

Aus dem Physiologischen Institut der Universität Leipzig
Direktor: Professor Dr. Gildemeister

*Über die Wirkung
kurzdauernder Gleichstromstöße auf den
Erregungsvorgang
im sensiblen menschlichen Nerven*

—
Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades

in der Medizin

einer Hohen Medizinischen Fakultät der Universität Leipzig

vorgelegt von

Heinrich Gattner

approb. Arzt

aus Kattowitz

Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 1938

Aus dem Physiologischen Institut der Universität Leipzig
Direktor: Professor Dr. Gildemeister

*Über die Wirkung
kurzdauernder Gleichstromstöße auf den
Erregungsvorgang
im sensiblen menschlichen Nerven*

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades

in der Medizin

einer Hohen Medizinischen Fakultät der Universität Leipzig

vorgelegt von

Heinrich Gattner

approb. Arzt

aus Kattowitz

ISBN 978-3-662-31311-4 ISBN 978-3-662-31516-3 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-31516-3

Als Inaugural-Dissertation

von der Medizinischen Fakultät der Universität Leipzig angenommen

2. Juli 1938

Referent: Herr Dozent Dr. med. et phil. Monjé

(Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere
Band 240, Heft 6, 1938)

(Aus dem Physiologischen Institut der Universität Leipzig.)

Über die Wirkung kurzdauernder Stromstöße auf den Erregungsvorgang im sensiblen menschlichen Nerven*.

Von

Heinrich Gattner, Leipzig.

Mit 1 Textabbildung.

(Eingegangen am 11. Juli 1938.)

Bei der Reizung eines Nerven mit elektrischen Strömen spielen eine Reihe von Faktoren, wie Reizzahl und -stärke, Reizdauer und Reizintervall, eine Rolle. Alle diese Faktoren sind durch zahlreiche Versuche und theoretische Erwägungen in eine gesetzmäßige Beziehung zueinander gebracht worden. Ein Beispiel dafür ist der Vorgang der Summation (*Lapicque*¹ u. a.). Über die Verhältnisse am sensiblen Nerven sind die Kenntnisse im Vergleich zum motorischen Nerven, wegen der größeren Schwierigkeiten, an ihnen zu experimentieren, durch nicht so zahlreiche Versuche gesichert. *Monjé*² ist durch sinnesphysiologische Versuche auf dieses Problem gestoßen und hat in letzter Zeit über die Verhältnisse am sensiblen menschlichen Nerven aufschlußreiche Arbeiten geliefert. Zusammen mit *Auster*³ ist an diesem Institut von ihm eine Methode ausgearbeitet worden, die es gestattet, einige exakte Aussagen über den Erregungsablauf im menschlichen Nerven zu machen. So konnte mit dieser Methode die zeitliche Dauer der refraktären Phase des Nerven nach elektrischer Reizung bestimmt werden, indem mit einem zweiten Reiz (Prüfreiz) gleicher Intensität und gleichen zeitlichen Verlaufs die Erregbarkeit des Nerven verfolgt wurde. Es blieb dabei die Frage offen, wie sich der Erregungsablauf im sensiblen Nerven darstellen würde, wenn die Intensität des Prüfreizes geändert wird. In der vorliegenden Arbeit soll dabei der Erregungsablauf mit Prüfreizen verschiedener Intensität untersucht werden.

Methodik.

Unsere Versuchsanordnung entspricht in ihren Grundzügen der Methode von *Auster*³. Als Reize wurden rechteckige Gleichstromstöße verwendet. Der Strom wurde von einer Anodenbatterie geliefert. Mit Hilfe von zwei Elektronenröhren, deren Gitter und Anode mit je einem Öffnungskontakt eines *Helmholtz*-Pendels verbunden waren, ließen sich zwei Ströme erzeugen, die sich durch Verschieben der Kontakte vermittle einer Trommel am *Helmholtz*-Pendel zeitlich genau abstimmen ließen. Diese Reizströme wurden zwei Metallelektroden zugeführt, die in Glasgefäßen mit 10%iger NaCl-Lösung eingetaucht waren. In das eine dieser Gefäße tauchte die Vp. das Endglied des Mittelfingers (differente Elektrode), in das andere die übrigen Finger derselben Hand und einen möglichst großen Teil der Handfläche

* D 15.

ein (indifferente Elektrode). Der Mittelfinger war die Anode, die Hand die Kathode; der Reizstrom floß also vom Mittelfinger zur Hand. Die Versuche wurden wie folgt ausgeführt: Der Vp. wurde abwechselnd ein Einzelreiz, der Vergleichsreiz, und ein aus zwei zeitlich getrennten Stromstößen bestehender Doppelreiz (D.R.) dargeboten, von denen der erste Reiz, den wir als Standardreiz bezeichnen wollen, mit dem Vergleichsreiz identisch war. Der zweite Reiz ist der Prüfreiz. Die Vp. hat die Aufgabe, festzustellen, ob der Standardreiz durch den folgenden Prüfreiz in seiner Wirkung verändert (verstärkt) ist, indem sie die durch den Vergleichsreiz ausgelöste Empfindung mit der durch den D.R. (Standardreiz + Prüfreiz) ausgelösten vergleicht und feststellt, ob ein Intensitätsunterschied zwischen ihnen besteht. Sie hat den Auftrag den stärkeren Reiz durch Zuruf zu bezeichnen. Die Reihenfolge von Vergleichsreiz und Doppelreiz war der Vp. unbekannt. Der Abstand zwischen dem den Doppelreiz bildenden Standardreiz und Prüfreiz (gerechnet vom Ende des Standardreizes bis zum Anfang des Prüfreizes) wurde von 0—14 msec. variiert.

Bei unseren Versuchen war es notwendig, das Intensitätsverhältnis von Standardreiz und Prüfreiz meßbar zu variieren. Zu diesem Zwecke verwendeten wir zwei Elektronenröhren mit verschiedenen inneren Widerständen zur Regelung beider Reize und schalteten außerdem in einen der beiden Reizkreise einen bis 10000 Ohm variablen Widerstand (Ruhstrat, Göttingen) ein. Auf diese Weise konnten wir den durch die Röhren bedingten Intensitätsunterschied in meßbaren Stufen ausgleichen oder verstärken. Die angelegte Spannung betrug bei der Mehrzahl der Versuche 70 Volt. Der Gesamtwiderstand in jedem Reizkreis war bei der von uns konstant gehaltenen Zeit des Stromstoßes von 0,2 msec., 6000 Ohm (Widerstand der Röhre und Widerstand des Fingers). Bezeichnen wir die Schwellenintensität für den Einzelreiz mit 100, so betrug — bei 70 Volt Spannung — die Intensität des Standard- und des gleich starken Vergleichsreizes 200. Die Intensität des Prüfreizes nahm im Vergleich zu dieser Einheit auf 172, 154, 134, 120, 108, 100, 92, 88 und 80 ab, wenn der Widerstand in dem betreffenden Reizkreis stufenweise von 1000 zu 1000 Ohm erhöht wurde.

Versuchsanordnung und Vp. waren durch einen großen Wandschirm so getrennt, daß die Vp. durch die Tätigkeit des Versuchsleiters nicht gestört oder beeinflusst werden konnte. Versuchsleiter und Vp. wechselten nach einer Anzahl von Versuchen ab. Vpn. waren der Verfasser und Fr. Eckardt, techn. Assistentin des Instituts, der ich an dieser Stelle für ihre sorgfältige und hilfsbereite Mitarbeit meinen herzlichsten Dank sage.

Versuche mit gleich starkem Standard- und Prüfreiz.

Bevor wir unsere Versuche mit Prüfreizen verschiedener Intensität durchführten, wiederholten wir die Experimente von *Auster*. Wir machten zu diesem Zwecke Vergleichsreiz, Standardreiz und Prüfreiz völlig gleich. Im ganzen wurden 541 Bestimmungen gemacht. Als Bestimmung bezeichnen wir die Entscheidung der Vp., ob der D.R. als stärker oder nicht stärker empfunden wird. Eine Bestimmung entspricht etwa 2—8 Einzelbeobachtungen, d. h., die Vp. benötigte je nach der Schwierigkeit der Entscheidung in den verschiedenen Intervallen 2—8mal der Darbietung des Vergleichs- und Doppelreizes. Mehrere Bestimmungen mit verschiedenem Intervall, aber unter sonst gleichen Bedingungen, ergeben eine Versuchsreihe. Die Angaben beider Vpn. zusammengenommen, sind in der Tabelle I wiedergegeben. Die 1. Spalte der Tabelle gibt das Intervall zwischen dem den D.R. bildenden Standard- und Prüfreiz

an. Aus der Spalte 2 der Tabelle sieht man, daß die durch den Standardreiz ausgelöste Empfindung zunächst um so weniger beeinflusst wird, je später der Prüfreiz dem Standardreiz folgt, denn die Zahlenwerte geben an, in wieviel Prozent der Fälle der aus einem Standardreiz und einem Prüfreiz bestehende D.R. von dem Vergleichsreiz allein unterschieden werden konnte. Bei einem Intervall von 0,5 und 0,6 msec

Tabelle 1.

Zusammenstellung der Versuchsergebnisse mit gleichem Standardreiz und Prüfreiz.

Die 2., 3. und 4. Spalte enthält Prozentzahlen. Reizspannung 70 Volt; Reizdauer 0,2 msec

Intervall zwischen Standard- und Prüfreiz*	Die Vpn. erklärten		trafen keine bestimmte Entscheidung**
	den D.R. für stärker	den D.R. nicht für stärker	
0,0	100		
0,1	100		
0,2	72	12	16
0,3	60	20	20
0,4	60	27	13
0,5	0	100	—
0,6	0	86	14
0,7	12	80	8
0,8	40	46	14
0,9	59	30	11
1,0	71	17	12
1,1	83	15	2
1,2	96	4	—
1,3	88	12	—
1,4	96	4	—
1,5	100	—	—
1,6	100	—	—

* Gemeint ist Ende des Standardreizes bis zum Anfang des Prüfreizes.

** Ab und zu wurde sogar der Vergleichsreiz als stärker bezeichnet.

Refraktärstadium. Hervorgehoben sei noch, daß wir in Übereinstimmung mit *Auster* feststellen konnten, daß nach Ablauf des absoluten Refraktärstadiums und des 2. relativen Refraktärstadiums der Doppelreiz keineswegs zwei Empfindungen hervorrief, sondern nur durch die Intensität vom Vergleichsreiz unterschieden war.

Versuche mit stärkeren Prüfreizen.

Nachdem wir die Gültigkeit der Resultate von *Auster* bestätigt hatten, konnten wir an die Untersuchung des Verhaltens des Nerven bei veränderter Intensität des Prüfreizes herangehen. In der 1. Versuchsreihe wurde die Intensität des Prüfreizes verstärkt. Der Standardreiz und Vergleichsreiz behielt, wie schon oben gesagt, dieselbe Intensität. Bei

war eine sichere Unterscheidung überhaupt unmöglich. Bei weiter anwachsendem Intervall nahm die Schwierigkeit der Unterscheidung wieder ab und bei einem Intervall von 1,5 msec und größer konnte von beiden Vpn. mit Sicherheit angegeben werden, ob der Vergleichsreiz oder der Doppelreiz dargeboten wurde. Dieses Ergebnis entspricht dem von *Auster*. Es zeigt, daß auf einen kurzdauernden Reizstoß im sensiblen Nervenapparat ein relatives Refraktärstadium folgt, dessen Dauer etwa 0,3—0,4 msec beträgt; auf dieses relative Refraktärstadium folgt ein absolutes Refraktärstadium von etwa 0,3 msec Dauer und weiterhin ein 2. relatives

allmählicher Vergrößerung des Intervalls zwischen Standard- und Prüfreiz fanden wir kein absolutes Refraktärstadium, d. h., es gab kein Intervall, bei dem die Vp. den Doppelreiz nicht von dem Vergleichsreiz hätte unterscheiden können. Der Prüfreiz verstärkt also in jedem Intervall die Wirkung des Standardreizes. Nur insofern machte sich das absolute Refraktärstadium bemerkbar, als die Unterscheidung des Doppelreizes vom Vergleichsreiz schwieriger wurde. Die Folge davon war, daß die Vp. bei einem Intervall von 0,5 msec wesentlich mehr Einzelbeobachtungen zu einer Bestimmung benötigte als bei größerem oder kleinerem Intervall. Ein Beispiel: Bei einer Intensität von 220* und einem Intervall von 0,5 msec waren für 5 Bestimmungen durchschnittlich je 7 Einzelbeobachtungen erforderlich. Bei einem Intervall von 0,2 msec dagegen benötigte die Vp. für jede von 5 Bestimmungen nur durchschnittlich 2 Einzelbeobachtungen, um ihre Entscheidung mit derselben Bestimmtheit zu treffen.

Je mehr der Prüfreiz dem Vergleichsreiz in der Stärke angeglichen wurde, um so mehr prägte sich das absolute Refraktärstadium aus. Es genügte aber noch ein sehr kleiner Stärkeunterschied des Prüfreizes gegenüber dem Standardreiz, um den Doppelreiz in allen Intervallen als den wirkungsvolleren herausfühlen zu können.

Darauf ist es auch zurückzuführen, daß es sehr schwierig ist, die beiden Reize mit einer solchen Präzision einander gleich zu machen, daß das absolute Refraktärstadium mit vollständiger Sicherheit zur Beobachtung kommt; häufig bleibt noch ein gewisser Prozentsatz der Bestimmungen zurück, bei dem sich die Vp. unsicher fühlt (vgl. auch Tabelle 1, Intervall 0,6 msec).

Versuche mit schwächeren Prüfreizen.

War bei Verstärkung des Prüfreizes das absolute Refraktärstadium mehr und mehr in den Hintergrund getreten, so trat es bei seiner Abschwächung um so deutlicher hervor. Um diese Tatsache festzulegen, haben wir den Widerstand im Reizkreis 2 von gleich starken Reizen ausgehend, in Stufen von 1000 Ohm erhöht und für jede dieser Stufen die Intervalle von 0,1—1,6 msec nach der Art der in Tabelle 1 wiedergegebenen Versuche durchgemessen. Insgesamt wurden 1342 Bestimmungen durchgeführt. Die Resultate sind in Kurvenscharen in Abb. 1 zusammengestellt. Auf der Abszissenachse der Abb. 1 ist das Intervall zwischen dem den Doppelreiz bildenden Standardreiz und Prüfreiz in Millisekunden eingetragen, die Ordinaten geben an, in wieviel Prozent der Fälle die Vpn. in der Lage waren, den Doppelreiz vom Vergleichsreiz zu unterscheiden. Die Ergebnisse der beiden Vpn. sind wieder zusammen genommen.

* Bezogen auf die Schwellenintensität 100, vgl. S. 719.

Beachtet man zunächst die Kurve 200, welche zur Versuchsreihe mit gleich starken Reizen gehört, so findet man entsprechend dem im I. Abschnitt Gesagten mit anwachsendem Intervall ein schnelles Abfallen der Unterscheidungsmöglichkeit, um 0,5 msec einen Bereich, in dem ein Unterschied überhaupt nicht zu fühlen war und ein erneutes Anwachsen der Unterscheidungsfähigkeit. Wir wollen dem Vorgehen von *Auster* entsprechend das Intervall von 0,0—0,45 msec als relatives Refraktärstadium I (R.R. I) bezeichnen, zum Unterschied vom R.R. II, welches dem absoluten Refraktärstadium folgt. Die Abb. 1 zeigt deutlich, daß

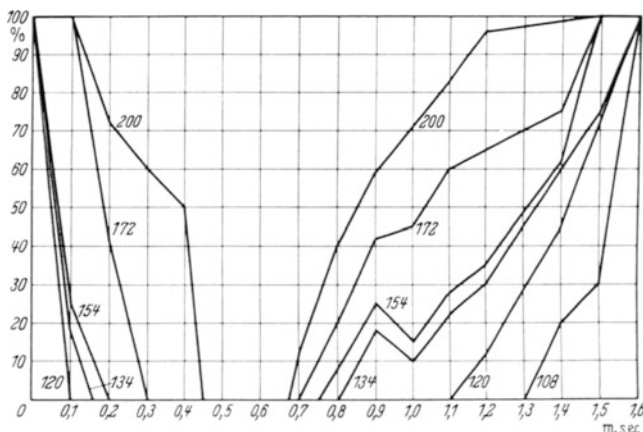


Abb. 1 zeigt den Erregungsablauf im sensiblen menschlichen Nerven bei Änderung der Intensität des Prüfreizes. Abszissen: Intervall zwischen dem Standardreiz und dem Prüfreiz. Ordinaten: Prozentzahl der Bestimmungen, in denen eine Veränderung der Empfindung durch den Prüfreiz mit Sicherheit festgestellt wurde. Die Zahlen an den Kurven geben die relativen Stromstärken des Prüfreizes, bezogen auf den Schwellenreiz = 100 an. Intensität des Standardreizes 200.

das absolute Refraktärstadium um so größer wird, je schwächer der Prüfreiz im Vergleich zum Standardreiz ist. Die Vergrößerung des absoluten Refraktärstadiums geschieht fast ausschließlich auf Kosten der beiden relativen Refraktärstadien, denn der Abstand zwischen denjenigen Punkten, in denen die Kurven die 100%-Linie erreichen, ist durch die Veränderung des Prüfreizes nicht wesentlich betroffen. Es scheint so, als ob bei fortschreitender Verminderung der Intensität des Prüfreizes das absolute Refraktärstadium zunächst hauptsächlich auf Kosten des 1. relativen Refraktärstadiums vergrößert wurde, dann erst auf Kosten des 2. relativen Refraktärstadiums. Ist der Prüfreiz gegenüber dem Standardreiz sehr schwach = 108% des Schwellenreizes, so ist der Nerv unmittelbar nach der Einwirkung des Standardreizes für diesen schwachen Prüfreiz absolut refraktär. Dieses Refraktärstadium geht dann nach kurzem relativem Refraktärstadium II in ein Stadium über, in welchem der Doppelreiz in 100% der Bestimmungen vom Vergleichsreiz zu unterscheiden ist. Bei Schwellenstärke des Prüfreizes ist ein

2. relatives Refraktärstadium kaum nachzuweisen. Bemerkenswert ist noch folgendes: Die Schwelle für den Einzelreiz ist, wie gesagt, mit 100 bezeichnet. Der Prüfreiz betrug aber bis zu 80, er war demnach in mehreren Versuchsreihen unterschwellig. Folgt ein derartiger unterschwelliger Reiz aber dem Vergleichsreiz in einem Abstand, der größer ist als 1,6 msec, so ist er imstande, die Empfindung deutlich zu verstärken. Die einfachste Deutung ist, daß er in das Supernormalstadium der ersten Erregung fällt (*Keith Lucas*¹⁰) und dadurch überschwellig wird. In dem Intervall von 0,1—1,5 msec sind dagegen alle Reize von 108 bis 80% der Schwellenreize wirkungslos, bei Einschaltung höherer Widerstände ist eine Verstärkung des Prüfreizes nicht mehr nachzuweisen.

Schwankungen im Ablauf der Erregung.

Auster hatte bereits in seiner Arbeit darauf hingewiesen, daß im 1. relativen Refraktärstadium Intervalle, in denen die Unterschiede zwischen Doppelreiz und Einzelreiz besser erkannt werden, abwechseln mit solchen, in denen die Unterschiede weniger deutlich sind. Wir hatten bereits bei der Nachprüfung der *Austerschen* Ergebnisse ähnliche Unterschiede im 2. relativen Refraktärstadium gefunden. In zahlreichen Versuchen kamen diese Schwankungen deutlich zum Ausdruck. In anderen Versuchen waren sie jedoch wieder nicht mit der gleichen Sicherheit festzustellen. Im Gesamtergebnis sind sie deshalb nur sehr wenig ausgeprägt. Auf Grund unserer sehr zahlreichen Versuche (im ganzen wurden zum Nachweis dieser Verhältnisse über 1000 Bestimmungen ausgeführt) können wir jedoch soviel sagen, daß im 1. relativen Refraktärstadium sowohl als auch im 2. relativen Refraktärstadium Schwankungen der Erregbarkeit angedeutet sind (vgl. auch die Kurven 154 und 134 der Abb. 1). Offenbar überlagert sich dieser hier angedeutete rhythmische Verlauf mit Vorgängen anderer Art und ist daher mit unserer Methode nicht faßbar.

Wir haben weiter bis zu 1,8 msec mit verschieden starkem Prüfreiz und darüber hinaus bis zu 14 msec mit gleich starken Reizen den Erregungsablauf verfolgt. Die dabei erhobenen Befunde decken sich mit denen von *Auster*, so daß wir nicht auf alle Einzelheiten einzugehen brauchen. Für ein weiteres Refraktärstadium fanden wir keine Anhaltspunkte.

Erörterung der Ergebnisse.

Die Tatsache, daß der Nerv einen auch nur sehr wenig verstärkten Prüfreiz weiterzuleiten vermag, auch wenn dieser Reiz in die durch den Standardreiz bedingte refraktäre Phase fällt (S. 721), kann durch folgende Überlegung ihre Erklärung finden: Das Alles- oder Nichtsgesetz, welches besagt, daß die Größe einer Einzelerregung, wenn sie überhaupt eintritt, unabhängig von der Stärke des sie auslösenden Reizes ist,

kann auch für das Nervensystem als gültig angenommen werden (*Adrian*⁴). Wenn dieses Gesetz Gültigkeit haben soll, so muß man eine Erklärung dafür geben, warum die Größe der Einzelerregung oft mit der Intensität zuzunehmen scheint. Dafür sind zwei Möglichkeiten gegeben: Die erste ist die, daß sich mit der Intensität eines Reizes die Zahl der erregten Nervelemente ändert und damit eine Abstufung der Empfindung hervorruft. Als zweiter Faktor ist die Tatsache anzuführen, daß ein Einzelreiz eine Folge von Erregungswellen auszulösen vermag. Die Anzahl der durch den Einzelreiz ausgelösten Erregungsimpulse ist von der Intensität abhängig. Für den zentripetal leitenden Nerven ist ein derartiges Verhalten schon von *Fröhlich*⁵ beschrieben. (Für den motorischen Nerven war es von mehreren Autoren schon vorher gefunden worden.) Wenn die Lichtintensität, mit der die Netzhaut eines Cephalopodenauges gereizt wurde, verstärkt wurde, nahm die Frequenz der Erregungswellen, wie *Fröhlich* durch Aktionsstrommessungen feststellen konnte, zu. *Adrian*⁶ konnte diesen Befund in neuerer Zeit mit feinerer Methodik bestätigen. Die erste Annahme, die Zunahme der Zahl der erregten Elemente, könnte unsere Ergebnisse erklären. Sie hat zur Voraussetzung, daß die einzelnen Nervelemente in ihrer Ansprechbarkeit auf die Intensität des Reizes ungleich sind. Infolgedessen fällt der Prüfreiz, wenn er dem Standardreiz an Intensität gleich ist oder auch wenn er schwächer ist, bei einem bestimmten zeitlichen Abstand zwischen den beiden Reizen in das Refraktärstadium, da ja alle Nervelemente, die auf die Intensität des Standardreizes angesprochen haben, refraktär sind. Ist die Intensität des zweiten Prüfreizes aber größer als die des ersten Standardreizes, so müssen außerdem zusätzlich diejenigen Nervenfasern mit erregt werden, die nur auf eine höhere Intensität ansprechen und deshalb durch den ersten Reiz nicht miterregt worden sind, also auch nicht refraktär sind. Demnach würde im Nerven immer nur eine verhältnismäßig kleine Anzahl von Fasern in Aktion treten und der Nerv behält sich eine Reserve. Das gleiche Verhalten hat *Marey*⁷ für den Flugmuskel aufgezeigt. *Herring*⁸ (1923) hat auf Grund seiner Beobachtungen das Gesetz der sog. Fluktuation aufgestellt. Das bedeutet, daß verschiedene Teile von Organen, Drüsen usw. sich in ihrer Tätigkeit abwechseln und nur immer sehr kleine Teile in Tätigkeit sind, so daß sie vor Ermüdung und Erschöpfung bewahrt bleiben. Im Nerven soll der Faserreichtum neben der Aufgabe der feinen Abstimmung der nervösen Reaktion auch als Reserveeinrichtung zur absoluten Sicherung des Funktionsablaufes vor Ermüdung oder Erschöpfung der beteiligten nervösen Einzelglieder dienen (*v. Brücke*⁹).

Auch die Beziehungen zwischen der Größe des absoluten Refraktärstadiums und der Intensität ist mit der Auffassung des Alles- oder Nichtsgesetzes gut vereinbar. Ein schwächerer Prüfreiz wird den in seiner Erregbarkeit herabgesetzten Nerven erst nach einem größeren Intervall

erregen als ein stärkerer (*Keith Lucas*, S. 35¹⁰; Versuche am Froschischiadicus). Zwischen dem Wiedereintritt der Erregbarkeit und der Stärke des Prüfreizes scheint dabei ein gewisser Zusammenhang zu bestehen, eine Gesetzmäßigkeit läßt sich jedoch aus unseren Versuchen nicht ableiten. Ähnlich verhält es sich auch mit der Abnahme der Erregbarkeit im 1. relativen Refraktärstadium, jedoch ist die Veränderung, die das 1. relative Refraktärstadium durch die Abschwächung des Prüfreizes erfährt, nicht einfach das Spiegelbild der Veränderung des 2. relativen Refraktärstadium. Man könnte daraus ableiten, daß die beiden relativen Refraktärstadien verschiedene Ursachen haben. Das relative Refraktärstadium II kommt durch die allmähliche Zunahme der Erregbarkeit zustande. Das relative Refraktärstadium I wird dagegen von *Erlanger*, *Bishop* und *Gasser*¹¹ auf die verschiedene Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung im Nerven und die Ausdehnung des Reizes zurückgeführt. Ein starker zweiter Reiz hat eine große Ausdehnung und erreicht noch Stellen der langsam leitenden Fasern, die sich noch nicht im absoluten Refraktärstadium befinden; der abgeschwächte zweite Reiz erreicht diese Fasern nicht oder er kann sie, da sie nicht nur langsamer leiten, sondern auch unempfindlicher sind, jedenfalls nicht in Erregung versetzen; daher muß auch das 1. relative Refraktärstadium um so kleiner werden, je geringer die Intensität des Prüfreizes ist.

Für die zweite Annahme (S. 724), daß nämlich ein Reiz eine Serie von Erregungswellen auslösen kann, ergeben unsere Versuche keine sicheren Beweise. Wahrscheinlich ist es auf die Inhomogenität der sensiblen Nervenfasern zurückzuführen, daß der vermutete rhythmische Ablauf des durch einen starken Reiz ausgelösten Erregungsvorganges nur andeutungsweise nachgewiesen werden kann (Abb. 1, Kurve 154 und 134). Immerhin kann mit großer Wahrscheinlichkeit vermutet werden, daß die Zunahme der Erregbarkeit im 2. relativen Refraktärstadium nicht kontinuierlich verläuft.

Zusammenfassung.

In der vorliegenden Arbeit wurde der Ablauf einer durch einen rechteckigen Stromstoß (Standardreiz) bedingte Erregung mit Prüfreizen verschiedener Intensität untersucht.

Bei gleicher Stärke von Standardreiz und Prüfreiz war in Übereinstimmung mit den Ergebnissen *Austers*, im Anschluß an die Erregung ein relatives Refraktärstadium von etwa 0,4 msec Dauer, danach ein absolutes Refraktärstadium von 0,3 msec Dauer und dann anschließend ein weiteres relatives Refraktärstadium nachweisbar.

War der Prüfreiz stärker als der Standardreiz, so trat das absolute Refraktärstadium zurück und es waren nur noch die relativen Refraktärstadien angedeutet. Umgekehrt nahm das absolute Refraktärstadium auf Kosten der relativen Refraktärstadien zu, wenn der Prüfreiz schwächer

war als der Standardreiz, und zwar um so mehr, je größer der Intensitätsunterschied war. Für sehr schwache Prüfreize ist der Nerv unmittelbar nach der Erregung bis zu 1,3 msec absolut unerregbar. Nach diesem Intervall werden unterschwellige Prüfreize wirksam.

Der rhythmische Ablauf der Erregung konnte wegen des verschiedenartigen Verhaltens der Nervenfasern nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden.

Literatur.

- ¹ Lapique, L.: Ann. de Physiol. **1**, 132 (1925). — ² Monjé, M.: Z. Sinnesphysiol. **67**, 1 (1936). — ³ Auster, U.: Pflügers Arch. **239**, 97 (1937). — ⁴ Adrian, E. D.: J. of Physiol. **47**, 460 (1914). — ⁵ Fröhlich, Fr. W.: Z. Sinnesphysiol. **48**, 70, 383 (1914). — ⁶ Adrian, E. D. and Matthews: J. of Physiol. **63**, 378 (1927). — ⁷ Marey, E. J.: Le vol des oiseaux. Paris 1890. — ⁸ Herring, P. T.: Brain **46**, 209 (1923). — ⁹ Brücke, E. Th. v.: Bethe-Bergmanns Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie, Bd. 9, S. 38. 1929. — ¹⁰ Lucas, K.: The conduction of the nervous impulse, p. 35, 60. London 1917. — ¹¹ Erlanger, Bishop and Gasser: Amer. J. Physiol. **78**, 537 (1926).
-

Lebenslauf.

Am 27. Juni 1908 bin ich als Sohn des Schulleiters i. R. Karl Gattner und seiner Ehefrau Maria geb. Heinze in Kattowitz-Domb (jetzt polnisch O.-S.) geboren.

Zuerst besuchte ich die Volksschule, dann das humanistische Gymnasium in Kattowitz bis zum Jahre 1922, das von diesem Jahre, nach dem Raub Oberschlesiens, als deutsches sog. „Minderheitsgymnasium“ bezeichnet wurde; dort legte ich 1928 meine Reifeprüfung ab.

Im Wintersemester 1928/29 begann ich mein Medizinstudium in Breslau und studierte weiterhin in Königsberg, wo ich nach dem Wintersemester 1930/31 mein Physikum machte. Während meiner klinischen Semester war ich in Freiburg i. Br. Student und legte dort im Juni 1934 mein Staatsexamen ab. Anschließend war ich zehn Monate in der Medizinischen Universitätsklinik in Freiburg als Medizinalpraktikant tätig, in der weiteren Praktikantenzeit übte ich chirurgische Tätigkeit am Kreis Krankenhaus in Glatz i. Schlesien aus. Seitdem war ich an folgenden Krankenhäusern ärztlich tätig: An der Landes-Frauenklinik in Gleiwitz O.-S. neun Monate, dann mehrere Monate Landarztstätigkeit, Tb.-Heilstätte Lippspringe i. W. und acht Monate an der Medizinischen Universitätsklinik in Leipzig.

Seit Oktober 1937 bin ich am Physiologischen Institut der Universität Leipzig tätig.

Meine akademischen Lehrer waren die Herren Professoren: in Breslau: Biltz, Buchner, Buder, von Eggeling, Schaefer, Schmitz, Winterstein; in Königsberg: Heiß, Paneth, Weiß; in Freiburg: Aschoff, Hoche, Janssen, Kahler, Noeggerath, Pankow, Rehn, Rost, Thannhauser, Wilhelm, Ziegler.