lässt, weil solche Schlussfolgerungen immer durch das Zeugniß der rein physiologischen Apparate controlirt werden, so hält andererseits niemand den Muskel für einen unfehlbaren Zeugen des Nerven, immer und in allen möglichen Fällen. Diese letzte Frage aber stellte sich der Verfasser gar nicht, sondern betitelte seine Mittheilung gerade so: „Ist die negative Schwankung ein unfehlbares Zeichen der physiologischen Nerventhätigkeit?“

Wie man sieht, handelt es sich hier um eine so tiefe „Trennung“ der fundamentalsten Eigenschaften des Nerven, wie sie bisher keinem Forscher gelungen ist: es soll ein solcher Zustand beim Nerven eintreten, wo er ganz seine Reizbarkeit verliert, während er zu derselben Zeit seine vollkommene Leitungsfähigkeit und sein Vermögen, die negative Schwankung zu geben, behält. Dabei bezeichnet der Autor schon im Titel seine Mittheilung als eine „rein thatsächliche“ und schlägt den anderen Physiologen vor, seine Thatsache „einer experimentellen Prüfung zu unterwerfen und danach entweder eine von ihm übersehene Fehlerquelle in seinen Versuchen auffindig zu machen oder seine Ergebnisse zu bestätigen“. Mit Rücksicht auf alles dies habe ich mich entschlossen, den von dem Autor so dringend empfohlenen Versuch zu wiederholen.

Als ich schon damit beschäftigt war, veröffentlichten Cybulski und Sosnowski<sup>1)</sup> ihre Mittheilung. Sie stimmen mit den Schlussfolgerungen von Herzen nicht überein; jedoch widerlegen sie auch seine Thatsache nicht und suchen nur dieselbe auf eine andere Weise zu erklären. Aber auch ihre Erklärung schien mir nicht ganz befriedigend; übrigens führte mich meine Untersuchung schon damals zu einigen Befunden, welche ein selbstständiges Interesse für sich beanspruchten<sup>2)</sup>.

---

1) Cybulski und Sosnowski, Centralbl. f. Physiologie Nr. 20. 1899.

2) Meine vorläufige Mittheilung wurde den 18. December 1899 in der zoologisch-physiol. Section der St. Petersburger Naturforschenden Gesellschaft

## II. Hauptbedingungen der einschlägigen Methodik.

Schon bei meinen ersten Schritten schien es mir unmöglich, meine Versuche ganz in dieselben Bedingungen zu stellen, in welche sie Herzen gestellt hatte. Um Chloralose auf den Hüftnerven einwirken zu lassen, füllt er am Frosche „die Grube zwischen den Muskeln reichlich mit Chloralosepulver; die entsprechende Strecke des Nerven wird in die auf diese Weise entstandene feuchte Masse eingebettet“. Dann ist aber vollständig unbegreiflich, wie er die reizenden Elektroden an diese in solch eine Substanz eingeschlossene Nervenstrecke anlegen oder die Reizbarkeit dieser Strecke später mit ihrer früheren Reizbarkeit vergleichen konnte, als der Nerv mit dem Galvanometer verbunden war. Denn in letzterem Falle wird ja vorausgesetzt, dass der Nerv schon gänzlich aus dem Körper und aus der ihn umgebenden Substanz herausgenommen ist. Es ist klar, dass in den zu vergleichenden Fällen der Nerv reizenden Strömen von verschiedener Dichte ausgesetzt sein müsste. Und wie wäre es möglich, nach der Ableitung des Nerven zum Galvanometer eben dieselben Reizpunkte wieder aufzufinden?

Jedermann wird damit einverstanden sein, dass Versuche dieser Art von Anfang bis zu Ende an einem ganz herauspräparirten und an festen Reizelektroden liegenden Nerven ausgeführt werden sollen, wie vor, so auch nach der Verbindung mit dem Galvanometer. Ausserdem darf das Intervall zwischen der ersten und letzten Hälfte des Versuches kein grosses sein, und muss der Nerv absolut unter denselben Bedingungen bleiben. Daher führte ich alle meine Versuche von Anfang bis zu Ende an dem herauspräparirten Nerven aus, der in einer feuchten Kammer auf gut isolirten und fixirten Elektroden lag.

Um dem Vergleich der elektrischen und muskulären Wirkungen des Nerven noch näher zu treten, schien es mir indessen zweckmässig, zunächst die telephonische Methode, wie sie bereits früher von mir ausgearbeitet war, anzuwenden. Ja, man kann sogar sagen, in diesem Falle ist diese Methode gerade unersetzbar, da nur sie uns die Möglichkeit gibt, die Actionsströme des Nerven mit seinen Wirkungen auf den Muskel sogleich und unter genau denselben

---

gemacht; eine ausführliche Mittheilung machte ich den 7. Februar dieses Jahres in der biologisch. Section der „Société russe d'hygiène publique“.

experimentellen Bedingungen zu vergleichen, was für das Studium von so vergänglichen Processen wie die aufeinander folgenden Phasen der Giftwirkung wohl eine sehr wichtige Bedingung ist. Zum Telephon können wir jeden beliebigen Punkt des Nerven ableiten, ohne seinen Zusammenhang mit dem Muskel zu unterbrechen, wie es die galvanometrische Beobachtung erfordert. Die Actionsströme des Nerven äussern sich im Telephon bei tetanisirenden Reizen durch einen bestimmten Ton. Dieser Nerventon kann eigentlich, was seine Intensität betrifft, nicht durch Zahlen ausgedrückt werden, —

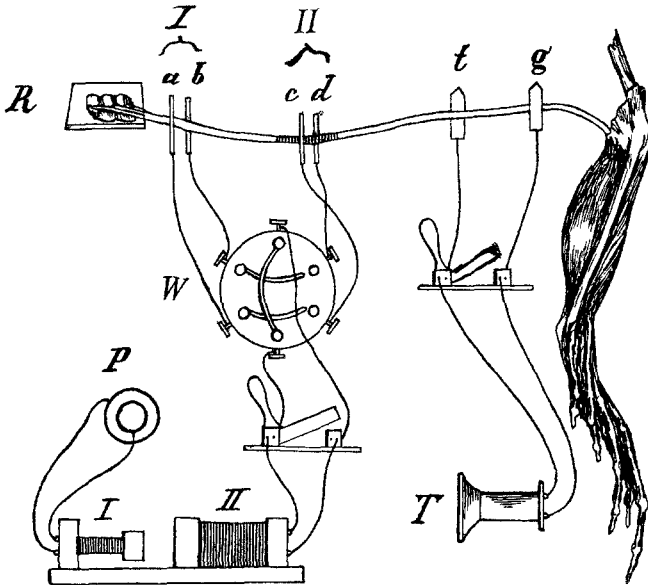


Fig. 1.

nach dem Gehör ist es ja möglich, nur ansehnliche Veränderungen seiner Intensität wahrzunehmen; dagegen ist es sehr leicht, mit dem Telephon nach den Verschiebungen der Reizschwelle die Veränderungen der Nervenreizbarkeit zu constatiren. Ausserdem kann als ein wichtiger Anzeiger der eintretenden Veränderungen in den functionellen Eigenschaften des Nerven eine eventuelle Veränderung im Charakter des telephonischen Tones dienen: z. B. unter gewissen Bedingungen kann ein rein musikalischer Ton in einen durch Nebengeräusche complicirten dumpfen Ton umschlagen oder einen neuen (transformirten) Rhythmus erhalten. Solche Erscheinungen geben manchmal sehr wichtige Hinweise, um sich in sehr complicirten Erregungsverhältnissen zu orientiren.

Die Anordnung meiner ersten Versuche leuchtet aus der beigefügten Figur ein, welche zu gleicher Zeit auch eine ungefähre Vorstellung darüber gibt, wie weit die reizenden Elektroden einerseits von einander und andererseits von den ableitenden Elektroden entfernt sind.

Ich bediente mich für die Reizung zweier Paare von Elektroden; das Paar *ab* (oder *I*) diente zur Reizung der oberen Nervenstrecke, das Paar *cd* (oder *II*) für die mittlere Strecke. Da die Entfernung zwischen den zwei Elektroden eines jeden Paares sehr klein war (ca. 2—3 mm, um womöglich die unipolären Wirkungen auf das Telephon zu vermeiden), so berührte in jedem Paare eine von den Elektroden den Nerven von oben, die andere von unten, wie es aus der Figur zu sehen ist. Diese Elektroden waren aus Platindraht. Aus Platina waren auch grösstentheils die Elektroden *tg*, welche zur Ableitung der Nervenströme zum Telephon dienten. Nur in gewissen Versuchen (siehe weiter unten) wurden zu diesem Zwecke die unpolarisirbaren Thonelektroden angewandt. Der Abstand zwischen zwei ableitenden Elektroden war ca. 10 mm. Die Beobachtung der Nerventöne geschah mittelst zweier Siemens'scher Telephone, welche in Reihe eingeschaltet waren.

N. ischiadicus wurde seiner ganzen Länge nach zusammen mit Plexus lumbalis und einem kleinen Stückchen der Wirbelsäule (das Rückenmark war natürlich zerstört) herauspräparirt. Zu den Versuchen diente meistens *R. temporaria*, seltener *R. esculenta*. Die Zeit der Untersuchung fiel auf December-Februar. Es ist zu bemerken, dass die Reizbarkeit meiner Präparate so ständig war, dass ich in einigen Fällen während sechs Stunden die Reizschwelle höchstens um 1—2 cm nach oben oder nach unten sich verschieben sah. Als ich im Frühling noch einige Versuche machte, war die Reizbarkeit weit weniger ständig.

Zur Reizung diente ein mittelgrosser Inductionsapparat mit zwei Daniels und mit einer Stimmgabel von 100 Schwingungen per Secunde als Unterbrecher im primären Kreise. Die Pohl'sche Wippe ohne Kreuz (*W*) liess dieselben Inductionsströme nach Belieben entweder zu den oberen oder zu den unteren reizenden Elektroden senden. In späteren Versuchen dienten mir öfters zwei gesonderte Inductionsapparate für die Reizung *I* und für die Reizung *II*.

Aus speciellen Gründen bediente ich mich der nicht ausgeglichenen tetanisirenden Ströme, und zwar war die Differenz in

der reizenden Wirkung der Oeffnungs- und Schliessungs-Inductionsschläge ziemlich hoch (unter IV). Wo das Entgegengesetzte nicht gesagt, haben die Oeffnungsschläge immer die absteigende Richtung.

Ich fand es auch zweckmässig, in meinen Versuchen andere chemische Stoffe als die von Herzen empfohlenen anzuwenden: denn erstens wirkt die Chloralose sehr langsam (siehe unten, VII); zweitens, wenn auch diese Substanz im Wasser wenig löslich ist, selbst dann, wenn dieselbe mit Gewebesäften benetzt wäre, so ist dennoch keine Sicherheit dafür vorhanden, dass sie auf den Nerven keinen wasserentziehenden Einfluss ausübt. Dieser letztere ist aber an sich selbst sehr complicirt, wie es von mir früher bewiesen ist<sup>1)</sup>, und schon er allein könnte zu einer solchen Divergenz der galvanometrischen und muskulären Ergebnisse führen, wie dies bei Herzen der Fall ist.

Um mit sicheren Substanzen zu thun zu haben, deren Applicationsweise keinen Zweifel bieten könnte, gebrauchte ich die folgenden Lösungen:

Cocainum hydrochloricum	0,2 %— 0,5 %,
Chloralum hydratum	1 %—2 %
Acidum carbolicum (Phenol)	0,5 %.

Mit einer solchen Lösung behandelte ich den Nerven zwischen den Elektroden *cd* und in der nächsten Nachbarschaft (3—4 mm jederseits von ihnen; schattirte Nervenstrecke in der Figur 1). Wird der Nerv mit so grosser Vorsicht bepinselt, dass keine sichtbaren Tropfen an ihm haften bleiben, so dehnt sich der unten beschriebene Verlauf der Erscheinungen auf 30—60 Minuten und mehr aus — ein Zeitraum, welcher vollkommen genügend ist, um verschiedene Phasen der Giftwirkung zu verfolgen.

Damit die angewandte Lösung nicht weiter, d. h. auf die mit ihr nicht bestrichenen Nervenpunkte zerflösse, lag das Elektrodenpaar *II* etwas tiefer als die zwei anderen, was auch in der Figur angedeutet ist.

Wie verschieden auch die chemische Natur und sonst auch die physiologische Bedeutung der von mir zu Dienste gestellten Substanzen sei, so war der Verlauf der durch ihre Application hervorgerufenen Erscheinungen am Nerven doch so gleichartig und sicher, dass ich keinen Augenblick unentschlossen bleibe, ein allgemeines

---

1) Comptes rendus, 22 décembre 1890.

Bild ihrer Wirkung zu entwerfen. Aus diesem Grunde, wie auch mit Rücksicht auf ihre am Ende meiner Darstellung zu besprechenden Eigenschaften, werde ich ihre Wirkung auf den Nerv ebenso gut als Narkotisierung, wie auch als Vergiftung bezeichnen. Dies erlaubt uns, eine mit den früheren Forschern gemeinsame Terminologie beizubehalten.

### III. Verändert sich die Leitungsfähigkeit im narkotisirten Nerven so, wie es bisher angenommen?

Die erste Reihe meiner Versuche bestand im Vergleichen der Einwirkungen des vergifteten Nerven auf das Telephon und auf den Muskel.

Vorher bestimmte ich die Reizbarkeit des Nerven in den Punkten I und II nach beiden Methoden. Nachdem dies festgestellt war, bepinselte ich die gewisse Nervenstrecke mit einer der oben genannten Lösungen und verfolgte darauf die Veränderungen in den Erfolgen des einen und des anderen Reizpunktes.

Die dabei hervortretenden Erscheinungen sind einfacher für die Reizung II (vergiftete Strecke), und zwar unter der Bedingung, dass die tetanisirenden (nicht ausgeglichenen) Inductionsströme für den Oeffnungsschlag die absteigende Richtung haben, damit die an der Kathode entstehende Erregungswelle einen kürzeren mit Veränderungen der Leitungsfähigkeit behafteten Weg zurückzulegen hat (der entgegengesetzte Fall wird ausführlich unter IV besprochen werden. Die Reizschwelle verschiebt sich allmählig zu immer stärkeren Strömen, und das geschieht ganz parallel für das Telephon und für den Muskel. Im Interesse des ausführlicheren Studiums kann man hier zwei Stadien unterscheiden: in dem ersten nimmt die Einwirkung des Giftes merklich mit jeder neuen Minute zu, in dem zweiten bleibt die Reizbarkeit, nachdem sie schon zu den stärkeren Strömen verschoben ist, ständig dieselbe, oder vielmehr sie sinkt weiter nur sehr langsam. Daher kann man das erste Stadium als Stadium der sinkenden Reizbarkeit, und das zweite als Stadium der überbleibenden Reizbarkeit bezeichnen. Die letzte Bezeichnung scheint mir um so zutreffender, als der mit derselben angewiesene Rest der Reizbarkeit der vergifteten Strecke auch noch dann übrig bleibt, wenn die Leitung der Erregungen von I schon hier ganz aufgehoben ist. Es versteht sich von selbst, dass

dies nur bei wenig energischer Vergiftung des Nerven beobachtet wird. Von den früheren Forschern wurde das letztere Stadium besonders von Szpilmann und Luchsinger berücksichtigt. Es kann nur fraglich bleiben, ob die überbleibende Reizbarkeit nicht etwa einer physikalischen Verbreitung des Stromes auf die untere nicht narkotisirte Strecke des Nerven zuzuschreiben ist, da ja jetzt die Erfolge durch Application stärkerer Ströme hervorgerufen werden. Der Einwand wird dadurch beseitigt, dass die Reizerfolge vollkommen verschwinden, wenn man bloss diese narkotisirte Strecke mit Kreosot bestreicht.

Der Verlauf der Erscheinungen, welche durch die obere Reizung d. h. durch I hervorgerufen werden, ist bedeutend complicirter. Auf den ersten Blick scheint er vollkommen mit dem, was die früheren Forscher beschrieben haben, übereinzustimmen, nämlich es bleibt die Reizschwelle längere Zeit ohne Veränderungen oder entspricht sogar eine Zeit noch etwas schwächeren Strömen; später aber, in einem bestimmten Momente, verschiebt sie sich ein wenig zu stärkeren Strömen, und gleich danach wird die Reizung jeder Intensität, d. h. auf der ganzen Scala hindurch, erfolglos. Das erste Stadium würde dem Stadium der unveränderten Leitung entsprechen; das zweite Stadium wäre dasjenige der aufgehobenen Leitung.

In einem solchen Lichte aber erscheint die Sache nur so lange, bis wir bei den Veränderungen des narkotisirten Nerven bloss den Muskel, und zwar nur seine minimalen Contractionen, zu Probe stellen. Sie zeigt sich in einem anderen Lichte, wenn wir als Anzeiger das Telephon nehmen und danach auch bezüglich muskuläre Angaben genauer analysiren. Da wir dabei mehreren neuen Erscheinungen begegnen, so werde ich, um möglichst Wiederholungen in meiner Beschreibung zu vermeiden und deren Zusammenstellung zu erleichtern, dieselben mit griechischen Buchstaben bezeichnen.

Es fiel mir vor Allem bei der telephonischen Beobachtung auf, dass der Nerventon von der Reizung I eine starke Veränderung schon zu der Zeit erfährt, wo die Reizschwelle noch ganz unverändert bleibt. Und zwar war der Umstand besonders auffallend, dass diese Veränderung (im Gegensatz zu den telephonischen Reizerfolgen von der vergifteten Strecke) so gut wie gleichzeitig für die verschiedensten Reizintensitäten stattfindet. Es tritt nämlich eine Phase der Giftwirkung auf, wo die Reizung I sowohl bei sehr starken als auch bei sehr mässigen reizenden Strömen nur

einen schwachen, dumpfen und durch Nervengeräusche complicirten Ton im Telephon wahrnehmen lässt (Phänomen  $\alpha$ ). Die bezeichnete Veränderung im Charakter des Nerventones entwickelt sich selbstverständlich nicht auf einmal, sondern allmählich mit dem Fortschreiten der Giftwirkung und mit dem Sinken der Reizbarkeit in der der Vergiftung unterliegenden Strecke. Es ist aber lehrreich, dass dieselbe schon zu der Zeit (Protokoll I, Beobachtung 12; Protokoll IV, Beobachtung 9) ganz ausgesprochen ist, wo die Methode der minimalen Reize uns noch keine Modification der Leitungsfähigkeit verräth. Indessen muss man nach der telephonischen Methode schliessen, dass zu diesem Momente schon eine tiefe Umwandlung<sup>1)</sup> in der Leitung der Erregungswellen von verschiedener Intensität und besonders in der Leitung der starken Erregungen eintritt, da es sonst ganz unbegreiflich wäre, wie die letzteren einen ebenso schwachen Ton wie auch die mässigen Erregungen geben könnten.

Das telephonische Zeugniß erweckte desshalb ein grosses Interesse. Dasselbe musste durch den Muskel unterstützt und erläutert werden. Als ich mit gesteigerter Aufmerksamkeit die Contractionen des Muskels untersuchte, beobachtete ich, dass die durch die Reizung I hervorgerufenen Tetani in einem bestimmten Stadium der Giftwirkung scharf abnehmen, und zwar erzeugen sehr starke tetanisirende Ströme ebenso schwächere Contractionen wie auch sehr mässige Ströme (Phänomen  $\beta$ ). Es war kein Zweifel, dass der Erfolg keineswegs einer Abnahme der Leistungsfähigkeit des Endapparates zugeschrieben werden konnte, da die unterhalb der Vergiftungsstrecke angebrachten Reize noch vollkommen das Vermögen besaßen, sehr energische Contractionen hervorzurufen.

Beim weiteren Verlaufe der Giftwirkung macht das eben besprochene Phänomen dem folgenden Platz. Die starke Tetanisirung I erzeugt im Muskel nur eine Anfangszuckung (manchmal auch eine Endzuckung), oder garnichts, während eine massige Reizung noch nicht zu verschmähende Tetani bewirkt (Phänomen  $\gamma$ ). Die Myogramme 1 u. 2 mögen diese merkwürdige Erscheinung veranschau-

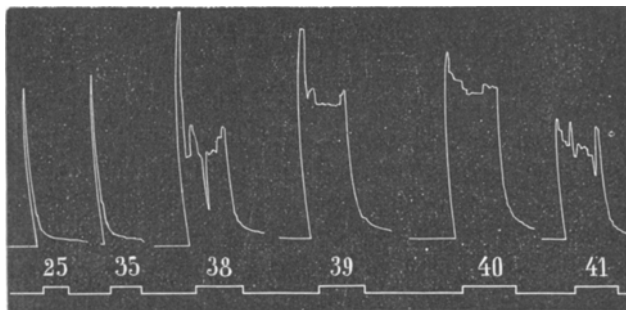
---

1) Ich will hier nicht den inneren Sinn der bezeichneten Umwandlung im rhythmischen Charakter der Erregungen analysiren. Speciell im Bezug auf diesen Fall soll das an einer anderen Stelle gemacht werden; vom allgemeinen Gesichtspunkte wurde dieser Gegenstand schon besprochen in meinen früheren Schriften; s. Archives de physiologie p. 58—73, p. 254—266, 1891; p. 50—60, 1892.

lichen. Sie tritt zu der Zeit auf, wo die Reizschwelle um 1—2 cm der Scala des Inductionsapparates gestiegen ist. In dieser Phase der Vergiftung verlieren also ihre Wirksamkeit auf den Muskel sowohl starke, als auch ganz schwache Erregungen der Nervenstrecke *ab*.

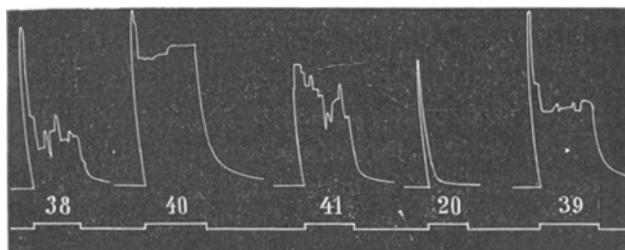
Myogramme 1 und 2 stellen das Phänomen  $\gamma$  dar. Sie gehören zu einem und demselben Versuch, HCl-Cocain 0,5%. Vor und zu Anfang der Vergiftung war die Reizschwelle bei R.-A. 43.

Die Hebungen der unteren durch einen elektromagnetischen Markirer geschriebenen Linie entsprechen der Dauer der Tetanisirung. Gleichwerthig mit 1 Secunde sind 3,12 mm der Abscisse. Die Muskelcurven sind stets vermittelt des „Myographe direct“ von Marey gezeichnet. Die Zahlen unter den einzelnen Curven geben den Rollenabstand in Centimetern. Das Intervall zwischen den einzelnen Curven ist 30—40 Secunden. Die Curven sind überall von links nach rechts zu lesen.



Myogramm 1.

Das 1. Myogr. ist 22' nach Anfang der Cocainwirkung gezeichnet. Optimum der Reizintensität findet sich bei 39—40 R.-A. Die Intensitäten 38 und 41 geben schwächere Contractionen; 25—35 — nur Anfangszuckung.



Myogramm 2.

Das 2. Myogr. ist 3' nach dem vorangehenden eingeschrieben. Jetzt ist Opt. bei 40, während 39 auch eine schwächere Contraction giebt; 20 ruft eine noch niedrigere Anfangszuckung hervor.

Die allmäligen Uebergangsformen von normalen Verhältnissen zu den Phänomenen  $\beta$  und  $\gamma$  werden durch die das Protokoll III begleitenden Myogramme illustriert.

Das Phänomen  $\gamma$  veranlasste mich, noch einmal das Studium der Actionsströme des Nerven mittelst des Telephons vorzunehmen. Es ergab sich, dass in der eben beschriebenen Phase das Telephon seinerseits solche Anzeigen liefert, welche mit denjenigen des Muskels vollständig zusammenfallen: starke Reize rufen entweder keine Töne, oder bloss einen kurzen Knack am Anfang der Reizung hervor, während mässige Reize einen wenn auch schwachen und nicht reinen, so doch unverkennbar der Reizfrequenz entsprechenden Ton geben (Phänomen  $\delta$ ; Protokoll I, Beobachtung 13—15; Protokoll II, Beobachtung 20—25).

Obgleich die telephonische Methode schon mehrere Erfahrungen glücklich überstanden hatte (wie z. B., als sie als die erste die Unermüdlichkeit des Nerven ankündigte und ich dadurch gezwungen wurde, die Wahrheit ihrer Aussage durch andere nicht so aufrichtige Zeugen, nämlich durch das Galvanometer und den Muskel bestätigen zu lassen), überraschte mich nichtsdestoweniger diese neue Beobachtung. Denn meine früheren Untersuchungen über die rhythmischen Prozesse im Tetanus, wo die Endplatte des motorischen Nerven an den Erfolgen Antheil hatte, hatten mich nicht an einen so vollständigen Parallelismus zwischen den elektrischen und muskulären Wirkungen des Nerven gewöhnt. Hier trat dagegen der Parallelismus als ein vollständiger, ja sogar als ein überraschender ein. Wenn auch die Bedingungen der Versuche mir dazu gar keine Veranlassung boten, so schlich sich dennoch ein Zweifel ein, ob es nicht vielleicht irgend einen äusseren, so zu sagen mechanischen Zusammenhang zwischen den Contractionen des Muskels und den Tönen des mit den Nerven verbundenen Telephons gäbe. Um diesen Zweifel zu beseitigen, machte ich sofort einen Controlversuch. Der Nerv wurde gerade vor dem Muskel mit Kreosot benetzt. Danach hörten die Contractionen des Muskels auf, während die mässigen Reize wie früher denselben Nerventon zu geben fortfuhren. Als danach der Nerv mit Kreosot zwischen den Elektroden *cd* und *tg* bestrichen wurde, verschwand der Ton im Telephon vollständig<sup>1)</sup>.

---

1) Beiläufig sei bemerkt, dass diese letztere Controlprobe jedesmal am Ende der Versuche, wo die starken Reize angewandt wurden und eine mögliche Beimischung der unipolären Wirkungen im Verdachte stand, gemacht wurde.

Somit erscheint jetzt das erste Stadium, in welchem die früheren Forscher für die vergiftete Nervenstrecke eine herabgesetzte Reizbarkeit zugleich mit der vollständig unveränderten Leitungsfähigkeit annahmen, in einem ganz anderen Lichte. Wollten wir die eben beschriebenen Erscheinungen vom Standpunkte der Leitungsfähigkeit betrachten, so hätten wir zu sagen: die Leitungsfähigkeit der narkotisierten Nervenstrecke beginnt sich viel früher, als bisher angenommen, zu verändern; sie erfährt aber die erste Zeit eine paradoxe Modification, welche sich durch eine Umwandlung im rhythmischen Charakter der tetanisierenden Erregungen und durch eine zunehmende Undurchdringlichkeit dieser Strecke für die starken Impulse kundgibt, während schwache Erregungen eine Zeit ohne merkliche Verminderung, ja vielleicht in einer verstärkten Form geleitet werden<sup>1)</sup>.

Desshalb will ich das erste Stadium vorläufig als Stadium der paradoxalen Leitung bezeichnen; das ihm nachfolgende Stadium kann das Stadium der aufgehobenen Leitung genannt werden. Dennoch drücken die beiden Bezeichnungen, meiner Meinung nach, nicht das Wesentliche der im Nerven vor sich gehenden Veränderungen aus.

Wie die eben beschriebenen Phänomene sich in der Zeit entwickeln, sollen die beiliegenden Protokolle (I—III) ausführlicher erörtern, von denen das Protokoll III diesen Process in einer Reihe der nachfolgenden Myogramme darstellt. Mit Rücksicht auf die weiteren Erörterungen füge ich noch hinzu, dass die Phänomene sich

---

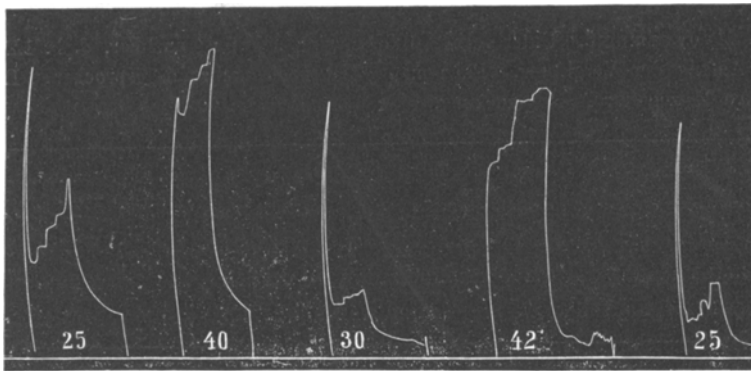
1) Szpilmann und Luchsinger sprechen vom „lawinenartigen Anschwellen“ der Nervenregung unter ähnlichen Bedingungen, aber sie betrachten dasselbe als Fortbestehen eines auch dem normalen Nerven zugehörigen Vorganges. Sie begründen ihre Meinung nur durch folgende Angabe: „bei gleicher Reizstärke war die Reizwirkung an der oberen Reizstelle stets grösser als an der unteren“ (l. c. S. 350). Die Reizbarkeit der verschiedenen Punkte der Nerven ist jedoch an sich selbst verschieden.

Man könnte meine Meinung besser beleuchten durch das Studium der Höhen der Contraktionen des Muskels. Deshalb gibt das im Text Gesagte über das möglicher Weise stattfindende Verstärken der schwachen Erregungen während ihres Durchganges durch die narkotisierte Strecke bloss einen allgemeinen Eindruck meiner Versuche und enthält ausserdem einen Hinweis in dem Umstande, dass die Reizschwelle für I sich öfters in den ersten Phasen der Giftwirkung zu noch etwas schwächeren Reizen verschiebt.

auch in einer Abhängigkeit von der Reizfrequenz befinden. Je höher in gewissen Grenzen diese letztere ist, desto früher treten sie hervor. Ein Beispiel dafür geben beiliegende Myogramme (3—7), welche abwechselnd bei einer grösseren und bei einer geringeren Frequenz gezeichnet sind.

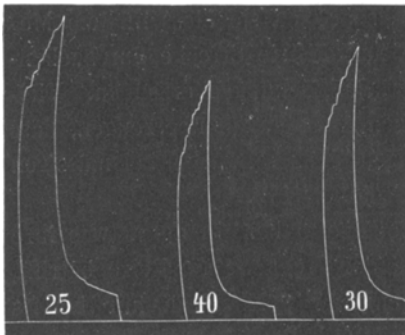
Myogramme 3 und 6 sind mit dem Unterbrecher von 100 Schwingungen pro 1 Sekunde im primären Kreise, Myogramme 4, 5 und 7 mit dem Unterbrecher von 8 Schwingungen eingeschrieben.

Cocaïn 0,5%. Die Reizschwelle war zu Anfang des Versuchs für beide Frequenzen beinahe dieselbe, nämlich 46 cm.

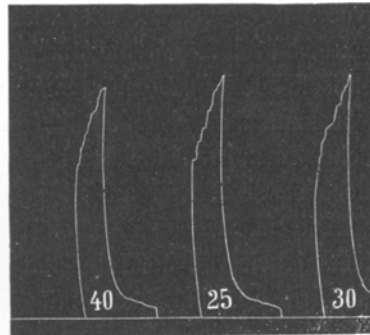


Myogramm 3.

Myogramm 3. Unterbrecher 100 Schwingungen. 1<sup>h</sup> 9' nach Anfang der Giftwirkung. Phänomen  $\gamma$  ist schon gut ausgesprochen, Optim. bei 40.



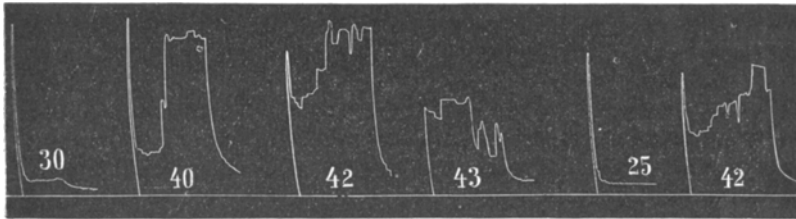
Myogramm 4.



Myogramm 5.

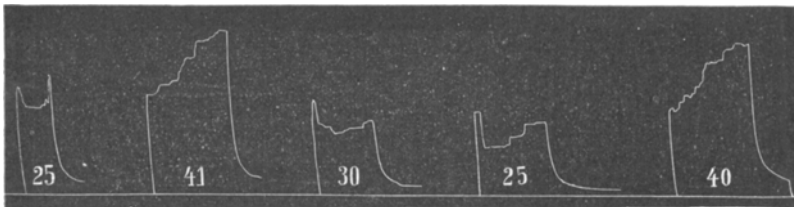
Myogramm 4. Unterbrecher 8 Schwingungen. Gleich nach dem vorangehenden eingeschrieben. Es existiert bei dieser Frequenz zu dieser Zeit noch ein normales Verhältniss zu der Reizintensität.

Myogramm 5. Derselbe Unterbrecher. Nach Ablauf von 8' nach dem vorangehenden Myogramm. Phänomen  $\beta$  (gleiche Muskelreaction auf starke und mässige Reize).



Myogramm 6.

Myogramm 6. Unterbrecher 100 Schwingungen; 4' nachher, d. h. 1.21' von Anfang der Vergiftung. Phänomen  $\gamma$  ist noch mehr ausgesprochen. Bei starken Reizen nur Anfangszuckung.



Myogramm 7.

Myogramm 7. Unterbrecher 8 Schwingungen; in 1 h 29' von Anfang an. Ein Uebergangsphänomen zwischen  $\beta$  und  $\gamma$ .

Mit den einzelnen Inductionsschlägen sind diese Phänomene myographisch beinahe nicht nachweisbar, da sie bloss in dem Momente auftreten, wo die durch die narkotisirte Strecke durchgehenden isolirten Impulse nur ganz schwache Zuckungen erzeugen. Vielmehr kann man sich mit dem blossen Auge davon überzeugen, dass solche Zuckungen bei starken Reizen ganz schwach, bei mässigen jedoch etwas stärker ausfallen (s. Protokoll IV).

Die in Rede stehenden Phänomene haben in dem, was ihre Abhängigkeit von der Intensität und der Frequenz der Reize betrifft, eine grosse Aehnlichkeit mit denjenigen, welche von mir bereits früher unter dem Namen Optimum- und Pessimum-Erscheinungen beschrieben worden sind. Doch existirt zwischen diesen und jenen ein wesentlicher Unterschied. Die letzteren erhalten ihren Ursprung nur in der Endplatte des motorischen Nerven, und zwar nicht sogleich, sondern nur nach einer vorangehenden mehr oder

weniger anhaltenden Wirkung der tetanisirenden Reize. In der That ist es ganz leicht, sich von dem angegebenen Unterschiede zu überzeugen, wenn man die Reizung des Nerven unterhalb der narkotisirten Strecke vornimmt; die Reizerfolge werden sogleich ganz andere sein als die durch die Reizung I hervorgerufenen.

### Bemerkungen zu den sämtlichen Protokollen.

Als Beispiel führe ich einige Protokolle meiner Versuche an. Mögen sie eine mehr konkrete Vorstellung von dem Verlauf und der Nacheinanderfolge der Veränderungen, welche die Reizbarkeit und die Leitungsfähigkeit mit dem Fortschreiten der Giftwirkung erfahren, geben.

In der Spalte „Reizschwelle“ drücken alle in gewöhnlicher Weise angeführten Zahlen den dieser Schwelle entsprechenden Rollenabstand des Inductoriums in Centimetern aus. Dagegen beziehen sich die Zahlen, welche in Klammern von der Form [ ] eingeschlossen sind, auf gewisse speciell dabei angegebene Reizerfolge.

Wollte man als Reizschwelle für das Telephon diejenige Intensität annehmen, bei der die tetanisirenden Inductionsströme den der Reizung entsprechenden Ton hervorzubringen beginnen, so würde diese Intensität auch gerade hinreichend sein, um den Muskel in einen vollkommenen Tetanus zu versetzen. In diesem Falle wäre also ein und derselbe Schwellenwerth für die beiden Nervenanzeiger maassgebend. Jedoch lassen sich alle zu beobachtenden Erscheinungen nicht unter ein solches Maass bringen. In gewissen Bedingungen erfahren die Reizerfolge des Nerven eine solche Veränderung, dass es bei keiner Stromintensität bis zum echten Tetanus am Muskel oder bis zu dem entsprechenden Ton im Telephon gelangt. Desshalb habe ich vorgezogen, in meinen Protokollen als Schwellenwerth diejenigen Ströme zu bezeichnen, welche am Muskel die schwächsten Contractionen, sei es nun von einem grob rhythmischen oder von unregelmässigem Charakter, und am Telephon eben wahrnehmbare Geräusche resp. rhythmisch-auftretende und verschwindende Töne (quasi-Schwebungen, was öfters bei schwachen tetanisirenden Reizen der Fall ist und den Eigenschaften des physiologischen, nicht des physikalischen Apparates zukommt) hervortreten lassen.

Bei dieser Annahme findet man an der Reizscala zwischen den Reizschwellen des Muskels und des Telephons einen Unterschied von 1—3 cm, und zwar zu Gunsten des ersteren, d. h. in diesen Grenzen ist noch nichts im Telephon wahrzunehmen, während der Muskel schon einige (sei es nicht alle Bündel ergreifende, sehr unregelmässige) Contractionen zeigt<sup>1)</sup>.

---

1) Wie ich annehmen muss, liegt der Grund der grösseren Empfindlichkeit des Muskels einerseits in der Fähigkeit der Endplatten, schwache Erregungen der Nervenfasern zu summiren (was mit ihrer Transformation zu einem selteneren Rhythmus verbunden ist; s. Archives de physiologie, 1891, p. 64), und andererseits in einer sehr geringen Empfindlichkeit des Telephons [unseres Ohres?] den unregelmässig-periodischen elektrischen Oscillationen gegenüber (ibidem, p. 258).

Da das Telephon auf die schwächsten Reize durch Geräusche reagirt, so notirte ich den entsprechenden Rollenabstand des Inductionsapparates mit der Angabe G. Da es indessen von Interesse war, zu wissen, bei welcher Intensität der die Reizfrequenz reproducirende musikalische Ton hervortritt, so gab ich auch die diesem letzteren entsprechende Reizschwelle mit der Angabe T. Wenn der Ton kein gleichmässiger war, sondern sehr ausgesprochene Schwankungen seiner Intensität beobachten liess, so notirte ich, je nachdem die Schwankungen in einem langsameren oder schnelleren Tempo hervortraten, als schwb. T. oder zitternder T.

Wie schon oben angegeben, nahm ich als Reizschwelle nach dem Muskel die schwächsten unregelmässig auftretenden Zuckungen (also noch kein echter Tetanus) an. In gewissen Fällen war der Muskel nicht im Stande, sogar solche Zuckungen zu erzeugen, er führte bloss ein fibrilares Flimmern aus, unter welcher Bezeichnung dies in den Protokollen notirt ist.

**Protokoll I** demonstriert die successiven Veränderungen der Reizschwelle nach den parallelen Angaben des Telephons und des Muskels sowohl, als auch die Stellung der Phänomene  $\alpha$  und  $\delta$  zwischen den vorangehenden und nachfolgenden Erscheinungen.

Chloralhydrat 1 %.

Bemerkung. Die Reizung II wurde am Nerven etwas höher als gewöhnlich angebracht; vielleicht sind aus diesem Grunde die Reizschwellen für I und II zu Anfang des Versuchs gleich, was sonst selten der Fall ist.

Nr. der Beobacht.	Zeit	Reizschwelle I		Reizschwelle II	
		nach Muskel	nach Telephon	nach Muskel	nach Telephon
1	7 35	43,5	42 G., 41 schwb. T.	43,5	42 G., 40 schwb. T.
2	7 53	43	—	43	—
	7 58		Chloralhydrat 1 %		
3	8 3	43	—	43	—
4	8 20	43,5	—	41	—
5	8 23	44	—	41	—
	8 26		noch einmal mit der Lösung bepinselt		
6	8 28	—	—	39	—
7	8 30	—	—	—	38 G., 36 schwb. T.
8	8 33	—	42 G., 40 schwb. T.	—	—
9	8 37	43	—	38	—
10	8 43	43,5	—	37	—
11	8 45	—	—	—	36 G., 34 T.
12	8 47	—	Phänomen $\alpha$	—	—
13	8 50	—	{ [39-40 dumpf. T. 20-25 kaum G.] }	—	—
14	8 55	—		—	—

In der That ist der Endapparat des motorischen Nerven ermüdet (was an den Präparaten von Sommerfröschen ziemlich bald eintritt), so tritt das Umgekehrte auf, d. h. der Nerventon lässt sich im Telephon bei so schwachen Reizen hören, welche noch nicht im Stande sind, einen Effect am Muskel zu erzeugen.

Nr. der Beobacht.	Zeit	Reizschwelle I		Reizschwelle II	
		nach Muskel	nach Telephon	nach Muskel	nach Telephon
15	h ' 8 57	42	{ [20-39 kein T. 41 kaum G.] }	—	—
16	8 59	—		35	34 G., 33 schwb. T.
17	9 3	keine Zuck.	kein T.	—	—
18	9 7	—	—	33	33 schwb. G., 31 T.
19	9 10	" "	kein T.	32,5	—
20	9 17	" "	"	32	32 G.
21	9 22	Die narkotisirte Strecke mit Carbolsäure 5 % bepinselt.			Die unipol. Wirkungen sind bei R.-A. 20 wahrnehmbar.
	9 26	—	—	keine Zuck.	

Es ist also das Phänomen  $\alpha$  49', das Phänomen  $\delta$  57' nach Anfang der Giftwirkung eingetreten. Nachdem die narkotisirte Strecke ganz undurchdringlich für die Impulse von I (Beob. 17) geworden, ist die Reizbarkeit dieser Strecke noch nicht zu viel gesunken (von R.-A. 43 zu R.-A. 33).

**Protokoll II** hat dieselbe Aufgabe, wie das vorangehende.

HCl-Cocain 0,2 %.

Bemerkung. Der Schwellenwerth von I steigt hier während des Versuchs immer mehr (wenn auch viel langsamer als derselbe von II), was eine seltene Ausnahme darstellt und möglicherweise seine Ursache in spontanen Veränderungen am oberen Ende des Nerven findet.

Nr. der Beobacht.	Zeit	Reizschwelle I		Reizschwelle II	
		nach Muskel	nach Telephon	nach Muskel	nach Telephon
1	h ' 8 7	49	49 G., 47 schwb. T.	40	39 G., 38 T.-G.
2	8 16	49	—	41,5	—
Cocain 0,2 %					
3	8 17	—	—	—	—
4	8 19	46	—	40	—
5	8 21	46	—	40	—
6	8 30	45,5	—	39	—
7	8 31	—	42 zitternder T.	—	37 G.
8	8 36	—	43 G.	—	35 G.
9	8 42	44	—	36	—
10	8 49	44	—	35	—
11	8 52	—	43 G.-T.	—	32 G., 30 T.
12	9 2	42,5	—	34	—
13	9 10	42	—	34	—
14	9 18	42	42 G.-T.	—	32 schwb. G.
15	9 32	42	—	33	—
16	9 48	42,5	—	34	—
17	9 52	—	42 G.	—	32 schwb. G.
18	9 59	42	—	33	—
19	10 17	41	—	32,5	—
20	10 19	—	—	—	31 schwb. T.

Nr. der Beobacht.	Zeit	Reizschwelle I		Reizschwelle II	
		nach Muskel	nach Telephon	nach Muskel	nach Telephon
20	<sup>h</sup> 10 <sup>'</sup> 20	—	[NB. 25-30 T. nur zu Anfang der Reizung, dann Geräusch, 35 dauernder Ton]	—	—
21	10 23	—	[25-35 T. nur zu Anfang der Reizung, 37-39 ziemlich gleichmässiger Ton]	—	—
22	10 26	Phänomen $\gamma$ [Opt. bei 36-37]	—	—	—
23	10 30	Dasselbe	—	—	—
24	10 35	—	[NB. 37 dauernder Ton, 20-28 Anfangs-Ton und dann nichts.	—	—
25	10 37	—	36-37 T., dann G., 38-39 gleichmässig dauernder zitternder T.	—	—
26	10 39	—	20-25 Anfangs-T., dann nichts; 37-38 zitternder T., 36 stärkerer, aber schneller verschwindender T.]	—	—
27	10 45	39,5	—	31	—

Der Versuch ist unterbrochen vor dem Eintreten des Stadiums der aufgehobenen Leitung.

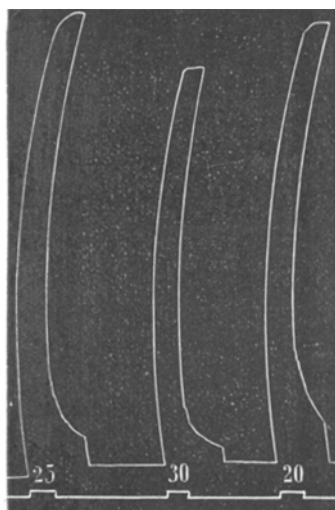
**Protokoll III** hat zum Zweck, durch eine Reihe von Myogrammen die allmähliche Entwicklung der Phänomene  $\beta$  und  $\gamma$  darzustellen.

HCl-Cocain 0,5 %.

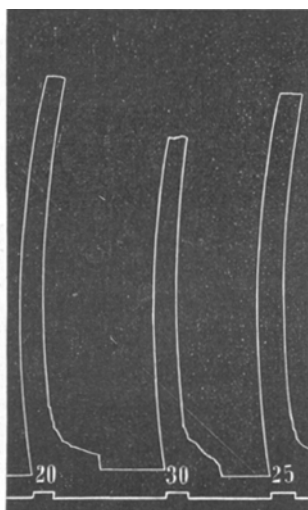
Bemerkung. Für die Reizung I und für die Reizung II dienten zwei gesonderte Inductionsapparate, und zwar war der zweite Apparat stärker und mit Halske'schem Unterbrecher im primären Kreise.

Nr. der Beobacht.	Zeit	Reizschwelle I		Reizschwelle II nach Muskel
		nach Muskel	nach Telephon	
1	<sup>h</sup> 11 <sup>'</sup> 59	34	—	43
2	12 3	—	33 G., 30 T.	—
3	12 6	Myogr. 8	—	—
4	12 12	—	—	43
	12 14		Cocain 0,5 %	
5	12 16	—	—	42
6	12 17	—	—	40
7	12 19	—	—	39
8	12 22	34,5	—	37
9	12 23	Myogr. 9	—	—
10	12 25	34	—	36
11	12 27	Myogr. 10	—	—
12	12 29	—	—	35

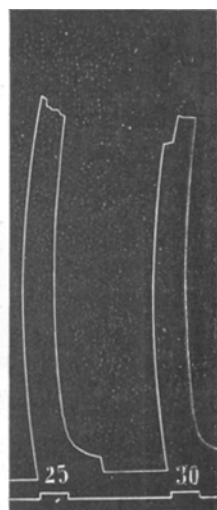
Nr. der Beobacht.	Zeit	Reizschwelle I		Reizschwelle II nach Muskel
		nach Muskel	nach Telephon	
13	h 12 32	Myogr. 11	—	—
14	12 38	" 12	—	—
15	12 48	" 13	—	—
16	12 50	33	—	34
17	12 55	32,5	—	33
18	12 57	Myogr. 14	—	—
19	1 2	—	—	32,5
20	1 15	—	—	32



Myogramm 8.



Myogramm 9.



Myogramm 10.

Myogramm 8 ist vor Anfang der Narkose eingeschrieben. Die mässigen Reize (30) erzeugen, wie gewöhnlich im Norm, einen niedrigeren Tetanus als die starken Reize (25 oder 20).

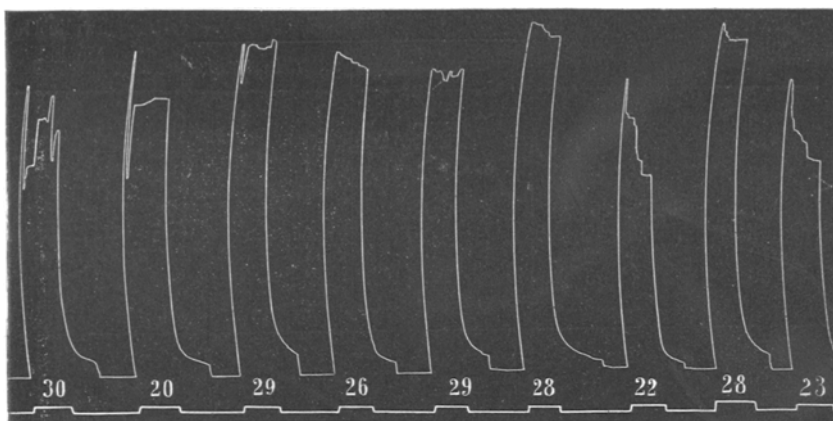
Myogramm 9. 9' nach Anfang der Cocainwirkung. Tetanische Contractionen werden niedriger, aber das Verhältniss zu der Reizintensität bleibt noch normal.

Myogramm 10. Die starken (25) und die mässigen (30) Reize geben beinahe gleich hohe Tetani; Annäherung an das Phänomen  $\beta$ .

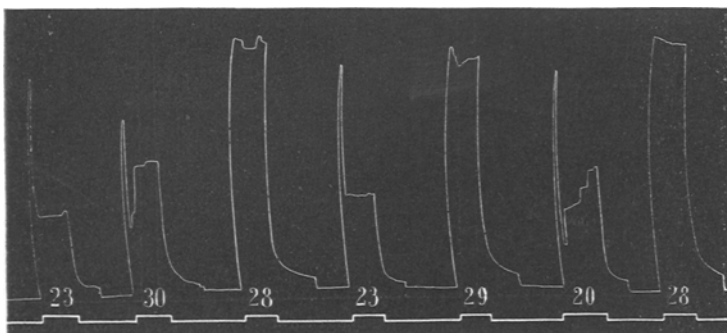
Myogramm 11 lässt als Optimum-Intensität den R.-A. 28 hervortreten. Sowohl die stärkeren als auch die schwächeren Reize verrathen eine Abnahme der Tetanushöhe.

Myogramm 12. Optimum bleibt bei R.-A. 28; die starken Reize erzeugen schon Contractionen, die eine ausgesprochene Neigung zeigen, in Anfangszuckung überzugehen.

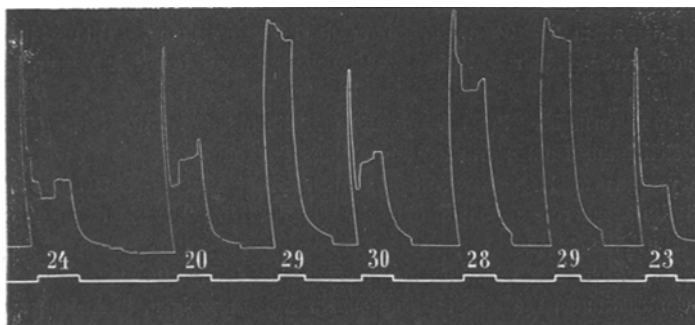
Myogramm 13. Optimum-Intensität ist zu R.-A. 29 übergegangen.



Myogramm 11.

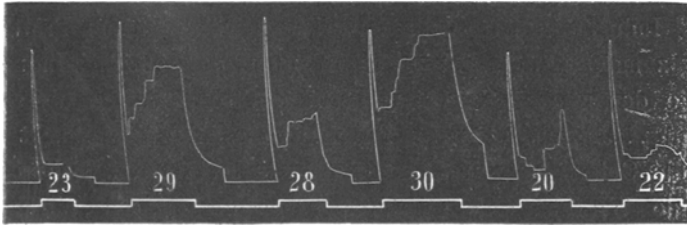


Myogramm 12.



Myogramm 13.

Myogramm 14. Optimum ist zu einer noch schwächeren Intensität (30) verschoben; die starken Reize geben Anfangszuckungen. Phänomen  $\gamma$ .



Myogramm 14.

#### IV. Sind die Veränderungen der Reizbarkeit im narkotisirten Nerven so einfach, wie bisher angenommen?

Wie oben gesagt, sind die Erfolge der Reizung der narkotisirten Strecke (II) sehr einfach, indem sie nur eine allmähliche Herabsetzung der Reizbarkeit beobachten lassen. Das ist aber nur für die Fälle maassgebend, wo auf den Nerven die tetanisirenden Inductionsströme einwirken, derer Oeffnungsschläge absteigende Richtung haben; findet das Umgekehrte statt, so sind die beobachteten Erscheinungen ebenso complicirt wie für den Fall der Reizung I.

Eine methodologische Bemerkung. Da ich während dieser Versuche in meinen Händen keine tetanisirende Vorrichtung hatte, welche mir sicher (ohne etwaige Unregelmässigkeiten) eine Art der Inductionsströme auszuschliessen gestattete, und da es aus theoretischen Gründen für mich von Interesse war, die Inductionsströme der einen und der anderen Richtung zu Probe zu stellen, so bediente ich mich eines Inductionsapparates, wo die Oeffnungs- und Schliessungsschläge nicht nur keine Ausgleichung, sondern eine grosse Differenz in ihrer reizenden Wirkung hatten. So begann z. B. bei einzelnen Schlägen der Schliessungs-Inductionsstrom den normalen Nerven nur bei dem Rollenabstande 30 cm zu reizen, während der Oeffnungs-Inductionsstrom schon bei 45 cm Zuckungen hervorrief. Wenn ich also auch mit den tetanisirenden Strömen zu thun hatte, so könnte ich annehmen, dass es sich in gewissen Grenzen oberhalb der von mir gefundenen Reizschwelle nur um die reizende Wirkung der Oeffnungs-Inductionsströme handelte. Vielleicht war dabei noch ein Vortheil, weil bei der Reizung mit solchen wechselnden Strömen die möglichen kataphorischen und elektrotonischen Wirkungen sich gegen-

seitig stets compensiren, und zugleich wissen wir, wo in gewissen Grenzen der Reizintensität der wirksame Pol (Kathode) liegt. Jedenfalls mit Rücksicht darauf ist es möglich, von der Wirkung der  $\uparrow$  oder  $\downarrow$  Inductionsströme zu reden. Wenn ich in meinen Protokollen die Reizung O-S  $\downarrow$  angebe, soll das bedeuten: die Oeffnungs-Inductionsschläge der wechselnden tetanisirenden Ströme haben absteigende Richtung. Jedoch in vielen Fällen, wo es mir in Verdacht stand, dass die Oeffnungs-Inductionsströme einer bestimmten Richtung ihre reizende Wirkung schon verloren haben und in der Wirklichkeit bloss die Schliessungsschläge der entgegengesetzten Richtung die beobachteten Erfolge hervorrufen könnten, machte ich Controlprobe, indem ich nur mit einzelnen Schlägen der einen und der anderen Art den Nerv reizte.

Tetanisirt man die narkotisirte Nervenstrecke abwechselnd mit den Inductionsströmen der absteigenden (O-S  $\downarrow$ ) und der aufsteigenden (O-S  $\uparrow$ ) Richtung, so ist folgender Unterschied in den Erfolgen zu beobachten: während der ersten Zeit der Giftwirkung steigt der Schwellenwerth für die aufsteigenden Ströme langsamer als für die absteigenden, d. h. die Herabsetzung der Reizbarkeit für aufsteigende Ströme bleibt im Vergleich mit derjenigen der absteigenden Ströme zurück (ungefähr 2—5 cm der Reizscala; Phänomen  $\epsilon$ , Protokoll IV und Beob. 2—16 in Protokoll X.)

Später aber, seit einem gewissen Momente der Giftwirkung, erfährt die Reizbarkeit für  $\uparrow$  Inductionsströme ein Hinstürzen, indem die Reizschwelle in Zeit von einigen Minuten z. B. von R—A 35 zu R—A 19 übergeht (Phänomen  $\zeta$ , Protokoll IV). In Wirklichkeit ist diese neue Reizschwelle noch diejenige der Schliessungs-Inductionsströme, d. h. sogar bei diesem Rollenabstand gehört die erregende Wirkung doch den absteigenden, nicht den aufsteigenden Strömen.

Wie kann man diese Phänomene erklären? Die Zusammenstellung der Phänomene  $\epsilon$  und  $\zeta$  führt mich zu folgender Vermuthung: die Abnahme der Reizbarkeit schreitet in der narkotisirten Strecke wahrscheinlich ganz parallel für die Ströme der einen und der anderen Richtung; es könnten bloss die Veränderungen in der Leitungsfähigkeit dem eben angeführten Unterschiede zu Grunde liegen. In der That entsteht bei dem aufsteigenden Strome die Erregung an der Elektrode  $c$ , bei dem absteigenden an  $d$ ; die Erregungsschwelle hat also im ersten Falle eine längere veränderte

Strecke als im zweiten zu passiren. Die Veränderungen aber sollten in den zu vergleichenden Stadien einen ganz entgegengesetzten Sinn haben, indem die Erregungswelle auf ihrem Fortpflanzungswege im ersten Stadium etwa gewinnen, im letzteren dagegen mehr oder weniger verlieren müsste. Dass eine Art des lawinenartigen Anschwellens nicht als Fortbestehen der normalen Verhältnisse nach Szpilmann und Luchsinger, sondern als ein den ersten Phasen der Giftwirkung zugehöriger Process sehr wahrscheinlich ist, ist auch aus dem unter III Gesagten zu sehen; dass im späteren Stadium die Verlängerung der narkotisirten Strecke um je 1 mm ein vermehrtes Hinderniss der Erregungsfortpflanzung schafft, ist durch die Arbeit von Tiber<sup>1)</sup> in meinem Laboratorium gut angedeutet und durch die Untersuchung von Werigo streng bewiesen (im Gegensatz zu den Angaben von Gad und Sawyer, vergl. bei Werigo in Pflüger's Archiv t. 76 p. 584).

Damit wäre aber die Sache noch nicht fertig. In Wirklichkeit geschieht der Uebergang von  $\varepsilon$  zu  $\zeta$  nicht plötzlich. Wie bei der Reizung *I*, so kann man auch bei der Reizung *II* mit den aufsteigenden Strömen, bevor diese Ströme ihre reizende Wirkung verlieren, eine dem Phänomen  $\gamma$  ähnliche Erscheinung beobachten: weniger starke aufsteigende Inductionsströme erzeugen noch energische tetanische Contractionen des Muskels, während mehr starke Ströme entweder nur eine Anfangszuckung oder gar nichts geben (Phänomen  $\eta$ , Myogramme 15 u. 16). Treibt man die Intensität der Reize noch weiter, so treten wieder starke Tetani hervor, die letzteren aber verdanken schon der reizenden Wirkung der Schliessungs-Inductionsströme, d. h. eigentlich hier auch den Strömen der absteigenden Richtungen, wie die Probe der Reizung mit einzelnen Inductionsschlägen zeigt<sup>2)</sup>.

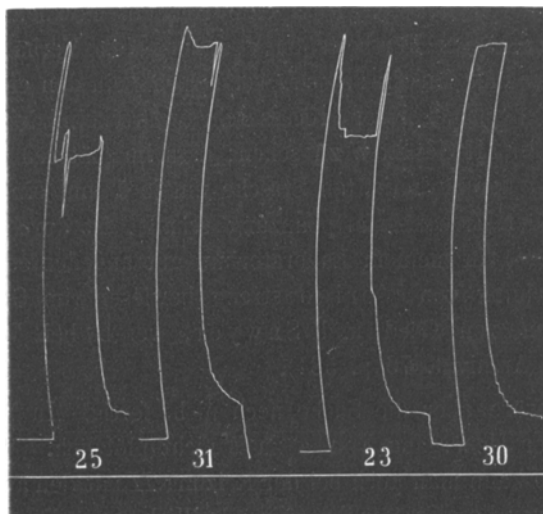
---

1) Tiber, Travaux de la Société impériale des naturalistes de St. Pétersbourg, t. XXV, p. 19—40.

2) In gewissen Fällen, nämlich bei einer schlechten Isolation, können auch Inductionsströme der aufsteigenden Richtung bei einer zu hohen Intensität von Neuem ihre reizenden Erfolge hervornehmen; das ist dennoch den unipolaren Einwirkungen zuzuschreiben. In der That berührt man mit der Hand einen der reizzuführenden Drähte auf irgend einem entblösten Punkte seines Verlaufs, so sieht man gleich ein Verstärken resp. ein Abschwächen der Muskelcontractionen, je nachdem, welche von zweien Drähten zur Erde abgeleitet wird.

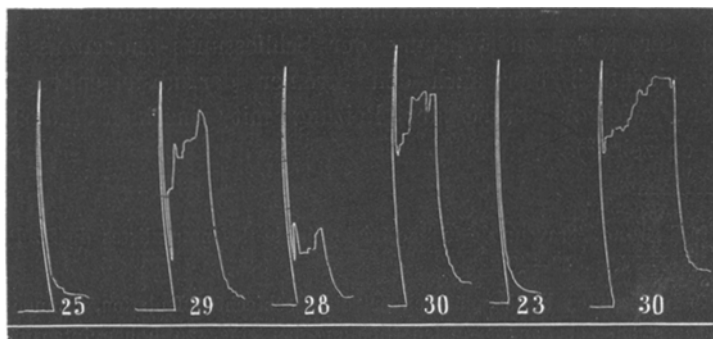
Myogramme 15 und 16. Phänomen  $\eta$ .

HCl-Cocain 0,5. Reizung II mit  $\uparrow$  O.-S., vermittelt eines Inductionsapparates mit dem Halske'schen Unterbrecher. Die Reizschwelle zu Anfang des Versuchs war bei B.-A. 43.



Myogramm 15.

Myogramm 15 wurde nach 30' von Anfang der Giftwirkung gezeichnet. Jetzt ist Reizschwelle bei 35. Die starken Reize (25 und 23) erzeugen schon niedrigere Tetani als die mässigeren (31 und 30).



Myogramm 16.

Myogramm 16. In 9' nach dem vorangehenden. Die Reizschwelle ist zu 34 gestiegen. Starke Reize geben nun nur Anfangszuckungen, die mässigeren immer noch tetanische Contractionen.

Für das letzte Phänomen ist die oben angedeutete Erklärung schon nicht ausreichend; wollen wir mit ihr bleiben, so müssen wir dazu noch einen Zusatz machen, nämlich, dass in diesem Uebergangsstadium die Erregungswelle einer desto grösseren Hinderung für ihren Durchgang begegnet (oder sie selbst für sich schafft?), je stärker sie ist. Jedoch wäre es vielleicht auch möglich, eine Erklärung für alle diese Phänomene auf einem ganz anderen Wege zu suchen, nämlich auf dem, welcher für die Interpretation der verschieden reizenden Wirkung der abterminalen und atterminalen Ströme in der Nähe des Nervenquerschnittes vorgeschlagen ist. Indem ich die definitive Auswahl zwischen verschiedenen Möglichkeiten bis auf meine weiteren Untersuchungen verschiebe, bemerke ich nur, dass die erste Vermuthung auch eine Unterstützung in den analogen Erscheinungen, die durch die Reizung *I* hervorgerufen werden, zu seinen Gunsten hat, ja, die Phänomene  $\gamma$  und  $\eta$  eine unverkennbare Aehnlichkeit haben, wie auch der ganze Verlauf der Erscheinungen einerseits bei der Reizung *II* mit den aufsteigenden Strömen und andererseits bei der Reizung *I*, wo nur von Veränderungen im Leitungsvorgange, keineswegs von Veränderungen der Reizbarkeit die Rede sein kann.

Jedoch mit Rücksicht darauf, dass die zu vergleichenden Phänomene eine grosse theoretische Tragweite für die Lehre von der Reizbarkeit und Leitungsfähigkeit im Allgemeinen möglicher Weise gewinnen können, muss man einige Unterschiede zwischen den beiden Reihen der Erscheinungen genauer besprechen.

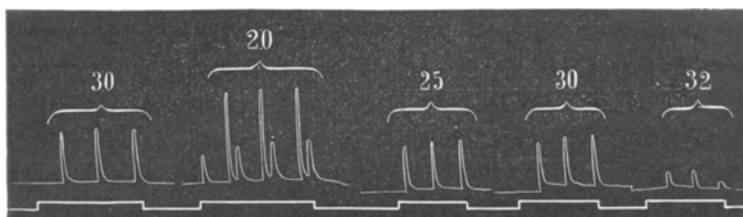
a) Während für die bei der Reizung *I* beobachteten Phänomene eine oder andere Richtung der reizenden Ströme keine Rolle spielt (sie ist nur maassgebend für den initialen Schwellenwerth und für die mit Rücksicht darauf später anzuwendenden Reizintensitäten), lassen sich, wie gesagt, die eben beschriebenen Erscheinungen nur durch die aufsteigenden Inductionsströme hervorrufen. Es gelang mir kein einziges Mal, bei Anwendung der absteigenden Ströme ein dem Phänomen  $\eta$  ähnliches Phänomen zu beobachten. Wenn aber das Wesentliche dieses Phänomens nur im Anwachsen einer Leitungsveränderung bis zu einem gewissen Grade bestehen sollte, so müsste, wie es scheint, bei weiteren Phasen der Vergiftung ein solcher Moment auch für die absteigenden Ströme eintreten. Jedoch kann ich nicht von vornherein absagen, dass bei genaueren Nachsuchungen und bei bedeutender Verlängerung der narkotisirten Strecke unterhalb der Elektrode *d* etwas dem Entsprechendes nicht zu Stande kommen werde.

b) Die wirksamen Reize erzeugen durchschnittlich im Phänomen  $\eta$  mehr energischen Tetani als im Phänomen  $\gamma$  (wenn also in beiden Fällen die stärkeren Reize erfolglos werden). Das ist nur ein quantitativer Unterschied; er fiel mir indessen öfters auf und hat möglicher Weise für sich einen tiefer liegenden Grund.

c) Während für das Zustandekommen des Phänomens  $\gamma$  die Reizfrequenz eine wichtige Rolle hat, da dies Phänomen mit den selteneren tetanisierenden Reizen schwerer und später, mit den einzelnen Reizen nur in einer kaum fassbaren Form auftritt, lässt sich das Phänomen  $\eta$  auch mit den einzelnen Inductionsschlägen gut constatiren.

Myogramme 17—19. Phänomen  $\eta$  bei einzelnen Reizen (Metronom).

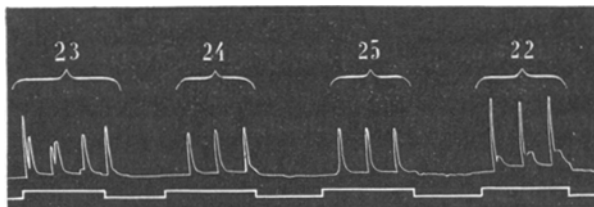
HCl-Cocain 0,5 %, die Reizschwelle zu Anfang des Versuchs für  $\uparrow$  Oeffnungs-Inductionsschläge bei R.-A. 49.



Myogramm 17.

Myogramm 17. In 27' von Anfang der Cocainwirkung an. Die Reizschwelle ist jetzt bei 35.

Die  $\uparrow$  O.-I.S. geben die höchsten Zuckungen bei 30; bei 20 erzeugen sie niedrigere Zuckungen, während die bei anderen angegebenen Zahlen unwirksame  $\downarrow$  S.-I.S. bei diesem R.-A. schon sehr hohe Zuckungen hervorrufen.

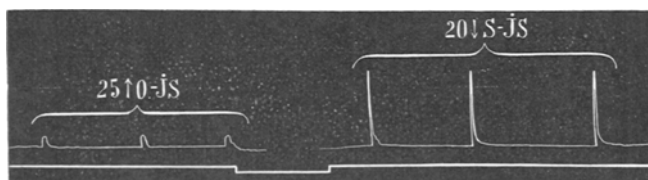


Myogramm 18.

Myogramm 18. In 3' nach dem vorangehenden. Bei 24 und 25 sind nur die  $\uparrow$  O.-I.S. wirksam; bei 22 erzeugen dieselben nur sehr kleine, während  $\downarrow$  S.-I.S. sehr hohe Zuckungen; bei 23 — wechselnde Erfolge der  $\uparrow$  O.-I.S. und  $\downarrow$  S.-I.S.

Myogramm 19. In 10' nach dem 17. Myogramme.

Die Schliessungen und Oeffnungen des primären Kreises werden in längeren Intervallen von der Hand ausgeführt. Bei 25 sind nur  $\uparrow$  O.-I.S. wirksam; sie geben jetzt sehr schwache Zuckungen. Bei 20 sind nur  $\downarrow$  S.-I.S. wirksam, während  $\uparrow$  O.-I.S. ohne Erfolg bleiben.



Myogramm 19.

Die notirten Unterschiede, und zwar besonders die zwei letzteren, lassen mich glauben, dass wir im Phänomen  $\gamma$  mit einer complicirten Erscheinung zu thun haben. Es könnte einerseits, wie das Phänomen  $\gamma$ , auf einer Leitungsveränderung, andererseits aber auch auf einem besonderen Verhalten des in dieses Stadium der Vergiftung eingetroffenen Nerven zu den polaren Wirkungen des Stromes basiren. Ich stellte einige Versuche in dieser Richtung, wie z. B. mit der unipolaren Narkose (d. h. als der Nerv nur unter einer Elektrode vergiftet war, während die andere Elektrode auf einen unvergifteten Punkt fiel) an; jedoch würde ausführliche Erörterung derselben mich weit von meiner gegenwärtigen Aufgabe ablenken, da diese Abhandlung bloss eine allgemeine Orientirung in den hier hervortretenden Erscheinungen beabsichtigt.

**Protokoll IV** soll die vergleichende Reizbarkeit der narkotischen Strecke für die absteigenden und aufsteigenden Inductionsströme veranschaulichen, wie auch die zeitlichen Verhältnisse der durch die Reizung II hervorgerufenen Phänomene zu denjenigen von Reizung I. Diesem Protokoll sind die oben angeführten Myogramme 3—7, welche die Abhängigkeit des Phänomens  $\gamma$  von der Reizfrequenz demonstrieren, entnommen.

HCl-Cocain 0,5 %.

Für Reizung II dient ein besonderer und stärkerer Inductionsapparat mit Halske'schem Unterbrecher.

Nr. der Beobacht.	Zeit	Reizschwelle I		Reizschwelle II	
		nach Muskel	nach Telephon	O.-S. $\downarrow$	O.-S. $\uparrow$
1	<sup>h</sup> / 12 26	46	—	52	56,5
	12 33		Cocain 0,5 %		
2	12 35	46	—	50,5	55,5

Nr. der Beobacht.	Zeit	Reizschwelle I		Reizschwelle II	
		nach Muskel	nach Telephon	O.-S. ↓	O.-S. ↑
3	h 12 41	45,5	—	47,5	53
4	12 47	—	43 G., 40 T.	—	—
5	12 50	—	—	44	50
6	1 12	45	—	38	46
7	1 19	—	—	36,5	45
8	1 27	—	—	35,5	44
9	1 30	—	Phänomen α	—	—
10	1 42	Myogr. 3	—	—	—
11	1 49	Myogr. 4	—	34	41,5
12	1 50	Myogr. 5	—	—	—
13	1 54	46 Myogr. 6	—	—	—
14	2 2	Myogr. 7	—	—	—
15	2 27	—	—	32	40
16	2 39	44	—	—	—
17	2 41	[Einzelne Inductionsschläge beginnen bei 48,5 Zuckungen zu geben; bei 46–47 schwache, doch die möglichst starke Z.; bei 35–40 nur flimmernde Z.; bei 30 wieder etwas stärkere Z. (Schliessungs-Inductionsschläge); bei 20–25 nichts oder eine flimmernde Zuckung.]		—	—
18	2 51	42	—	—	—
19	2 52	—	—	30,5	39 [NB. Phänomen η, 37 Optimum, 33–34 kein Effect, 23 flimmernde Zuckungen. 36–38 schwacher Tetanus 23–35 kein Effect. 36–37 sehr schwache Zuck., 23–35 kein Effect, 20–22 flimmernde Zuck., 19 Tetanus.]
20	2 55	—	—	—	—
21	3 4	—	—	—	—
22	3 10	—	—	30	18

Obleich die Strecke II reizbarer für ↑, als für ↓ Ströme schon vor der Application des Giftes war, so sieht man jedoch klar, dass mit der fortschreitenden Cocainwirkung die Differenz noch viel grösser wird (Beobacht. 2—19, Phänomen ε; vgl. auch Protokoll X, Beob. 2—16). Darauf stellt sich das Phänomen η (Beob. 19—21) ein. Als dasselbe vorbei ist (Beob. 22), findet sich die Reizschwelle schon bei sehr starken Strömen (R.-A. 18); jedoch gehört in Wirklichkeit auch diese reizende Wirkung nicht den O.-I.S. ↑, sondern den S.-I.S. ↓. In der That sehen wir in der Nebenspalte, dass zu derselben Zeit die Oeffnungs-Inductionsströme der absteigenden Richtung noch bei R.-A. 30 die narkotisirte Strecke reizen.

Wäre die Giftwirkung schneller (unter Anwendung einer stärkeren Lösung), so könnten wir von den Ergebnissen der Beob. 19 direct zu denselben der Beob. 22 übergehen, d. h. wir hätten in einem solchen Falle vor uns das „Hinstürzen“ der Reizbarkeit (Phänomen ζ).

## V. Das Telephon und das Galvanometer, als Zeugen des narkotisirten Nerven verglichen.

Nachdem die vollkommene Uebereinstimmung in den Anzeigen des Muskels und des Telephons constatirt wurde, stellte ich mir die Aufgabe, die Zeugnisse des Galvanometers und des Telephons zu vergleichen.

Zwei Paar Reizelektroden waren auch hier wie in den vorangehenden Versuchen angeordnet. Zur Ableitung der Nervenströme dienten die unpolarisirbaren Thonelektroden. Die Pohl'sche Wippe ohne Kreuz gab die Möglichkeit, in jedem beliebigen Moment den Nerven entweder mit dem Telephon oder mit dem Galvanometer (aperiodische Wiedenn'sche Bussole) zu verbinden. Der für die galvanometrische Beobachtung nöthige Querschnitt wurde entweder durch die Section oder durch das Eintauchen des Nervenendes in Wasser von 60° ausgeführt. Nachdem die Wirkung des normalen Nerven auf beide physikalischen Apparate festgestellt war, bepinselte ich den Nerv mit einer der obengenannten Lösungen und beobachtete die verschiedenen Stadien der Vergiftung abwechselnd mit dem Galvanometer und mit dem Telephon.

Auch hier erhielt ich eine vollkommene Uebereinstimmung zwischen beiden Anzeigern in allen wesentlichen Punkten. In der That, eine bis auf die kleinsten Punkte reichende Uebereinstimmung zwischen beiden Methoden kann eigentlich nicht existiren, worauf ich bereits früher wiederholt hingewiesen habe, da sie verschiedene Eigenschaften der Actionsströme aufdecken: eine von ihnen gibt das summarische Resultat einer Anzahl elektrischer Schwankungen, und zwar in Abhängigkeit vom Demarkationsstrom, während die andere einen raschen Wechsel dieser Oscillationen als einen rhythmischen Process ausdrückt. Darin aber besteht das besondere Interesse ihrer parallelen Anwendung in allen Fällen, wo es sich um die innere Natur der im Nerven vor sich gehenden Prozesse handelt.

Da die Grösse der negativen Schwankung in Abhängigkeit von der Grösse des Demarkationsstromes steht, welcher selbst mit der Zeit abnimmt, so hielt ich nöthig, nicht nur die Veränderungen des Nervenstromes in Ruhe zu notiren, sondern auch die Narkose des Nerven etwas zu beschleunigen. Zu diesem Zweck benutzte ich jetzt stärkere Lösungen (Cocain 0,5—1%, Chloralhydrat 2%), als es in der ersten Reihe der Versuche der Fall war. Uebrigens wusste ich

aus den vorhergehenden Versuchen, dass mit solchen Lösungen die Vergiftung des Nerven bis zu dem Momente, wo die Undurchdringlichkeit für die Erregungen I eintritt, so ungefähr 15 bis 30 Minuten erfordert. Ich wurde gezwungen, mich mit dieser Frist zu begnügen und mit Rücksicht darauf für jeden Versuch ein fertiges Programm der bevorstehenden Beobachtungen zu combiniren.

Da die Ablenkungen des Magnetes der aperiodischen Bussole langsam sind, so stellte ich den Schwellenwerth nur telephonisch fest, am Galvanometer bestimmte ich die Grösse der negativen Schwankung bei zwei oder drei verschiedenen Reizintensitäten. Dabei widmete ich ein grösseres Interesse einer Intensität, öfter dem R—A. 25, weil die Inductionsströme dieser Intensität, trotz verschiedener anfänglichen Reizbarkeit der Punkte I und II, für beide als starke Reize gelten konnten, und ausserdem versprach mir diese Intensität am geeignetsten die kritischen Momente des Versuchs (nämlich einerseits die Herabsetzung der Reizbarkeit für II und andererseits die Hinderung der Leitung für die in I entstandenen Impulse) zu demonstrieren. Um den Vergleich der zu dieser Reizstärke gehörigen Zahlen zu erleichtern, sind die letzteren in meinen Protokollen fettgedruckt.

Vor Allem ist folgendes Ergebniss dieser Versuche anzuführen: wenn man für die Reizung starke Ströme anwendet, so lässt die Vergiftung von Anfang an ziemlich parallel die Grösse der negativen Schwankung sowohl für II als auch für I fallen (Phänomen 9). Mit anderen Worten, wenn man die galvanometrischen Angaben mit Hülfe der angenommenen Terminologie ausdrückt, so ist anzunehmen, dass die starken Reize eine annähernd parallele Senkung sowohl der Reizbarkeit als auch der Leitungsfähigkeit zeigen. Solch ein Ergebniss wäre vollständig unbegreiflich und würde mit den Ergebnissen des Muskels bei der Application der minimalen Reize in schreiendem Widerspruch stehen; wir sind aber dank den Zeugnissen des Telephons und auch dank der grösseren Aufrichtigkeit des Muskels schon vollständig darauf vorbereitet. Man darf sogar die Sachlage so ausdrücken: nachdem das Telephon und der Muskel das Geheimniss ausgeplaudert haben, so geht das Galvanometer in seiner Aussage noch weiter. In der That beginnt es ein Sinken des Leitungsvermögens schon von Anfang der Giftwirkung an, sobald die Reizbarkeit der Vergiftungsstrecke eine merkliche Herabsetzung erduldet, anzuzeigen; dagegen sind das Telephon und

der Muskel im Stande, ein deutliches Zeugniß davon erst dann abzulegen, wenn das Leitungsvermögen schon ziemlich tief verändert ist. Dies ist ja leicht verständlich, weil die Abnahme der Intensität des musikalischen Tones mit dem gleichzeitigen Hervortreten der Nebengeräusche nur dann im Telephon unzweifelhaft zu constatiren ist, wenn der Process ziemlich weit fortgeschritten ist; andererseits ist bekanntlich auch der Muskel in weiten Grenzen der maximalen Reize den Veränderungen der Reizintensität gegenüber ganz unempfindlich. Ausserdem zeigt der Endapparat des motorischen Nerven ein so complicirtes Verhältniss zu der Frequenz und der Intensität der tetanisirenden Ströme [wie z. B. eine Verstärkung seiner Contractionen nach der Abnahme der Intensität, resp. nach der Verminderung der Frequenz der reizenden Ströme<sup>1)</sup>], dass ich einstweilen keine Aussicht hatte, die allerersten Stadien der Leitungsveränderung durch Muskelcontractionen nachzuweisen. Der zu Rede stehende Fall zeigt uns noch einmal, und zwar in einer sehr lehrreichen Form, wie es vortheilhaft ist, bei Studien des Nerven die muskulären Zeugnisse durch andere Methoden zu controliren. In der That führte in diesem Falle die Beobachtung der minimalen muskulären Reizerfolge zu ganz falschen Schlüssen, indem sie zunächst eine lange unverändert bleibende und später „plötzlich“ verschwindende Leitung der narkotisirten Strecke zuschreiben liess. Aber auch unter Anwendung der stärkeren Reize könnte der Muskel die mehr brauchbaren Resultate nur nach dem Zuflüstern des Telephons geben; nur dann deponirten die beiden Anzeiger einstimmig, dass die Veränderung in der Leitung viel früher, als bis jetzt angenommen, beginnt, und dass das Verschwinden der Leitung nachher gar nicht „plötzlich“ geschieht. Jedoch ist nur das Galvanometer im Stande, den eigentlichen Anfang der Leitungsveränderungen anzugeben; dasselbe machte es aber so schnell und so einfach nur deshalb, weil das Gebiet des Processes durch die zwei vorhergehenden Methoden schon vorbereitet und bearbeitet worden war; ja, diese zwei Methoden haben wohl darauf hingewiesen, die Lösung der Frage vor Allem unter Anwendung von stärkeren Reizen zu suchen. Ohne dies könnten die Ergebnisse des Galvanometers schwerlich eine fassbare und verständliche Form erhalten. In der That, Pio-

---

1) Wedensky, Dieses Archiv Bd. 37 S. 69. — Ueber die Beziehungen zwischen Reizung und Erregung im Tetanus. Mit XIII Tafeln. St. Petersburg 1886.

trowsky stellte vor mir die galvanometrische Untersuchung in den Dienst dieser Frage; wenn sie ihm keine endgültigen Schlüsse zu ziehen gestattete, so lag der Grund, wie ich glaube, bloss in dem Umstande, dass es ihm dabei an manchen guten Vorhersagen mangelte.

Für die weiteren Stadien der Vergiftung bringt die galvanometrische Methode nichts Neues hervor; sie bestätigt nur die Ergebnisse der zwei ersten Methoden. Sie gibt nämlich nachher eine dem telephonischen Phänomen  $\alpha$  parallele Erscheinung: für die Reizung I tritt ein solcher Moment ein, wo die Inductionsströme von sehr verschiedener Intensität nur eine sehr kleine negative Schwankung (2—3 Theilstriche der Scala der Spiegelbussole) hervorrufen (Phänomen  $\iota$ )<sup>1)</sup>.

Bald darauf hört die Reizung I gänzlich auf, jedwede Schwankungen zu geben, was auch mit dem telephonischen Stadium der aufgehobenen Leitung vollkommen zusammenfällt. Für die Strecke II bleiben die stärkeren Inductionsströme noch ziemlich lange wirksam, d. h. sie bewirken negative Schwankungen einer verminderten, doch jedenfalls ansehnlichen Grösse (Stadium der rest. Reizbarkeit). Für diese (d. h. vergiftete) Strecke ist ein vollkommener Parallelismus zwischen den Angaben dieser beiden Indicatoren sehr charakteristisch. In dem Maasse, als hier die Reizbarkeit fällt, verlieren gewisse Reize gleichzeitig ihre Fähigkeit, irgend welche Effecte wie am Telephon, so auch am Galvanometer hervorzurufen; so dass, wenn wir in einem gewissen Momente der Vergiftung die Reizschwelle telephonisch aufsuchen, sie sicherlich auch für das Galvanometer geltend sein wird.

Zu den Protokollen. Wenn der Demarcationsstrom stark war, compensirte ich denselben, um negative Schwankung zu beobachten. Ich gebe jedoch in meinen Protokollen die Grösse des Demarcationsstromes immer in Theilstrichen der Galvanometerscala an, um eine und dieselbe Art von Einheiten auch dann zu behalten, wo die Compensationsmethode nicht nöthig wird.

---

1) Es kam mir bisher nicht vor, solch einen Moment zu treffen, wo eine starke Reizung von I schon keine und eine mässige Reizung dagegen noch eine gut wahrnehmbare Schwankung erscheinen liess. Eine specielle Nachsuchung in dieser Richtung wurde von mir einstweilen nicht vorgenommen, da das aperiodische Galvanometer nur sehr langsam seine Ablenkungen ausführt, und mit dem Capillar-Elektrometer machte ich bisher noch keine Versuche. Doch sind mir einige Fälle vorgekommen, wo die mässigen Reize eine grössere negative Schwankung als die stärkeren beobachten liessen.

Der Nerv wurde jedesmal gerade bis zum Erreichen der maximalen der negativen Schwankung entsprechenden Ablenkung des Magnetes tetanisirt.

Als Unterbrecher des primären Stromes functionirte immer die Stimmgabel von 100 Schwingungen in 1 Secunde.

Die fettgedruckten Zahlen beziehen sich auf die Reizintensität R.-A. 25.

**Protokoll V.** HCl-Cocain 1%. 2 nn. ischiadici. Thermischer Querschnitt.

Nr. der Beobacht.	Zeit	Demark.-Strom	R.-A.	Reizung I		Reizung II	
				Negat. Schwank.	Reizschwelle nach Telephon	Negat. Schwank.	Reizschwelle nach Telephon
1	h 2 15	—	—	—	44 Ger., 40 Ton	—	32 Ger., 31 Ton
2	2 20	340	30	18	—	4	—
3	2 23	—	25	20	—	15	—
4	2 25	—	20	29	—	20	—
5	2 27	—	—	—	Cocain 1%	—	—
6	2 30	330	25	9	—	10	—
7	2 32	—	25	8	—	9	—
8	—	—	38	2	—	0	—
9	—	—	35	3	—	0	—
10	—	—	25	2	—	6	—
11	2 36	—	35	0?	—	—	—
12	—	—	25	0?	—	5	—
13	2 45	310	25	0	—	4	—
14	—	—	—	—	Kein Ton	—	27 G., 26 T.
15	2 51	300	25	0	—	3	—
16	2 54	—	20	0	—	14	—
17	2 56	295	15	0	—	16	—
18	3 6	—	20	—	—	14	—
19	—	—	—	—	—	—	25 G., 24 T.
20	3 13	—	—	—	Die cocainisirte Strecke	mit Creosot bepinselt.	—
21	3 16	—	20	—	—	0	—
22	—	—	15	—	—	0	—
23	—	—	—	—	Kein Ton	—	Spur von unipolaren Wirkungen bei R.-A. 19.

Nr. 5 und 6 kennzeichnen das Phänomen  $\vartheta$ : 3 Minuten nach Anfang der Cocainwirkung ist die negative Schwankung von I schon stark abgenommen, sogar mehr als für II.

Nr. 7—9 charakterisiren das weitere Stadium, Phänomen  $\iota$ , wo die stärkeren (25) und mässige (35 und 38) Reize ungefähr gleich grosse negative Schwankung erzeugen.

Seit Beobachtung 12 beginnt sicher für I das Stadium der aufgehobenen Leitung. Die Reizung II giebt zu dieser Zeit bei stärkerem Tetanisiren (20) noch sehr ansehnliche negative Schwankungen.

**Protokoll VI.** HCl-Cocain. 1 n. ischiadicus. Thermischer Querschnitt.

Nr. der Beobacht.	Zeit	Demark.-Strom	R.-A.	I		II	
				Neg. Schw.	Reizschwelle nach Telephon	Neg. Schw.	Reizschwelle nach Telephon
1	h / 2 30	—	—	—	46 G., 44 T.	—	32 G., 31 T.
2	2 37	270	25	27	—	20	—
3	2 44	—	30	21	—	6	—
4	2 47	252	20	29	—	27	—
	2 49				Cocain 1 %		
5	2 51	—	25	27	—	—	—
6	2 53	—	25	—	—	16	—
7	2 54	—	25	20	—	11	—
8	2 56	230	25	12	—	11	—
9	2 59	—	25	10	—	6	—
10	3 2	—	—	—	40 G. R.-A. 35-20 giebt einen schwachen unreinen Ton; der letztere wird bald auf der ganzen Scala kaum vernehm- bar	—	—
11	3 8	—	—	—	—	—	27 G., 26 schwb. T.
12	3 10	205	25	1?	—	3	—
13	3 14	—	25	0	—	4	—
14	3 17	—	25	0	—	3	—
15	3 20	—	—	—	Kein Ton	—	27 G., 26 schwb. T., 25 T.
16	3 23	190	25	—	—	2	—
17	3 25	—	20	0	—	14	—
18	3 29	—	20	—	—	12	—
19	—	—	25	—	—	2	—
20	3 32	—	—	—	—	—	25 G., 24 T.
21	3 36	170	25	—	—	2	—
22	3 39	—	20	0	—	12	—
23	3 41	—	20	—	—	12	—
	3 42				Die cocainisirte Strecke mit Creosot bepinselt		
24	3 44	—	20	—	—	0	—
25	3 45	—	15	—	—	0	—
26	3 56	—	10	—	—	0	Unipol. Wirkun- gen sind bei R.- A. 15 wahr- nehmbar.

Für I zeigt die nächste Beobachtung (Nr. 5) nach Application des Cocains eine ebenso grosse negative Schwankung wie vordem. Beobachtung Nr. 7 giebt schon eine merkliche Abnahme der negativen Schwankung an. Nr. 8—9 lassen schon das Phänomen  $\mathfrak{z}$  in einer ausgesprochenen Form beobachten. Nr. 10 charakterisirt die darauf eintretende Veränderung der Leitungsfähigkeit telephonisch.

Als die Leitungsfähigkeit für I schon ganz aufgehoben ist, erzeugt die stärkere Reizung II noch bedeutende negative Schwankungen (Nr. 17, 22 u. 23).

**Protokoll VII.** HCl-Cocain 1%. 1 n. ischiadicus. Thermischer Querschnitt.

Nr. der Beobacht.	Zeit	Demark.-Strom	R.-A.	I		II	
				Neg. Schw.	Reizschwellen nach Telephon	Neg. Schw.	Reizschwellen nach Telephon
1	h 1 11	—	—	—	42 G.	—	30 G., 29 T.
2	1 15	170	30	13	—	1—2	—
3		—	25	27(?)	—	17	—
4	1 24	155	20	22	—	18	—
5	1 28	—	25	19	—	14	—
	1 32				Cocain 1%		
6	1 35	140	25	12	—	9	—
7	1 37	—	25	5	—	6	—
8		—	30	4	—	—	—
9		—	35	1—2	—	—	—
10		—	40	3	—	—	—
11		—	25	2—3	—	—	—
12	1 42	—	20	1—2	—	—	—
13		—	40	1?	—	—	—
14		—	30	2	—	—	—
15		—	20	1?	—	—	—
16	1 48	—	25	1?	—	3	—
17	1 55	—	—	—	Kein Ton	—	27 G., 25 T.
18	1 58	125	25	0	—	2—3	—
19	2 00	—	20	0	—	16	—
20		114	25	0	—	2	—
	2 8				Kreosot		
21	2 11	—	20	—	—	4	—
22	2 12	—	—	—	—	0	—
23	2 13	—	15	—	—	0	—
24	2 14	—	10	—	—	0	—

Derselbe Verlauf der Erscheinungen wie in Protokoll V. Das dem Phänomen *t* entsprechende Stadium ist ausführlicher verfolgt (Nr. 8—14).

## VI. Das Galvanometer und der Muskel als Zeugen des Nerven verglichen.

Um die Angaben des Muskels und des Galvanometers noch näher zusammenzustellen, unternahm ich noch eine neue Reihe von Versuchen; in letzteren wurde die Nervenstrecke *gt* vom Anfang an auf die unpolarisierbaren Elektroden gelegt, sie blieb aber bis zu einer gewissen Zeit in normaler Verbindung mit dem Muskel; somit wurde zunächst die Untersuchung nach den Anzeigen des Muskels und des Telephons geführt. Nachdem es mir gelungen war, die Vergiftung bis zu einem mich interessirenden Stadium fortschreiten zu lassen, tötete ich den Nerven auf der Höhe der ableitenden Elektrode *t*

mit Kreosot, und auf diese Weise war es möglich, ohne die physikalische Integrität des Nerven zu unterbrechen und ohne etwas in der Anordnung der Reizelektroden zu verändern, meine weiteren Beobachtungen mit dem Galvanometer und dem Telephon fortzusetzen.

Die Ergebnisse dieser neuen Versuche stimmten vollkommen mit denjenigen der vorangehenden überein, d. h. das Galvanometer zeigte niemals eine negative Schwankung, wenn der Muskel unmittelbar vorher auf diese oder jene Reize nicht mehr reagierte. Wenn aber der Muskel durch das Galvanometer in einem solchen Stadium substituiert wurde, wo er keine Contractionen mehr unter der Reizung I gab und auf die Reizung II vermittelt starker Ströme reagierte, so beantwortete auch das Galvanometer nur diese letztere durch eine negative Schwankung, oder es zeigte sogar eine einem noch späteren Stadium entsprechende Reaction (z. B. bei noch etwas stärkerer Reizung II). Das ist ja wohl ganz verständlich, da die Bildung des Demarcationsstromes, sei es auf chemischem oder mechanischem Wege, sogar bei einer schnellen Ausführung der entsprechenden Manipulationen wohl eine gewisse Zeit erfordert, in deren Verlaufe ja die Einwirkung des Giftes fortschreiten kann.

Ich gebe hier keine Beispiele, da diese Versuche in ihrer ersten Hälfte nur eine Wiederholung derjenigen Erscheinungen, die in den Protokollen I—III dargestellt sind, geben könnten, in ihrer zweiten Hälfte nur entweder die Notizen „kein Effect“, oder die das Ende der Protokolle V—VII kennzeichnenden Zahlen haben könnten.

## VII. Erzeugt die Chloralose etwas Besonderes im Nerven?

Nachdem ich in der Wirkung von drei untersuchten chemischen Substanzen auf den Nerven vollkommen orientirt worden war, musste ich mir die Frage stellen: ob die Chloralose etwas wesentlich Verschiedenes bei ihrer Einwirkung ausüben könnte?

In dem citirten Versuche von Herzen mit dieser Substanz könnten folgende Momente eine Rolle spielen:

- a) Das Austrocknen des Nerven in Folge der Einbettung in das hygroskopische Pulver, mit allen sich daraus ergebenden Folgen, was ich schon oben angedeutet habe.
- b) Die Vergiftung der Endplatten des Nerven durch resorbierte und auf dem Umwege wirkende Chloralose, was zur Folge

hätte, dass die in Bezug auf die Gifte empfindlicheren Nervenplatten früher vergiftet sein könnten, als der Nervenstamm in Wirklichkeit, nicht nur dem Anschein nach der Vergiftung verfallen wäre.

- c) Der Rest Reizbarkeit der chloralisierten Strecke, welcher nicht zur Geltung kommen könnte, solange die Reize auf den mit den Muskeln und Chloralosemenge umgebenen Nerven wirkten, „eine vortreffliche negative Schwankung“ (bei grösserer Stromdichte) darbieten könnte, nachdem der Nerv behufs der galvanometrischen Beobachtung herauspräpariert war.

Herzen hat seine Versuche so unvollständig beschrieben, dass alle diese wichtigen Momente ganz unbesprochen bleiben. Später in der „Revue Scientifique“ vom 13. Januar 1900 beschreibt er von Neuem seinen Versuch, aber auch ohne genügende Vollständigkeit („sans détails superflus“, sagt er). Indessen finden wir hier einige wesentliche Widersprüche in Bezug auf die Zeit des Eintretens und die Tiefe der Nervenarkose mit seiner ersten Mittheilung.

In seiner ersten Mittheilung gab er an: „nach Ablauf von 12—15 Minuten, manchmal eines viel längeren Zeitraumes, hat die chloralisierte Strecke ihre Reizbarkeit ganz verloren (unterstrichen vom Verfasser selbst), so dass jetzt auch stärkere Reize von ihr aus keine Spur von Zuckung geben.“ In seiner zweiten Schrift dagegen sagt er, dass die Narkose: „au bout de 30—45 minutes, quelquefois d'une heure entière“ zu Stande kommt; was aber die Tiefe der Narkose betrifft, so sagt er dieses Mal: „l'inexcitabilité n'est la plupart du temps que relative“. Mit Rücksicht auf diesen letzten Umstand empfiehlt er jetzt für den Versuch „de se servir d'irritations minimales“ (abermals vom Verfasser selbst unterstrichen). In diesem Falle aber sollte es mit der Sache ganz anders stehen. Es wäre durchaus obligatorisch zu erklären, auf welche Weise die vergleichende Probe mit den minimalen Reizen vor und während der galvanometrischen Untersuchung gemacht wurde.

Cybulski und Sosnowski behandelten den Nerven „genau nach Herzen's Vorschrift“ und in ihren Versuchen „war die narkotisirte Strecke erst nach 1½ Stunden nicht mehr reizbar“. Sie sind der Meinung, dass Herzen „am Galvanometer es nur mit der katelektrotonischen Phase der inducirten Ströme zu thun hatte“. Diese Erklärung scheint mir auch nicht passend.

Ich schöpfte meine Überzeugung aus dem Umstande, dass, wenn

ich in der dritten Reihe meiner Versuche (unter VI) die Vergiftung der Strecke II durch wiederholte Bepinselung oder durch stärkere Lösung bis zu dem Grade verfolgte, wo nur ungemein starke, ja in einigen Fällen sogar an die unipolaren Wirkungen<sup>1)</sup> grenzende Inductionströme am Muskel einige Erfolge hervorrufen konnten, dieselben Ströme gerade im Stande waren, am Galvanometer eine negative Schwankung zu geben; dabei zeigte sich an beiden Indicatoren des Nerven eine ganz gleiche Abhängigkeit der Erfolge von der Richtung der reizenden Ströme. Ein solches Zusammenfallen der Effecte wäre schon zu gross, um seinen Grund in rein elektrotonischen Wirkungen der Inductionsströme auf das Galvanometer zu haben<sup>2)</sup>. Desshalb glaube ich, dass diese Autoren in ihrem Versuch B auch die echte negative Schwankung, nicht „die Wirkung der katelektrotonischen Phase“ beobachtet haben. — Uebrigens versprechen Cybulski und Sosnowski Näheres darüber später zu veröffentlichen.

Als ich eine Nervenstrecke in die mit der physiologischen Lösung von Chlornatrium oder mit Froschserum benetzte Chloralose einbettete, so erschien öfters keine deutlich ausgesprochene Wirkung sogar nach Verlauf von 1—3 Stunden. Es könnten Zweifel an der Qualität meines Präparates auftauchen. Letzteres hatte ich aber von Ch. Richet, der seine specielle Untersuchung mit dieser Substanz angestellt hat, als Geschenk erhalten. Ausserdem ist es bekannt, dass diese Substanz durch grosse Ständigkeit charakterisirt und ohne Zersetzung sublimirt wird. Trotzdem versuchte ich mit Präparaten von anderer Herkunft zu experimentiren, wobei indessen das Resultat unverändert blieb. Im Allgemeinen erhielt ich solch' einen Eindruck, dass je gewissenhafter das Chloralosepulver vor der Application benetzt wird, desto langsamer seine Wirkung ist.

---

1) Selbstverständlich nach den Anzeigen des Muskels; das Telephon entdeckt die unipolaren Wirkungen schon bei einer weniger hohen Intensität.

2) Ich wollte hier ebensowenig, wie in der vorangehenden Darstellung, die Frage von der Ausbreitung der elektrotonischen Ströme von der vergifteten Strecke auf die unvergifteten Punkte des Nerven und von der Möglichkeit eines Zustandekommens der Reizerfolge auf diesem Wege berühren. Es scheint mir diese Frage zu complicirt zu sein. Um an dieselbe heranzutreten, wäre es unentbehrlich, genauer als es jetzt der Fall ist, das verschiedene Verhältniss der narkotisirten Strecke einerseits zu den rein elektrotonischen, andererseits zu den erregenden Wirkungen des Stromes zu kennen.

Ungeachtet meiner Abneigung vor solch' einem Verfahren, wie die Nerveneinbettung in eine Menge von bisweilen nicht genügend feuchtem und sehr langsam einwirkendem Pulver, halte ich es für meine Pflicht, insoweit es die Methodik zulässt, mich den Bedingungen von Herzen zu nähern.

Mein Versuch verlief gewöhnlich auf folgende Weise: zuerst wurden die Schwellenwerthe für I und II aufgesucht; danach wurde eine gewisse Nervenstrecke zusammen mit den Elektroden *cd* zwischen zwei Kissen (einem oberen und einem unteren) eingeschlossen, von welchen jedes aus einem Muskelstück 15 mm lang bestand und auf der dem Nerven anliegenden Seite mit einer Chloraloseschicht bestreut war<sup>1)</sup>. In diesen Versuchen war der Abstand zwischen zwei Elektroden vom Paar *cd* grösser, als gewöhnlich, ungefähr 4—5 mm. Nach der Einbettung des Nerven zwischen zwei Muskelkissen wurde die Reizschwelle II sofort unter diesen neuen Bedingungen bestimmt; nachher verfolgte ich die Verschiebungen der Reizschwelle von I und II unter dem Einfluss von Chloralose.

Selbstverständlich liegt die Reizschwelle für II sofort nach der Einbettung der Nerven zwischen den Muskelkissen sehr hoch; dessen ungeachtet kann man ihre weitere Verschiebung als Ausdruck der progressirenden Chloralosewirkung verfolgen. (Protokoll VII, Beob. 3—15.) Unter solchen Bedingungen verlief der Versuch bis zu dem Momente, wo die obere Reizung keine Erfolge mehr hervorrief, d. h. bis zu dem Momente, wo die chloralisierte Strecke ganz undurchdringlich für die Erregungen von I wurde. Somit führte ich die Narkose noch weiter als Herzen<sup>2)</sup>.

Bis zu diesem Momente war der Verlauf der Erscheinungen ganz derselbe wie in den vorangehenden Versuchen. Indem die Herabsetzung der Reizbarkeit in der narkotisirten Strecke allmählig

---

1) Es war rathsam, Anordnungen zu treffen, dass die Muskelfiber in jedem Muskelstück eine den Elektroden *cd* parallele Richtung hatten.

2) Zwar sagt er in seiner Mittheilung, dass er durch die Chloralose ein solches Stadium erzielte, wo die narkotisirte Strecke „nicht mehr reizbar, aber leitend“ war. Jedoch existirt in Wirklichkeit ein solches Stadium unter der Wirkung von Chloralose, wie auch von anderen möglichen Agenzien gar nicht, weil sogar zu der Zeit, wo die narkotisirte Strecke die ihr zugeleiteten Impulse nicht mehr leitet, sie immer einen ansehnlichen Rest der Reizbarkeit behält. Das ist seit Szpilmann und Luchsinger von allen Forschern constatirt; ich hatte dasselbe nur zu bestätigen. Wie wir gesehen haben, schildert Herzen selbst in seiner späteren Schrift die Sachlage ganz anders.

fortschreitet, zeigt die obere Reizung die schon beschriebenen Veränderungen sowohl in den muskulären als auch in den telephonischen Ergebnissen bis zu den speciellen Phänomenen inclusive. Tetanisirt man die chloralisierte Strecke mit den  $\uparrow$  O—S, so lässt diese zwischen den Muskelstücken eingeschlossene Strecke sogar das Phänomen  $\eta$  beobachten (Myogr. 20 und 21, Protok. IX).

Es war jetzt von Interesse zu wissen, bis zu welchem Grade die Reizbarkeit der narkotisirten Strecke gesunken ist, wenn die letztere der Fortpflanzung der Erregungen von dem oberen Reizpunkte zu dem Muskel versagt. Um einen Vergleich mit den normalen Verhältnissen zu haben, musste man die Muskelkissen mit Chloralose wegnehmen und den Nerven in dieselben physikalischen Bedingungen von Neuem stellen, in welchen er vor dem Anfange des Versuches stand. Nun trat etwas ganz Unerwartetes hervor: der Schwellenwerth des blossgelegten Nerven, welcher unmittelbar nach der Entfernung der Chloralose ziemlich hoch war, begann schnell zu sinken, so dass nach Ablauf der ersten 5 Minuten er z. B. schon um 10 cm der Scala sank. (Protok. VIII, Beob. 16—19; Protok. IX, Beob. 21—25). Später, als die Reizbarkeit von II noch nicht bis zur normalen Höhe zurückgekehrt war, fing auch die Leitungsfähigkeit allmähig an, sich wieder herzustellen. Als endlich die Reizbarkeit, sowohl als auch die Leitungsfähigkeit ungefähr ihren normalen Werth wiedererhielten, bettete ich von Neuem *cd* in Chloralose ein. Ihre Wirkung schritt zum zweiten Male viel schneller fort als zum ersten Male (Protok. VIII, Beob. 20—38). Als zum zweiten Male das Stadium der aufgehobenen Leitung eintrat, wurde die Chloralose von Neuem entfernt; von Neuem stellten sich alle functionellen Aeusserungen des Nerven her. An einem Nerven wurde diese Manipulation von mir dreimal vorgenommen. Folgende Schlussfolgerung ist unzweifelhaft.

Der Nerv stellt sehr schnell seine functionellen Eigenschaften her, sobald er von der Chloraloseumgebung frei wird (Phänomen  $\alpha$ ).

Wenn aber der Nerv im zweiten Stadium sehr lange, z. B. 1—2 Stunden verbleibt, so fällt seine Reizbarkeit noch viel tiefer, und ihre Herstellung geschieht nur sehr langsam; noch später beginnt er sein Leistungsvermögen (immer gesetzmässig zunächst für schwache Erregungen) herzustellen, und zwar sogar nach wiederholten Bespülungen dieser Strecke mit der physiologischen Kochsalzlösung.

Ich will hier auf die Frage nicht eingehen, auf welche Weise die Chloralose ihre Wirkung als chemische Substanz auf den Nerven entwickelt, und wie der Nerv so überraschend schnell seine functionelle Thätigkeit von Neuem gewinnen konnte. Es ist aber klar, dass die wahrscheinlichste Erklärung der von Herzen beschriebenen „Thatsache“ vor Allem im letzteren Umstande liegen muss. In der That war die Narkose in seinem Versuche weniger tief, als es bei mir der Fall war; ausserdem musste er doch den Nerv herauspräpariren und von der Chloralose etwas reinigen, bevor derselbe mit dem Galvanometer in Verbindung gebracht wurde. Unter diesen Bedingungen war es kein Wunder, wenn der Nerv „eine vortreffliche negative Schwankung“ gab, weil er zu dieser Zeit schon eine „vortreffliche“ Herstellung seiner functionellen Eigenschaften gewonnen haben musste. Ja, wir sehen, dass der Nerv sogar nach einer tieferen Narkose, ohne gespült zu werden (Protok. IX, Beob. 21—25), ziemlich schnell seine Functionen restituirt. Auch will der Verfasser in seiner späteren Schrift schon keine vollkommene, sondern nur eine relative Unempfindlichkeit gegen die Reize dem narkotisirten Nerven zusagen.

Ich brauche kaum hinzuzufügen, dass, wenn die chloralisirte Strecke unter genau denselben Bedingungen sowohl auf den Muskel als auch auf das Telephon oder Galvanometer zu reagiren hat, die muskulären und die elektrischen Ergebnisse vollkommen mit einander übereinstimmen. Man muss nur in einem solchen Versuch die Chloralose auf die obere Strecke des Nerven einwirken lassen, um die ableitenden Elektroden so fern als möglich davon zu halten.

#### **Protokoll VIII. Chloralose.**

Zwei besondere Inductionsapparate; für II ein stärkerer. Der Versuch stellt vier Perioden dar:

Erste Periode: Die zu vergiftende Strecke ist zusammen mit den Elektroden II in Chloralosepulver zwischen den muskulären Kissen eingeschlossen.

Zweite Periode: Die muskulären Kissen mit Chloralose sind weggenommen; die narkotische Strecke ist mit der physiologischen Kochsalzlösung bepinselt (Bespülung).

Dritte Periode: Dieselbe Nervenstrecke ist wieder in Chloralose zwischen den Kissen.

Vierte Periode: Die muskulären Kissen mit Chloralose sind wieder weggenommen.

Nr. der Beobacht.	Zeit	Reizung I		Reizung II
		Reizschwelle nach Muskel	Reizschwelle nach Telefon	Reizschwelle nach Muskel
1	h ' 12 43	42	39 G., 38 T.	50
2	12 46	—	—	49,5
•	12 50	Erste Periode: In Chloralose.		
3	12 53	41,5	—	18
4	12 58	42	40 schwb. T., 38 zitt. T.	18
5	1 19	41,5	—	17
6	1 56	41	—	17,3
7	2 11	—	Derselbe T.	17
8	2 33	40	39 schwb. T.	16,5
9	2 52	—	39 schwb. T., 38 zitt. T.	—
10	3 1	39,5	—	15
11	3 13	40	—	14,5
12	3 18	—	Kein T.	—
13	3 24	—	—	14
14	3 30	[Phänomen $\gamma$ ; 20-30 Anf.-Z., 37 schwacher Tet. 39 Flimmern]	Kein T.	—
15	3 47	—	—	14
16	3 49 3 51	—	Zweite Periode: Chloralose weg.	27 28 .. } Die Reiz- 32 } schwelle 33 } steigt immer ab.
17	3 54	40,5	25-35 T.-G.; etwas besser bei 37	37
18	4 1	41	—	39
19	4 32	41,5	41 schwb. T. Bei starken Reizen ist der norm. T. restituiert	42
20	4 36	Dritte Periode: In Chloralose.		
21	4 41	41,5	—	17,5
22	4 55	41,5	—	17
23	5 18	42,5	—	15
24	5 24	—	[Phänomen $\delta$ ; Opt. des Tones bei 38-39. 25-33 Anf.-Geräusch, 39 T.-G.]	—
25	5 29	—	20-35 kein Ton, 37 schwach., dumpfer T.-G.]	—
26	5 32	—	—	—
27	5 34	42	—	13,5
28	5 38	39-40	Kein Ton	13,5
29	5 45	Kein Effect	Kein Ton	13
30	5 50	Vierte Periode: Von Chloralose befreit.		
31	5 51	—	—	25,5
32	5 57	—	—	27
33	5 59	—	—	29
34	6 5	—	—	31
35	6 12	—	—	35
36	6 19	43	Phänomen $\alpha$	—

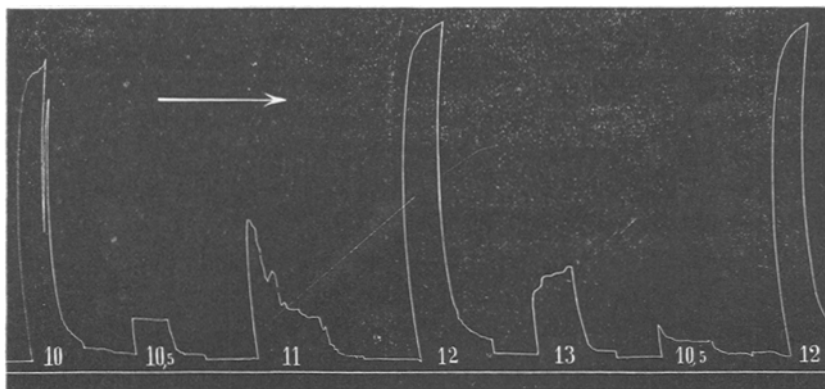
**Protokoll IX.** Chloralose.

Zwei besondere Inductionsapparate; für II ein stärkerer.

Myogramme veranschaulichen die Phänomene  $\eta$  und  $\gamma$ ; das letztere Myogramm (23) ist in dem Stadium der Restitution eingeschrieben.

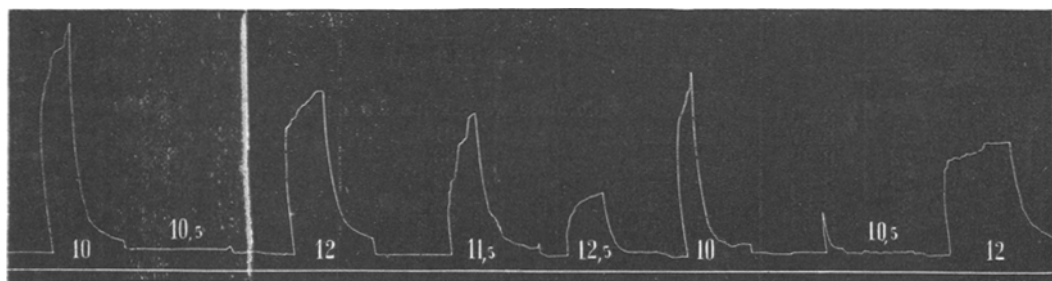
Nr. der Beobacht.	Zeit	Reizung I	Reizung II	
			O.-S. ↓	O.-S. ↑
1	h ' 12 5	36	44	48
	12 10		In Chloralose	
2	12 16	—	16	16
3	12 24	36,5	15	15
4	12 32	37	14,5	14,5
5	1 2	37	14,5	14,5
6	1 12	37	14,5	14,5
7	1 35	38	14,5	15
8	1 59	38	14,5	15
9	2 2	—	14,5	14,5
10	2 35	36	14,5	14
11	2 46	34	14	13,5
12	2 48	—	—	Myogr. 20 Phänomen $\eta$
13	2 54	34	—	—
14	2 57	—	14	13
15	2 59	—	—	Myogr. 21 Phänom. $\eta$
16	3 6	33	—	—
17	3 7	Myogr. 22 Phänomen $\gamma$	—	—
18	3 16	—	13	10
19	3 18	33 Flimmern	—	—
20	3 24	Kein Effect	13 Flimmern	9,5
	3 26	Chloralose weg; keine Bspülung		
21	3 27	Kein Effect	31	23
22	3 29	—	33	25
23	3 32	—	35	33
24	3 38	33	35,5	35
25	3 50	Myogr. 23 Phänom. $\beta$ — $\gamma$	37,5	37
	3 52	Mit physiol. Lösung gewaschen		
26	3 54	—	39	42
27	3 57	31 Flimmern	—	—
28	4 2	—	41	43
29	4 10	31 Flimmern	—	—
30	4 20	31 30 Zuckungen	42	44 —

Die Myogramme 20 und 21 (zum Protokoll IX) stellen das Phänomen  $\eta$  dar, indem die Elektroden *cd* sich in der Chloralosemasse zwischen den Muskelkissen befinden. Da diese Bedingung zugleich mit der verminderten Reizbarkeit der narkotisierten Nervenstrecke Reizerfolge nur bei ziemlich grosser Annäherung der secundären Rolle an die primäre beobachten lässt, so muss man in Acht nehmen, dass hier jede Verschiebung der secundären Rolle um  $\frac{1}{2}$  cm des Schlittens schon einer ansehnlichen Veränderung der Reizintensität entspricht.



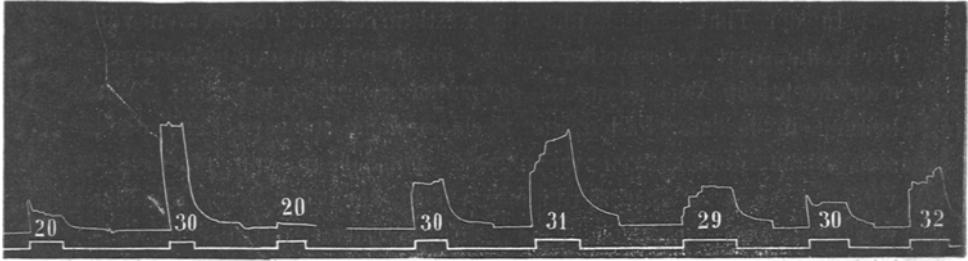
Myogramm 20.

Myogramm 20. 1<sup>h</sup> 20' nach Anfang der Chloralosewirkung. Die Reizschwelle für  $\uparrow$  O.-I.-S. war zu dieser Zeit bei R.-A. 13,5. Optimum der Reizintensität bei 12; die schwächsten Contraktionen bei 10,5; bei 10 treten wieder stärkere Contraktionen (als Reizerfolg der absteigenden Schliessungs-Inductionsströme?) hervor.



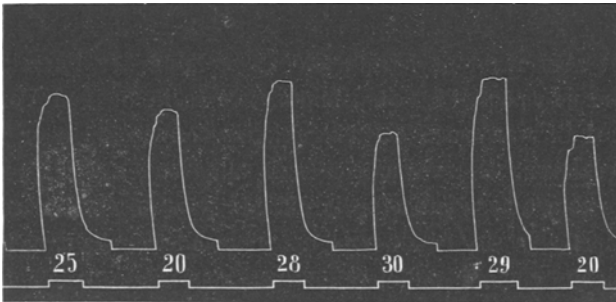
Myogramm 21.

Myogramm 21 ist in 11 Minuten nach dem vorangehenden eingeschrieben. Die Reizschwelle ist jetzt für dieselben Ströme bei 13 cm. Die Intensität 10,5 erzeugt jetzt ganz schwache Contraktionen. R.-A. 12 ruft stärkere Contraktionen als 11,5 und 12,5. Die Intensität 10 behält noch gut ihre (den  $\downarrow$  S.-I.-S. zukommende?) reizende Wirkung.



Myogramm 22.

Myogramm 22 aus demselben Versuch demonstriert die Art und Weise, wie die Narkosewirkung von einer Reizprobe zu einer anderen am Ende des Stadiums der paradoxalen Leitung fortschreitet. Reizung I. Phänomen  $\gamma$  ist schon vollkommen ausgesprochen; R.-A. 20 erzeugt jedoch bei der ersten Application noch eine schwache Contraction, bei der zweiten schon beinahe keine. Die Intensität 30 cm ruft zunächst eine stärkere, später eine schwächere Contraction als die Intensitäten 31 und 32 cm.



Myogramm 23.

Myogramm 23 ist auch bei der Reizung I und nach dem vorangehenden, aber im Stadium der Herstellung von der Chloralosewirkung eingeschrieben. Die Restitution der Leitungsfähigkeit ist ziemlich weit fortgerückt. Die Intensitäten 20 und 30 geben jetzt ungefähr gleich hohe Tetani; die stärkere Einwirkung gehört der Intensität 28–29 cm.

### VIII. Ueber die Restituirbarkeit des Nerven von der Narkose.

Die Restituirbarkeit des Nerven von der Chloralosewirkung ist keine isolirte Erscheinung. Sie lässt sich ebenso gut auch nach der Einwirkung der anderen von mir untersuchten Agentien beobachten. Dieser Umstand verdient eine grössere Beachtung, als man ihm auf den ersten Blick geben möchte.

In der That scheint uns die Restituirbarkeit des Nerven von der Kohlensäure- oder Aethernarkose, überhaupt von den gasförmigen oder flüchtigen Verbindungen, so zu sagen, ganz natürlich. Wir können in solchen Fällen die Sachlage uns so vorstellen, dass, sobald die den Nerven umgebende Atmosphäre von einem gewissen Gase oder Dampf frei wird, sich auch der Nerv allmählig von demselben losmache. Eine solche Erklärung dürfte auch vielleicht auf den Fall der Chloralosewirkung ausgedehnt sein. Man müsste nur sich vorstellen, dass, indem diese sehr fixe Verbindung sich unter Einwirkung der thierischen Säfte oder Gewebe auf einem bis jetzt so gut wie unerklärten Wege zersetzt wird, zwischen ihren Zersetzungsproducten ein flüchtiger Stoff der Art wie Chloroform entsteht, welchem schon die gewisse Wirkung auf den Nerven zukommen sollte. Dann wäre es ganz verständlich, dass der Nerv ziemlich schnell seine functionellen Eigenschaften wieder gewinnt, sobald er von den ihn umschliessenden Kissen mit der Chloralose frei wird.

Es ist aber nicht so leicht, die Herstellung der Functionen in einem herauspräparirten Nerven, wie es in meinen Versuchen immer der Fall war, nach der Einwirkung von Cocain oder Carbonsäure zu erklären. Ja, wir wären ganz aufgelegt, zu glauben, dass, wenn diese Substanzen auf eine bestimmte Nervenstrecke ihre Wirksamkeit ausüben, sie damit nur auf dem Wege einer mehr oder weniger tiefen chemischen Veränderung zu Stande kommen. Der umgekehrte Fall ist wohl sehr wenig wahrscheinlich, nämlich, dass es sich bloss um so labile oder oberflächliche chemische Processe, wie z. B. das Binden und die Dissociation der Kohlensäure von dem Blutplasma, handeln dürfte. Sollen wir aber annehmen, dass die Wirkung der Gifte nur auf dem Wege eines tieferen Eingreifens in die chemische Natur des Nerven (sei es Entstehung festerer Verbindungen derselben mit gewissen Nervenbestandtheilen, sei es definitive Zersetzung der Nervensubstanz) stattfindet, so könnte die Wiederherstellung nur auf dem Wege der nutritiven Regeneration vor sich gehen. Dieser letzteren ist indessen der blossgelegte und herauspräparirte Nerv so gut wie ganz beraubt.

Diese Erwägungen lassen mich die Frage stellen, ob man in allen Fällen der localen Narkose, wie dieselbe von Gruenhagen in die physiologische Methodik eingeführt ist, nur mit einer molekulären, nicht tieferen chemischen Umwandlung der Nervenstructur

zu thun hat. Um durch einen Vergleich meine Vermuthung zu erläutern, so will ich an die Wirkungen des Vertrocknens und des constanten Stromes auf den Nerven erinnern. Die erste Wirkung kann starke erregende, ja sogar hemmende Erfolge im Muskel hervorrufen und wird nachher durch vorsichtiges Benetzen des Nerven vollkommen beseitigt, ohne eine Spur der Veränderung in functionellen Eigenschaften des Nerven nachzulassen. Die elektrotonischen Wirkungen des constanten Stromes sind allgemein bekannt. Jedoch in diesem Falle, wie in dem ersteren zwingt uns nichts, die Wirkungen auf eine definitive Umgestaltung in der chemischen Structur des Nerven hinzuleiten. Besonders verdient der Vergleich zwischen den elektrotonischen Wirkungen des constanten Stromes und denjenigen der Gifte eine nähere Beachtung. Hier mag nicht bloss eine äussere, sondern auch eine viel tiefere Analogie existiren. Als Herr Tiberg<sup>1)</sup> in meinem Laboratorium über die Beziehungen zwischen der Reizbarkeit des Nerven vor einigen Jahren arbeitete, lenkte ich seine Aufmerksamkeit auf diesen Umstand, und er hat diese Analogie auf einige Erscheinungen ausgedehnt. Werigo, ohne etwas davon zu erwähnen, führt seinerseits auch einige analogische Erscheinungen in den Wirkungen des constanten Stromes und der narkotisirenden Gase vor. Speciell mit Rücksicht auf die hier beschriebenen Phänomene soll diese Analogie zur Aufgabe meiner nächsten Versuche werden.

Einstweilen möge noch auf einen Umstand hingewiesen werden, welcher meiner Meinung nach auch in demselben Sinne spricht, nämlich, dass die chemische Natur des Nerven bei seiner localen Narkose nicht viel in Anspruch genommen wird. Dies ist eben die Thatsache, dass so verschiedene chemische Stoffe stets eine und dieselbe Reihe der functionellen Veränderungen am Nerven zu Tage bringen. Sollte es sich dabei um tiefere Umsetzungen in der chemischen Structur des Nerven handeln, so müsste man erwarten, dass die functionellen Aeusserungen des Nerven viel verschiedenartiger ausfallen würden. Jetzt aber, wenn ich eins von meinen Protokollen durchmustere, kann ich niemals, ohne specielle Anmerkung zu sehen, errathen, ob es sich um die Wirkung des einen oder des anderen oder des dritten der von mir untersuchten Agentien handelt.

Ich werde nicht ausführlicher die Erscheinungen der Restituirbarkeit beschreiben, da sie den hinsichtlich der Chloralosen be-

---

1) Tiberg, l. c.

schriebenen vollkommen ähnlich sind. Es muss bloss ein Umstand hervorgehoben werden. Ist die angewandte Gifflösung schwach, so beginnt die Herstellung der Nervenfunctionen sozusagen von selbst, d. h. ohne irgendwelche Bespülung der vergifteten Strecke. Das Protokoll X gibt ein Beispiel davon. Indem die Reizbarkeit für die Inductionsströme der einen und der anderen Richtung unter Einwirkung von Carbolsäure erste Zeit (Beob. 2—6) stets sinkt, beginnt sie sich nachher selbständig wieder herzustellen (Beob. 7—13), und zwar bis zu einem solchen Grade, dass es nöthig war, eine neue Bepinselung des Nerven mit derselben Lösung vorzunehmen. Solche Fälle kamen mir auch mit den anderen Giften vor. Vielleicht verdienen sie ein noch grösseres theoretisches Interesse als die erst nach Bespülung des Nerven eintretenden functionellen Restitutionen.

Nach stärkeren Einwirkungen ist hier auch der rückgängige Verlauf der Erscheinungen desto langsamer, je tiefer die Narkose war und je länger ihre Wirkung dauerte. In diesen Fällen muss man sehr vorsichtig mit den Bespülungen des Nerven verfahren. Mehr als einmal bemerkte ich, dass eine schon bedeutende Restitution der narkotisirten Strecke nach neuen Bespülungen des Nerven unerwartet einem schnellen und entgültigen Sinken der Reizbarkeit Platz machte.

Jedenfalls geben die Erscheinungen der Restituirbarkeit uns noch ein neues Recht, in Bezug auf den Nerven die Wirkungen solcher Gifte, wie Cocaïn und Phenol, mit denjenigen der Kohlensäure oder Chloroform zusammenzubringen. Belegen wir mit dem Wort „Narkose“ die Wirkung der letzteren auf den Nerven, so muss dieses Wort auch für jene functionellen Zustände, welche im Nerven durch schwächere Lösungen der ersten hervorgerufen werden, ebenso gut passen.

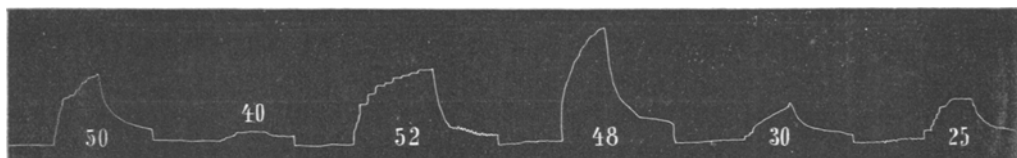
**Protokoll X.** Carbolsäure 0,5 %.

Zwei besondere Inductionsapparate; für II ein stärkerer Apparat.

Nr. der Beobacht.	Zeit	Reizschwelle I		Reizschwelle II	
		nach Muskel	nach Telephon	O.-S. ↓	O.-S. ↑
1	<sup>h</sup> 1 53	50	—	60	59,5
	1 56		Carbolsäure 0,5 %		

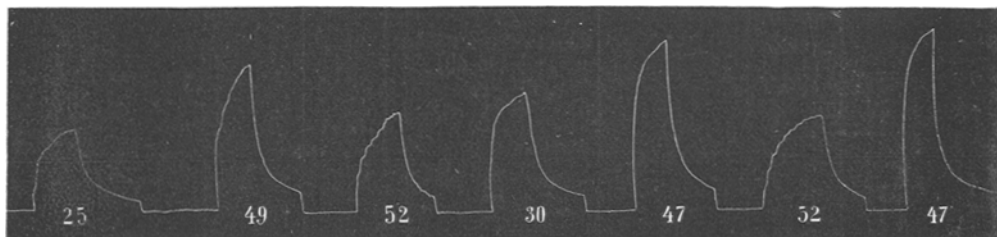
Nr. der Beobacht.	Zeit	Reizschwelle I		Reizschwelle II	
		nach Muskel	nach Telefon	O.-S. ↓	O.-S. ↑
2	1 57	—	—	49	52
3	1 58	—	—	46	51
4	1 59	50	—	44	48
5	2 3	51	[40 reiner T. 30 T. m. Geräuschen 45 T.-G.]	40	44,5
6	2 7	53	—	39,5	44
7	2 12	55	—	40	44
8	2 15	55	—	40	45
9	2 21	55,5	—	40,5	46,5
10	2 25	57	[40 reiner T. 50 schw. dumpfer T. 45 T. 30 etwas schwächer als bei 40]	44	48
11	2 34	—	—	44,5	48,5
12	2 39	—	—	45	48
13	2 44	59	—	45	48
	2 45	Von Neuem mit derselben Lösung bepinselt			
14	2 47	—	—	42	44
15	2 48	59	—	41	43
16	2 50	—	—	36	39
17	2 51	[Phänomen γ; Opt. 47-48]	—	33	—
18	2 56	Kein Effect	—	—	24 flimmernde Z. 21 schwach. Tet.
19	2 58	—	Kein Ton	32	22 Flimmern 20 schwach. Tet.
20	3 1	Kein Effect	—	31	21 Flimmern 20 schwach. Tet.
21	3 7	—	—	31	21 Flimmern 20 schwach. Tet.
	3 10	Bespülung der vergift. Strecke mit physiol. Kochsalz-Lösung			
22	3 12	—	—	38	41
23	3 13	57 Flimmern	—	—	—
24	3 15	Myogr. 24	—	—	—
25	3 20	Myogr. 25	—	—	—
26	3 24	—	—	41	42,5
27	3 29	—	—	42	43
28	3 33	—	50 G., 47 T.	—	—
29	3 49	—	—	43	43

Myogramme 24 und 25 stellen die Restitution der Leitungsfähigkeit nach der Einwirkung der Carbolsäure.



Myogramm 24.

Myogramm 24. Fünf Minuten nach der Bespülung der vergifteten Strecke. Die stärkste Contraction wird durch R.-A. 48 hervorgerufen; 40 cm gibt zu Anfang ganz schwache Contraction; zu Ende des Myogramms erzeugen sogar stärkere Intensitäten (30 und 25) schon mehr energische Contraktionen, ein lehrreiches Beispiel davon, wie schnell der Process der functionellen Herstellung in gewissen Phasen fortschreitet und wie veränderlich desshalb die Reizerfolge von einer Probe zu einer anderen ausfallen.



Myogramm 25.

Myogramm 25. Noch fünf Minuten später. Alle Intensitäten haben in der Zwischenzeit an Reizerfolgen gewonnen. Indem die schwachen Reize (52) jedoch nur ganz wenig, gewannen die starken (25 und 30) viel mehr. Nichtsdestoweniger gehören die stärksten Reizerfolge immer noch mässigen Intensitäten an (47—49).

### IX. Schlussfolgerungen.

Ich machte meine Versuche bloss mit vier Nervengiften. Die letzteren gehören aber zu so verschiedenen chemischen Gruppen, und deren Wirkung ist so gleichartig und sicher, dass ich keinen Anstand nehme, die von mir constatirten Erscheinungen als eine allgemeine Reaction des Nerven auf die seine Functionen schädigenden Agentien zu betrachten. Deshalb scheint es mir vollkommen berechtigt, einige allgemeine Schlüsse zu ziehen und meine Resultate mit denjenigen der früheren Forscher zusammenzustellen. Zwar arbeiteten meine Vorgänger meistens mit ganz anderen chemischen Verbindungen, welche dabei dem Nerven in Form der Dämpfe oder Gase zugeleitet wurden, während ich meine Agentien in Form von schwachen Lösungen auf den Nerven einwirken liess. Indessen war ich stets,

besonders mit Rücksicht auf die unter VII angeführten Thatsachen und Erwägungen, der Ueberzeugung, dass solche Unterschiede in den experimentellen Bedingungen nur eine Nebensache bilden, dass das Wesentliche darin liegen soll, um die zur Probe gestellten Nervengifte mit einer gewissen Langsamkeit auf den Nerven ihre Einwirkung ausüben zu lassen. Dies hat sich wirklich so erwiesen, als Herr S. Schapot in diesen Tagen nach meinen Vorschriften die Versuche mit Kohlensäure, Chloroform, Aether und Alkohol (welchem einige der früheren Forscher eine besondere Rolle in dieser Frage zuschreiben wollten) angestellt hatte. War der Verlauf der Vergiftung so langsam, dass die letztere bis zu dem Eintreten „der aufgehobenen Leitung“ ungefähr eine Stunde in Anspruch nahm, so traten alle oben beschriebenen Erscheinungen, die eigenthümlichen Phänomene inclusive, in ihrer gesetzmässigen Nacheinanderfolge ein; wurde danach der Luftstrom der narkotisirten Strecke zugeleitet, so verliefen dieselben Erscheinungen in der umgekehrten Reihe wieder. Eine ausführliche Beschreibung dieser Versuche wird in einer besonderen Mittheilung erscheinen.

Somit betrachte ich als festgestellt folgende Ergebnisse meiner Versuche:

1. Die bisher angewandte Methode, durch die an die nicht narkotisirte Nervenstrecke angebrachten minimalen Reize locale Veränderungen des Leistungsvermögens in der narkotisirten Strecke zu beurtheilen, führt nicht zu richtigen Schlüssen: während dieselbe eine noch „unveränderte“ Leitung zeigt, erleidet in Wirklichkeit die locale Leitungsfähigkeit eine immer tiefer greifende Veränderung, welche sich zunächst durch eine stets fortschreitende Abnahme der negativen Schwankung am Galvanometer und durch eine eigenthümliche Umwandlung im rhythmischen Charakter der tetanisirenden Erregungen (im telephonischen Nerventon), dann durch eine scharfe Abnahme der durch starke Reize hervorgerufenen Contractionen des Muskels kundgibt.
2. Im weiteren Verlauf äussert sich diese Veränderung der Leitungsfähigkeit durch folgende interessante Erscheinung: die starken Erregungen scheitern bei ihrer Fortpflanzung durch die narkotisirte Strecke vollkommen, oder sie erzeugen nur eine Anfangszuckung, während sehr mässige Erregungen noch im Stande

sind, diese Strecke durchzugehen und tetanische Contractionen hervorzurufen. Am spätesten wird die Leitung der schwachen Impulse aufgehoben.

3. Die Reizbarkeit der der Narkose unterliegenden Strecke fällt nur allmähig, und zu der Zeit, wo diese Strecke für die von oben zugeleiteten Erregungen vollkommen undurchdringlich wird, behält dieselbe immer noch einen ansehnlichen Werth. Dabei schreitet die Herabsetzung der Reizbarkeit nicht parallel für die absteigenden und aufsteigenden Inductionsströme fort, ein Hinweis, dass man in diesem Falle mit einem mehr complicirten Nervenzustand zu thun hat, als es bis jetzt vermuthet wurde.
4. Der letzte Schluss folgert sich auch aus der Thatsache, dass die Reizung der narkotisirten Strecke mit den aufsteigenden Inductionsströmen eine der unter 2 angegebenen ganz ähnliche Erscheinung beobachten lässt.
5. Die locale Application der Nervengifte lässt einen merkwürdigen und vollkommenen Parallelismus zwischen den Veränderungen der funktionellen Eigenschaften des Nerven und den Veränderungen seiner Actionsströme hervortreten.
6. Die vor Kurzem erschienene Behauptung, dass unter Einwirkung von Chloralose ein solcher Parallelismus aufgehoben ist, ist gar nicht richtig. Dieselbe könnte ihre Erklärung finden: entweder in dem bisher unbemerkt gebliebenen Umstande, dass der Nerv überraschend schnell seine functionellen Eigenschaften herstellt, sobald er von der Chloraloseumgebung befreit ist, oder im Allgemeinen in einer ungenügenden Beachtung der principiellen Bedingung eines jeden Vergleiches: *caeteris paribus*.
7. Die Restituirbarkeit des herauspräparirten Nerven lässt sich auch nach Einwirkung schwacher Lösungen von Cocaïn und Phenoë beobachten. Diese Thatsache, mit den ähnlichen Erscheinungen bei Application der schädlichen Gase und Dämpfe zusammengestellt, drängt die allgemeine Frage von der Art und Weise der directen Wirkung solcher Agentien auf den Nerven auf.

Es sind noch zwei Bemerkungen von allgemeinem theoretischen Charakter zu machen:

Erste Bemerkung. Aus diesen Versuchen schöpfte ich noch einmal die Ueberzeugung davon, was von mir schon früher, in Bezug auf meine Versuche über die Interferenz der Erregungen im Nerven, gesagt war. Beim Studium eines jeden complicirten Processes in der Nervenfaser ist es unbedingt nöthig, sich der parallelen Zeugnisse des Muskels, des Telephons und des Galvanometers zu bedienen. Jeder von diesen Apparaten spricht seine eigene Sprache und erscheint in gewissen Verhältnissen als ein guter Zeuge und als ein schwacher oder gar unsicherer Zeuge in anderen. Wenn seit Langem anerkannt ist, dass für die sensiblen Fasern die Nervencentren keine treuen Kunden sind, so ist schliesslich für alle Physiologen obligatorisch, anzunehmen, dass auch der Muskel kein treuer Zeuge der motorischen Faser ist. Zwischen dieser, seiner Endplatte und der Muskelfaser existiren so tiefe functionelle Unterschiede, und zwar nicht nur den Giften gegenüber, sondern auch in Bezug auf die Ermüdung, auf die Empfänglichkeit der frequenten Reize u. s. w., dass einige Divergenzen zwischen den elektrischen Einwirkungen der Nervenfaser und des unter ihr stehenden Muskels nicht nur möglich, sondern auch in gewissen Fällen gerade unentbehrlich sein sollen. Eine besonders typische und rein physiologische Bedingung zu einer solchen Divergenz stellt die Pessimum-Reizung dar, wobei der Nerv starke und frequente Erregungswellen hinleitet, während der mit ihm verbundene Muskel in einem Zustande der Ruhe verbleibt, weil die Endplatten bis zu ihm die Erregungen nicht sich fortpflanzen lassen. Daher, wenn sogar unter Einwirkung irgend eines Giftes auf den Nervenstamm der Fall einer Divergenz zwischen seinen elektrischen Reactionen und den Reactionen seines Muskels eintreten würde, so ist, bevor man irgend eine Schlussfolgerung daraus zieht, absolut nöthig, Bedingungen zu einer solchen Divergenz vor Allem entweder in einer Eigenthümlichkeit des Endapparates oder in einem Versuchsfehler zu suchen. In der That, ohne eine solche Analyse gemacht zu haben, müssten alle Behauptungen der Art, wie die oben angeführte, als in der Luft schwebende Gebilde betrachtet werden. Bei der Einwirkung der von mir untersuchten Substanzen kommen auch in Wirklichkeit solche Fälle der Divergenz gar nicht vor; gerade umgekehrt äussert sich immer eine so perfecte und sichere Uebereinstimmung, welche als ein neuer Beweis davon citirt werden kann, dass wir in den Actionsströmen des Nerven ein wirkliches Abbild seines thätigen Zustandes haben. Nichtsdestoweniger

ist sogar in den Fällen des vollkommenen Parallelismus in den elektrischen und muskulären Aeusserungen des Nerven, wie hier, die gleichzeitige Herstellung der Zeugnisse des Muskels, des Telephons und des Galvanometers von hohem Nutzen. Ja, nur das Telephon hat den Muskel gezwungen, ein mehr vollkommenes und aufrichtiges Zeugniß vom narkotisirten Nerven abzulegen; andererseits war das Galvanometer nur unter dem gesammten Anstoss des Telephons und des Muskels geeignet, etwas mehr und in einer vollkommenen Form anzuzeigen, als die zwei ersten Zeugen des Nerven. Dies muss wohl immer so sein, denn jeder von diesen drei Anzeigern spricht seine Sprache, sozusagen im Sinne seines Verständnisses.

Zweite Bemerkung. Ich brauche nicht hier in die Kritik der Doctrin von der „Trennung“ der Grundfunctionen des Nerven einzugehen. Aus Allem, was durch meine Untersuchung hervorgehoben worden ist, sieht man klar, dass diese Doctrin, soviel sie aus den Ergebnissen der Versuche über die locale Narkose des Nerven entstanden ist, bloss auf den einseitig durchgeführten Beobachtungen basirt. Indem Grünhagen die schöne Methode der localen Narkose gegeben hat, lenkte er selbst, wie auch die ihm folgenden Forscher, die ganze Aufmerksamkeit auf die Ergebnisse der minimalen Reize. In diesem Umstande lag der Grund zu allen daraus gezogenen falschen Schlussfolgerungen. Selbstverständlich kann ich nicht an dieser Stelle die anderweitigen, nämlich von Neuropathologen zu Gunsten dieser Doctrin citirten Thatsachen analysiren. Es möge nur hier gesagt sein, dass einige Fingerzeige schon mir vorliegen, die mich glauben lassen, dass die Thatsachen dieser letzteren Art auch auf einem nicht genügend vollkommenen Studium der hier bezüglichen Erscheinungen beruhen. Was nun die selbstständige Berichtigung dieser Doctrin, nicht als einer behülflichen Hypothese, wie es bei einem eingehends citirten Autor der Fall ist, sondern als einer in den allgemeinen Anschauungen über die functionelle Thätigkeit des Nerven sein „raison d'être“ schöpfenden Theorie betrifft, so hatte sie in diesem Sinne immer einen nullen oder noch geringeren Werth.

Ich bediente mich bei meiner Darstellung der bisher angenommenen Terminologie. So z. B. wurden die Erfolge der oberhalb angebrachten Reize ohne Weiteres als Ausdruck der Leitungsfähigkeit der narkotisirten Strecke behandelt. Wie es leicht ist, zu bemerken, so fügen sich jedoch die beobachteten Erscheinungen dieser

Terminologie sehr schwer, andererseits heben dieselben eine Reihe von Fragen über das Wesen jenes Zustandes, welchen ein der localen Narkose unterworfenen Nerv erleidet, hervor. Vor Allem drängt sich die Frage auf, warum starke Erregungen in einem bestimmten Stadium durch die veränderte Strecke kaum oder gar nicht geleitet werden, während die Fortpflanzung mässiger Erregungen noch möglich ist. Ich kann einstweilen nur eine Vermuthung andeuten, dass die jetzt von mir gefundene Veränderung der Nervenfasern unter Einwirkung der fremden schädlichen Substanzen ein vollkommenes Analogon in jenem Zustande der Endplatte findet, welchen diese letztere unter Einwirkung einer rein physiologischen Bedingung, nämlich der frequenten und starken Impulse des Nerven erfährt, und der von mir als „Pessimzustand“ bezeichnet ist. Daher wäre eine Reihe von Analogien und Unterschieden zu erwarten, welche die Erscheinungen an diesen beiden physiologischen Apparaten zeigen könnten; zur selben Zeit müssten sich die Vorgänge an beiden Apparaten gegenseitig erklären und erläutern. Von diesem Standpunkte aus wäre der Nervenzustand unter dem Einflusse der narkotisirenden Stoffe kein passiver, sondern ein eigenthümlicher Erregungszustand, mit dem sowohl die unmittelbar an die veränderte Strecke angebrachten Reize, als auch die zugeleiteten Impulse zu thun haben.

Ist dem so, so haben wir in sogenannter localer Narkose des Nerven ein Mittel von weittragender Bedeutung für das Stadium der principiellen Probleme von der Erregbarkeit und von den gegenseitigen Verhältnissen zwischen den Erregungen. Dabei hätten wir jetzt noch den Vortheil, die in einen eigenthümlichen Zustand versetzte Nervenstrecke, so zu sagen, in unseren Händen zu halten und darüber in der verschiedenartigsten Weise zu manipuliren, während die Endplatte mit ihren functionellen Veränderungen tief im Muskel verborgen ist. Möge die endgiltige Auflösung der Frage so oder anders ausfallen, immer bin ich schon im Besitze einer Anzahl von Thatsachen, die im Sinne dieser theoretischen Vorstellung sprechen. Sie werden in meiner nächsten Mittheilung erörtert werden.

---