Ueber die Erregbarkeitsveränderungen im Electrotonus und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenirregung.

Von **W. Wundt.**

(Vorläufige Mittheilung.)

1. Entstehung der electrotonischen Erregbarkeitsveränderungen.

Während der Dauer des constanten Stromes ist, wie wir aus Pflüger's Versuchen wissen, die Erregbarkeit zur Seite der Kathode erhöht und zur Seite der Anode erniedrigt. Die Art des Eintritts dieser Veränderungen unmittelbar nach der Schliessung des Stromes ist bis jetzt noch unbekannt. Zeitmessende Versuche an den peripherischen Nerven liessen mich vermuthen, dass auf gewisse Erscheinungen, die hierbei zur Beobachtung kommen, Erregbarkeitsänderungen bei Entstehung des Stromes von Einfluss seien. Ich habe daher den Verlauf der electrotonischen Erregbarkeitsänderungen zu bestimmen gesucht, indem durch die zeitmessende Vorrichtung, auf welche der Muskel seine Zuckung zeichnete, in genau messbaren Zeiträumen, die beliebig variirt werden konnten, successiv die Schliessung eines polarisirenden Stromes und die Auslösung eines reizenden Stromstosses bewirkt wurde.

Die so ausgeführten Messungen ergaben, dass unmittelbar nach der Schliessung des polarisirenden Stromes die Erregbarkeit in der ganzen Länge des Nerven zu steigen beginnt. Diese Zunahme der Erregbarkeit geht auf der Seite der Kathode continuirlich in die bleibende Erregbarkeitszunahme des Katelectrotonus über. Auf der Seite der Anode steigt sie zu einem Maximum und sinkt dann wieder, um allmählich der Erregbarkeitsabnahme des Anelectrotonus Platz zu machen. Während einer gewissen Zeit nach Schliessung des constanten Stromes findet man daher den ganzen Nerven entlang die Reizbarkeit gesteigert. Dieses Stadium der in beiden Phasen des Electrotonus gesteigerten Reizbarkeit übertrifft den Verlauf einer Muskelzuckung sammt dem zugehörigen Stadium der latenten Reizung beträchtlich an Dauer. Als z. B. die negative Reizelectrode 15 Mm. von der ihr zunächst liegenden Anode entfernt war, so liess sich

noch 0,15 Sec. nach Schliessung des constanten Stromes und 0,05 Sec. nach dem Ablauf einer durch den letzteren hervorgerufenen Zuckung die Erregbarkeitszunahme der anelectrotonisirten Nervenstelle sich deutlich nachweisen.

Wie die bleibende electrotonische Veränderung, so wird auch diese Erregbarkeitszunahme des beginnenden Electrotonus schon durch Ströme hervorgerufen, welche noch keine Zuckung bewirken. Sie giebt sich zuerst in einer Verlängerung der Zuckungsdauer und erst bei weiterer Stromsteigerung in der Zunahme der Zuckungshöhe und in der Abnahme des Stadiums der latenten Reizung zu erkennen. Die letztere Erscheinung, die Abnahme der latenten Reizung, kommt aber nur dann mit Sicherheit zur Beobachtung, wenn die reizenden Electroden näher am Muskel als die polarisirenden gelegen sind, also im absteigenden Kat- und Anelectrotonus. Befindet sich der reizende über dem polarisirenden Strom, so bewirkt schon bei mässig starken Strömen der wachsende Strom eine Verzögerung der Fortpflanzung, während die Erregbarkeitserhöhung in beiden Phasen noch deutlich zu sehen ist.

Die Erregbarkeitszunahme des beginnenden Electrotonus wächst beträchtlich und für die erste Zeit der durch den constanten Strom bewirkten Erregbarkeitsschwankung für beide Phasen gleichmässig mit der Stromstärke. Sie ist eine um so längere Zeit nach dem Schluss des constanten Stromes noch nachzuweisen, je weiter sich die reizenden von den polarisirenden Electroden befinden, sie hat somit die Form einer von der polarisirten Strecke nach beiden Seiten fortschreitenden Welle.

Nach diesen Ermittlungen müssen wir voraussetzen, dass die durch die Schliessung des Stromes bewirkte Erregungswelle eine beträchtlich längere Dauer hat als die Zuckung. Die letztere besteht, wo sie überhaupt eintritt, nur während eines kleinen Theils der ganzen Erregungswelle.

Die folgenden Erscheinungen stehen mit den mitgetheilten Thatsachen in einem nahen Zusammenhang.

2. Zuckungshöhe und Zuckungsdauer.

Die Zuckungen, welche durch stärkere Nervenreize hervorgerufen werden, sind an den Nerven lebender Thiere regelmässig nicht nur höher, sondern auch längerdauernd als die durch schwächere Reize bewirkten Zuckungen. Diese Regel trifft um

so sicherer zu, je weiter vom Muskel entfernt man die Reize einwirken lässt. Unmittelbar über dem Muskel ist mehr noch als die erreichbare Zuckungshöhe die durch Stromverstärkung herbeizuführende Verlängerung der Zuckung eine beschränktere. Sonst congruente Zuckungen, die durch Reizung einer höheren und einer tieferen Nervenstelle erhalten werden, unterscheiden sich daher immer noch dadurch, dass die erstere merklich länger dauert. Geht man allmählich bei constanter Spannweite der Electroden und gleich bleibender Reizstärke vom oberen Ende des Nerven zu seinem Muskelende, so nehmen Zuckungshöhe und Zuckungsdauer ab. Diese Erscheinung lässt an völlig intacten, mit dem Rückenmark zusammenhängenden Nerven sich nachweisen. Das von Pflüger entdeckte Anschwellen der Erregung bei ihrem Verlauf durch den Nerven besteht somit, gleich den durch die Stromverstärkung bewirkten Veränderungen, nicht bloss in einer Erhöhung, sondern auch in einer Verlängerung der Erregungswelle. Der Verlauf der Muskelzuckung ist in beiden Fällen nur ein abgekürztes Bild der wirklichen Erregungsvorgänge im Nerven. Auch die Durchschneidung des Nerven vergrössert nahe der Durchschnittsstelle mit der Zuckungshöhe zugleich die Zuckungsdauer.

3. Das Zuckungsgesetz für kurz dauernde Ströme.

Dass die durch kurz dauernde Ströme bewirkten Zuckungen sich wie Schliessungszuckungen verhalten, ist bereits von verschiedenen Beobachtern bemerkt worden. Diese Erscheinung erklärt sich jetzt einfach aus der Thatsache, dass, wie wir gefunden haben, die anelectrotonische Erregbarkeitsverminderung eine gewisse Zeit braucht, um sich zu entwickeln, während zuvor an der Anode ebenso wie an der Kathode Zunahme der Erregbarkeit besteht. Zugleich liegt hierin eine neue Bestätigung der Pflüger'schen Theorie, nach welcher die Oeffnungszuckung dem Verschwinden des Anelectrotonus ihren Ursprung verdankt.

4. Latente Reizung bei verschiedener Stärke, Richtung und Dauer der Stromstösse.

Die Veränderungen, welche durch den electrischen Strom unmittelbar nach seinem Entstehen in dem Nerven hervorgerufen werden, sind auf die Ergebnisse der Messungen über Fortpflanzung der Erregung von bedeutendem Einflusse. Die Herren Helmholtz und Baxt haben bemerkt, dass die Zeit der latenten Reizung, be-

sonders für die vom Muskel entferntere Nervenstelle, mit der Stärke der Erregung abnehme. Dies gilt, wie ich gefunden habe, uneingeschränkt nur für solche reizende Ströme, deren Dauer kurz genug ist, dass nicht die anelectrotonische Erregbarkeitsabnahme während der Stromesdauer sich ausbilden kann. Bei etwas längerer Dauer des reizenden Stromes nimmt nur bei absteigender Richtung des letztern die Zeit der latenten Reizung fortan ab, bei aufsteigender Richtung nimmt sie, in Folge des an der Anode sich herstellenden Widerstandes, von einer bestimmten Grenze an wieder zu, und zwar so sehr, dass sie bei den stärksten Strömen viel grösser ist als bei den schwächsten, welche eben Zuckung bewirken. Gleichzeitig nimmt die Zuckungshöhe und Zuckungsdauer ab. Man kann daher von der nämlichen Nervenstrecke aus durch aufsteigende Stromstösse von sehr verschiedener Intensität zwei congruente Zuckungen erhalten, die aber in Bezug auf die Zeit der latenten Reizung beträchtlich von einander abweichen, indem die Zuckung des stärkeren Stromstosses erst viel später als diejenige des schwächeren eintritt. Bei geringer Spannweite der Electroden ist die Dauer der Stromstösse, die in der secundären Spirale des Magnetelectromotors durch Oeffnung einer Nebenschliessung zur primären Rolle inducirt werden, gross genug, um diese Erscheinungen hervorzurufen.

Heidelberg, Mai 1870.

Zur Iris-Bewegung.

Von Dr. **A. Gruenhagen** in Königsberg i. Pr.
(Nebst 1 Holzschnitt.)

Es sind in neuerer und neuester Zeit vielfach Versuche gemacht worden, die Anschauung, dass die Verengung der Iris-Gefässe und die damit verknüpfte Anspannung, beziehungsweise Verschiebung des Iris-Stroma als die alleinige Ursache der activen Pupillendilatation bei Reizung des Halssympathikus anzusehen sei¹⁾, und, dass die Dilatation der Pupille bei Sphincter-Erschlaffung, wie sie während des Lebens normal stattfindet, der Hauptsache nach

1) S. d. ausführlichere Entwicklung dieser Ansicht in: Surminsky, »über den Einfluss des Nicotin und Atropin auf das Gefäss-Nerven-System.« Henle und Pfeufer's Ztschr. 1869. p. 205 u. fg.