

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Allgemeine Physiologie der Muskeln und Nerven

Rosenthal, Isidor

Leipzig, 1899

Dreizehntes Kapitel

DREIZEHNTES KAPITEL.

1. Der Nervenstrom; 2. Negative Schwankung des Nervenstromes; 3. Doppelsinnige Leitung im Nerven; 4. Fortpflanzungsgeschwindigkeit der negativen Schwankung; 5. Elektrotonus; 6. Elektrisches Gewebe der Zitterfische.

1. Bei den vielen Aehnlichkeiten, welche Muskel und Nerv in ihrem Verhalten gegen Reize darbieten, kann es gewiss nicht auffallen, dass die Nerven auch hinsichtlich der elektrischen Erscheinungen sich dem Muskel ganz ähnlich verhalten. Bei der Zusammensetzung der Nerven aus einzelnen untereinander parallelen Fasern sind diese Erscheinungen denen am regelmässigen Muskelprisma analog. Nur kommen am Querschnitt des Nerven wegen seiner geringen Ausdehnung etwaige Spannungsunterschiede seiner einzelnen Punkte nicht in Betracht; der Querschnitt ist vielmehr als ein einziger Punkt anzusehen.

An einem ausgeschnittenen Nervenstück sind alle Punkte der Oberfläche oder des Längsschnittes positiv gegen die beiden Querschnitte und diese sind untereinander gleichartig. Am Längsschnitt ist stets die grösste positive Spannung in der Mitte und die Spannung fällt nach den Querschnitten hin, wie beim Muskelprisma, erst langsam, dann steiler ab, wie es Fig. 71 (S. 216) zeigt.

Unterschiede von geradem und schrägem Querschnitt kann es natürlich an den dünnen Nervenstämmen nicht geben; ebenso wenig Erscheinungen wie die am Längsschnitt der Muskeln durch schiefen Verlauf der Fasern hervorgerufenen. Wo grössere Massen von Nervensubstanz vorkommen, wie im Rückenmark und Gehirn, ist der Verlauf der Fasern ein so verwickelter, dass nichts weiter constatirt werden kann, als dass überall die Querschnitte negativ gegen die natürliche Oberfläche (Längsschnitt) sind.

2. Leitet man einen Nerven an zwei beliebigen Punkten seines Längsschnittes oder an einem Punkt des Längsschnittes und einem Querschnitt ab, und reizt dann den Nerven, so beobachtet man, dass der Nervenstrom schwächer wird. Es ist dabei gleichgültig, wodurch die Reizung des Nerven geschieht, wenn sie nur hinreichend stark ist, um eine kräftige Thätigkeit des Nerven zu veranlassen. Wir sehen also, dass im Nerven ebenso wie im Muskel mit der Thätigkeit eine Aenderung in seinem elektrischen Verhalten verbunden ist. Danach müssen wir jetzt auch die früher (Kap. VII, §. 2) gethane Aeusserung zurücknehmen, dass der thätige Zustand des Nerven sich durch gar keine Veränderung am Nerven

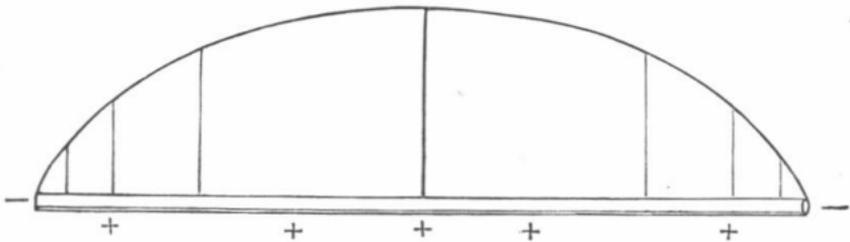


Fig. 71. Spannungen am Nerven.

selbst darthun lasse. Damals mussten wir, um die Thätigkeit des Nerven zu erkennen, denselben in Verbindung mit dem Muskel lassen. Wir benutzten den Muskel gleichsam als Reagens für den Nerven, da wir an diesem selbst weder optische, noch chemische, noch sonst irgendwie nachweisbare Veränderungen beobachten konnten. Jetzt haben wir in den elektrischen Eigenschaften ein Mittel gefunden, den Nerven selbst auf sein Verhalten zu prüfen. Dadurch erhalten wir Gelegenheit, die Thätigkeit des Nerven an ihm selbst, unabhängig vom Muskel, zu erforschen.

3. Eine wichtige Anwendung hiervon hat E. Du Bois-Reymond gemacht zur Entscheidung der Frage, ob die Erregung in der Nervenfasernur nach einer oder nach

beiden Richtungen hin fortgepflanzt werde. Reizt man einen unverletzten Nervenstamm an irgendeiner Stelle seines Verlaufs, so beobachtet man in der Regel zweierlei Wirkungen: die Muskeln, welche mit dem Nerven zusammenhängen, zucken und zugleich entsteht Schmerz. Die Erregung ist also von der gereizten Stelle sowohl nach der Peripherie als nach dem Centrum hin fortgeleitet worden und hat hier wie dort ihre Wirkung ausgeübt. Es lässt sich aber nachweisen, dass in diesen Fällen zweierlei Nerven nebeneinander im Nervenstamm vorhanden sind, motorische oder Bewegungsnerven, deren Reizung auf den Muskel wirkt, und sensible oder Empfindungsnerven, deren Reizung Schmerz verursacht. An manchen Stellen kommen diese beiden Fasergattungen getrennt vor und dann hat Reizung der einen nur Bewegungen, Reizung der andern nur Empfindungen zur Folge. Wenn wir nun einen Bewegungsnerven reizen, wird die Erregung nur nach der Peripherie hin oder auch nach dem Centrum fortgeleitet? Und wenn wir einen Empfindungsnerven reizen, wird die Erregung nur nach dem Centrum oder auch nach der Peripherie fortgeleitet? Offenbar sagen die eben erwähnten Versuche darüber nichts aus. Denn wenn die Erregung im Empfindungsnerven auch nach der Peripherie fortgeleitet wird, woran sollten wir das erkennen, da diese Nerven dort nicht in Muskeln oder andere Organe hineingehen, mittels deren sie ihre Wirkung sichtbar machen könnten? Die elektrischen Veränderungen bei der Thätigkeit bieten uns jetzt ein Mittel, die Frage zu entscheiden. Denn diese Veränderungen werden am Nerven selbst, unabhängig von Muskeln und andern Endapparaten beobachtet. Wenn wir einen rein motorischen Nerven reizen, während eine central von dem Reizorte gelegene Stelle des Nerven mit dem Multiplicator verbunden ist, sehen wir an dieser die für den thätigen Zustand charakteristische Veränderung eintreten. Und wenn wir einen rein sensiblen Nerven reizen, können wir ebenso an einer peripherisch

von der Reizstelle gelegenen Strecke dieselbe Veränderung nachweisen. Damit ist es erwiesen, dass die Erregung in einer jeden Nervenfasernach beiden Richtungen hin sich fortzupflanzen vermag. Wenn in den oben erwähnten Reizversuchen nur an einem Ende eine Wirkung beobachtet wird, so liegt dies, wie wir schon vermuthet hatten, in der That daran, dass nur dort ein Endorgan vorhanden ist, welches die Wirkung kenntlich zu machen im Stande ist.*

4. Ist die elektrische Veränderung des Nervenstromes wirklich ein nothwendiges und stets vorhandenes Zeichen des veränderten Zustandes, welchen wir mit dem Namen „Thätigkeit des Nerven“ bezeichnet haben, so muss sie ebenso wie die Erregung sich mit einer messbaren Geschwindigkeit im Nerven fortpflanzen. Bernstein ist es gelungen, dies in gleicher Weise wie am Muskel mit Hilfe des Rheotoms nachzuweisen. Die Versuche werden genau in der gleichen Weise angestellt, wie die analogen am Muskel (vgl. Kap. XII, §. 3 und 4 und die Fig. 68—70). An einen langen Nerven werden nahe dem einen Ende die Reizdrähte angelegt. Zwei Stellen des Nerven, von denen die eine der gereizten Stelle nahe, die andere möglichst weit entfernt ist, werden mit dem Galvanometer verbunden. Die erste Stelle wird durch das Rheotom in regelmässigen Zeitintervallen durch Inductionsströme gereizt, die Verbindung der beiden andern Stellen mit dem Galvanometer auf kurze Zeit hergestellt; das Zeitintervall zwischen Reizung und Verbindung mit dem Galvanometer kann verändert werden. Auf diese Weise findet man, dass erst die Stelle *a* und etwas später die Stelle *b* für kurze Zeit negativ wird. Man kann daraus berechnen, mit welcher Geschwindigkeit die Veränderung sich in der Nervenfasernach fortpflanzt. Bernstein berechnet sie auf 28 m in der Secunde. Dieser Werth stimmt so genau mit dem für die Fortpflanzung der Erregung im Nerven gefundenen (24,8 m;

* S. Anmerkungen und Zusätze Nr. 8.

vgl. Kap. VII, §. 3), als es bei derartigen Versuchen nur erwartet werden kann. Wir können aus dieser Uebereinstimmung schliessen, dass die elektrische Veränderung und die Erregung des Nerven zwei innig miteinander verbundene, stets zusammengehende Vorgänge oder vielmehr zwei durch verschiedene Mittel beobachtete Seiten desselben Vorgangs sind.*

Wenn man statt einzelner, in längern Intervallen aufeinander folgender Reize schneller aufeinander folgende anwendet, so bleiben die Veränderungen doch voneinander getrennt. Eine Verschmelzung kommt, wenn überhaupt, doch nur bei sehr hoher Reizfrequenz zu Stande. Beobachtet man die negative Schwankung ohne Rheotom bei dauernder Verbindung mit dem Multiplicator, so sieht man, ebenso wie am Muskel, eine Schwächung des Ruhestromes. Da die einzelnen Schwankungen wegen der Trägheit der Magnetnadel von dieser nicht angezeigt werden, stellt sich diese auf eine mittlere Stellung ein.

5. Wir haben schon früher (Kap. VIII, §. 1, S. 119 fg.) unter dem Namen „Elektrotonus“ Veränderungen der Erregbarkeit kennen gelernt, welche in der Nervenfasern auftreten, sobald man durch einen Theil derselben einen elektrischen Strom leitet. Diesen Erregbarkeitsveränderungen, entsprechen auch Veränderungen in dem elektrischen Verhalten des Nerven, welche wir gleichfalls als elektrotonische bezeichnen. Sei nn' (Fig. 72, S. 221) ein Nerv, a und k zwei an den Nerven angelegte Drähte, durch welche ein elektrischer Strom in der Richtung von a nach k geleitet wird; a ist also die Anode, k die Kathode des zur Erzeugung des Elektrotonus angewandten Stromes. Sobald dieser Strom geschlossen wird, werden alle Stellen des Nerven zur Seite der Anode (von n bis a) positiver, alle Stellen des Nerven zur Seite

* S. Anmerkungen und Zusätze Nr. 9.

der Kathode (von k bis n') negativer, als sie vorher waren. Der Grad dieser Veränderungen ist nicht an allen Stellen gleich, sondern die Veränderung ist dicht an der Elektrode am grössten und nimmt mit der Entfernung von derselben ab. Stellen wir von a nach n hin den Grad des positiven Zuwachses durch Linien dar, deren Höhe den Zuwachs ausdrückt, und verbinden die Kuppen dieser Linien, so erhalten wir die Curve np , deren Gestalt ein anschauliches Bild von der an jeder Stelle auftretenden Veränderung der Spannung gewährt. In gleicher Weise stellen wir die Veränderungen an der Kathodenseite dar, nur ziehen wir, um anzudeuten, dass hier die Spannungen negativer werden, die betreffenden Linien nach abwärts vom Nerven. Wir erhalten so das Curvenstück qn' . Die beiden Curvenstücke np und qn' lehren uns das Verhalten der extrapolaren Nervenstrecken. In der That wissen wir nicht, wie sich der Nerv in der intrapolaren Strecke verhält, weil es aus äussern technischen Gründen unmöglich ist, diese Strecke zu untersuchen.* Es ist lediglich eine Vermuthung, wenn wir annehmen, dass die Spannungsveränderungen sich dort ähnlich gestalten, wie es das durch eine punktirte Linie dargestellte Curvenstück pq darstellt.

Bei der Untersuchung der Spannungsänderungen, welche im Elektrotonus entstehen, muss man auf die schon vorher vorhandenen Spannungsdifferenzen der verschiedenen Punkte Rücksicht nehmen. Legt man den ableitenden Bogen an zwei symmetrische Punkte des Nerven an, so sind diese gleichartig. Bei anderweitiger Anlegung kann man die bestehenden Spannungsdifferenzen durch die oben (Kap. X, §. 7) beschriebene Compensationsmethode aufheben. In diesen Fällen sieht man die durch den Elektrotonus hervorgerufenen Spannungsdifferenzen rein auftreten. In allen andern Fällen äussern sie sich als eine Verstärkung oder Schwächung des durch die Art der Ab-

* S. Anmerkungen und Zusätze Nr. 10.

leitung bedingten Nervenstromes, doch bleibt die Art der Spannungsveränderungen dadurch unberührt.

Vergleicht man die Curve Fig. 72 mit der bildlichen Darstellung der Erregbarkeitsveränderungen im Elektrotonus, wie sie in Fig. 35, S. 122 gegeben wurde, so fällt die Analogie beider Erscheinungen in die Augen. Beide stellen, wie es scheint, zwei verschiedene Seiten desselben Vorgangs dar, der Veränderungen nämlich, welche im Nerven durch einen constanten elektrischen Strom hervorgerufen werden. Die Vergleichung beider Curven zeigt, dass da, wo die Spannung positiver wird,

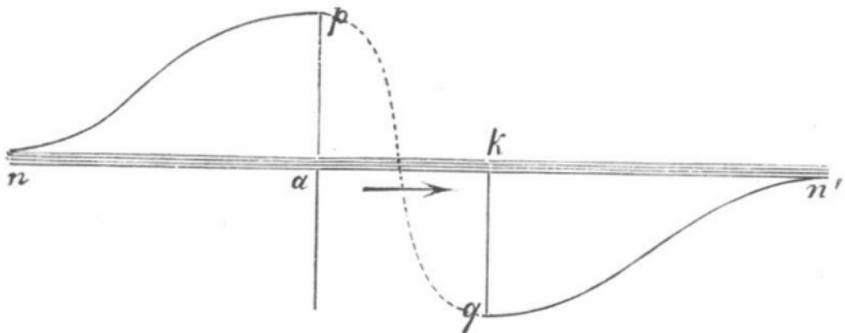


Fig. 72. Spannungsänderungen im Elektrotonus.

die Erregbarkeit verringert wird, und da, wo die Spannung negativer wird, die Erregbarkeit zunimmt. Dieses Zusammentreffen eigenartiger elektrischer Veränderungen mit den ebenso eigenartigen physiologischen, welche unter dem Einfluss des elektrischen Stromes im Nerven auftreten, legt den Schluss nahe, dass beide auf gemeinsame Ursachen zurückzuführen seien. Wir werden daher auch diese Erscheinungen berücksichtigen müssen, wenn wir uns über die Natur der elektromotorischen Wirkungen der Nerven und Muskeln eine Vorstellung zu machen versuchen. Dabei ist zu beachten, dass trotz aller sonstiger Analogien zwischen Muskeln und Nerven ein dem Elektrotonus analoger Zustand in Muskeln nicht sicher nachgewiesen werden kann.

6. Wie wir oben (Kap. IX, §. 3) gesehen haben, kann man das Gewebe der elektrischen Organe, in welchen bei den schon früher erwähnten elektrischen Fischen die so mächtigen elektrischen Wirkungen entstehen, als ein modificirtes Muskel- oder Drüsengewebe betrachten. Diese Organe setzen sich aus den elektrischen Platten zusammen, zarten häutigen Gebilden, welche in regelmässiger Anordnung vielfach neben- und übereinander geschaltet das ganze Organ darstellen. Zu jeder elektrischen Platte tritt eine Nervenfasern und unter dem Einfluss der Reizung, möge sie durch den Willen des Thieres oder durch künstliche Reizung des Nerven erfolgen, wird stets die eine Seite dieser Platte positiv, die andere Seite negativ. Da dies bei allen Platten in gleichem Sinne erfolgt, so summiren sich die elektrischen Spannungen wie in einer Volta'schen Säule, und daraus erklärt sich die ausserordentlich starke Gesamtwirkung eines solchen Organs im Vergleich zu den Wirkungen von Muskeln, Drüsen und Nerven. Aber die Grundthatsache ist doch die nämliche wie bei den Muskeln, Nerven und Drüsen. Unter dem Einfluss des physiologischen Vorgangs, welchen wir „Erregung“ nennen, treten elektrische Wirkungen hervor, welche Spannungsdifferenzen erzeugen. Wo vorher solche schon bestanden haben, werden sie verändert. Wo keine vorhanden waren (und das ist bei den elektrischen Platten der Fall), erscheinen sie als ein die Erregung begleitender kurzdauernder elektrischer Strom.

Wir sind deshalb wol berechtigt anzunehmen, dass die elektrischen Wirkungen bei allen diesen Geweben auf gleiche Weise zu Stande kommen und dass die mächtigen Wirkungen der elektrischen Organe nur den Fall einer besondern Ausbildung einer gemeinsamen Eigenschaft darstellen. Was bei den drei andern Geweben, den Muskeln, Nerven und Drüsen eine Begleiterscheinung ist, das ist beim elektrischen Gewebe zur Hauptsache geworden.
