

begreiflich erscheint die Hindrängung der markhaltigen Fasern innerhalb des Nerven nach dem anodischen Rande.

Ob die hier mitgetheilten Erscheinungen für das Verständniss vitaler Vorgänge Bedeutung haben werden, lässt sich um so weniger übersehen, als dieselben auch an todten Objecten auftreten. Jedenfalls dürfen Erwägungen dieser Art, in denen man sich leicht täuschen kann, nicht von sorgfältiger Untersuchung einer so gewaltigen Erscheinung abhalten. Zunächst scheint sie mir das Interesse der Anatomen zu verdienen; die flüssige Beschaffenheit des Marks springt z. B. direct in die Augen. Auch glaube ich bei einigen bisher als vitale betrachteten Stromwirkungen auf Organismen die Erscheinung theiligt, werde aber darüber erst später Mittheilung machen, da ich die Untersuchung fortsetze.

(Aus dem physiologischen Institut zu Königsberg i. Pr.)

Ueber Kernleiter mit Quecksilberkern.

Von

L. Hermann.

Die im Eingang der vorigen Abhandlung erwähnte, erst später mitzutheilende Untersuchung führte noch zu einer anderen Versuchsreihe, über welche mir einige Angaben am Platze scheinen.

Schon vor 25 Jahren habe ich darauf hingewiesen¹⁾, dass die wellenförmige Fortpflanzung der Erregung in der Muskel- und Nervenfasern höchst wahrscheinlich auf folgende Umstände zurückzuführen sein wird: 1) die Negativität der erregten Stelle gegen die unerregte Nachbarschaft, 2) den Umstand, dass der Faserinhalt durch Entstehen negativer und Verschwinden positiver Pola-

1) Vgl. mein Lehrbuch der Physiologie. 4. Aufl. Berlin 1872. S. 323; ferner dies Archiv Bd. 7. S. 364. 1873; mein Handbuch der Physiologie. Bd. 1. Abth. 1. S. 256. 1879, Bd. 2. Abth. 1. S. 193 f. 1879; ferner dies Archiv Bd. 31. S. 118. 1883.

risation erregt wird. Ich zeigte, dass der Actionsstrom stets so gerichtet ist, dass er die Nachbarschaft erregen, die erregten Theile aber beruhigen muss. Trotzdem reichen die bekannten Thatsachen nicht aus, um eine Differentialgleichung aufstellen zu können, welche eine wellenartige Fortpflanzung der Erregung ergeben würde, sondern man gelangt bestenfalls zu einer Fortpflanzung analog derjenigen der Wärme. Es scheint also noch ein unbekanntes Zwischenglied vorhanden zu sein, sei es auf dem Gebiete der Electricität und Polarisation, sei es eine noch unbekannte Eigenschaft der erregbaren Gebilde. Unterdess habe ich mit Samways an sog. Kernleitern Versuche angestellt¹⁾, welche auf die Möglichkeit einer wellenartigen Fortpflanzung rein polarisatorischer Veränderungen zu deuten schienen. Obwohl ich diese Versuche noch in Zürich und hier in Königsberg nach verschiedenen Richtungen weiter fortgesetzt habe, ohne etwas darüber zu veröffentlichen, und obwohl dieselben neuerdings von Boruttau²⁾ weiter entwickelt worden sind, fehlt es doch zur Zeit noch an einer befriedigenden Erklärung der Erscheinungen. Die Beobachtungen von G. Quincke (s. die Literaturangaben in der vorigen Mittheilung), welche von ihrem Urheber mit physiologischen Vorgängen in Beziehung gebracht worden sind, schienen auf die Einmischung eines noch wenig untersuchten Umstandes, nämlich Veränderungen der Oberflächenspannungen, als möglich hinzudeuten, und es ergab sich als wünschenswerth, nach dieser Richtung Versuche anzustellen, mochten dieselben auch zu ganz negativen Resultaten führen. Es handelte sich also kurz darum, nachzusehen, ob etwa ein Kernleiter, bei welchem die Polarisation zugleich Veränderungen der Oberflächenspannung bedingt, Erscheinungen zeigen würde, welche für unser Problem oder für das Problem der Muskelcontraction verwerthbar wären.

Die Wirkungen der Polarisation auf die Oberflächenspannung des Quecksilbers sind aus mancherlei in den Handbüchern der Physik zu findenden Erscheinungen, vor Allem aber aus den Bewegungen des Capillarelectrometers bekannt. Ich beabsichtigte also einen Kernleiter herzustellen, dessen metallischer Kern aus einem dünnem Quecksilberfaden bestehen sollte. Lange versuchte

1) Dies Archiv Bd. 35. S. 1. 1884.

2) Dies Archiv Bd. 58. S. 1, Bd. 59, S. 47. 1894.

ich vergebens, auf den verschiedensten Wegen solche Quecksilberfäden herzustellen, bis ich endlich auf den Gedanken kam, das Gefässsystem von Thieren zu solchen Versuchen zu verwenden.

Führt man einem Frosche eine geknöpfte Glascanüle in eine Aorta ein, so gelingt es auf bekannte Weise leicht, zunächst das Blut durch 0,6 procentige Kochsalzlösung zu verdrängen. Jetzt verbindet man die Glascanüle unter Vermeidung jeder Luftblase mit dem mit Quecksilber gefüllten Gummischlauch einer anderen Injectionsvorrichtung. Das trichterförmige Reservoir der letzteren lässt sich an einem Stative mit verticaler Schraubenspindel und Kurbel sanft auf und nieder bewegen. Man beginnt mit sehr geringem Druck und steigert denselben sehr vorsichtig, um Extravasate zu vermeiden, auf das erforderliche Maass. Günstig ist es, den Frosch während der Quecksilberinjection ganz in eine Cuvette mit 40 ° warmem Wasser zu versenken und ihn schon vor der Quecksilberinjection längere Zeit in diesem Medium zu durchwärmen. Das ganze Arteriensystem füllt sich sehr schön, ebenso einzelne Venen, besonders die grosse Bauchvene.

Am besten geeignet sind für die Versuche die sehr feinen Arterien an der Innenseite der Haut. Man lässt am besten, ehe man mit den Versuchen beginnt, den injicirten Frosch mehrere Tage liegen, um sicher zu sein, dass alle Gewebe völlig abgestorben sind. Das Hautstück mit der feinen Arterie wird auf den Objectträger gelegt, und entweder in auffallendem oder auch in durchfallendem Licht, welches die Haut in ziemlichem Grade hindurchlässt, bei mässiger Vergrösserung (Zeiss, Objectiv BB, für sehr grosses Gesichtsfeld auch a_2) ohne Deckglas beobachtet. Die ausgewählten feineren Arterien haben ungefähr das Caliber der Capillare eines guten Capillarelektrometers.

Als Objectträger dient die in der vorigen Abhandlung beschriebene Glasplatte mit zwei Stanniolblättern. Auf jedes Stanniolblatt wird ein Messingklotz aufgelegt, an welchen ein kurzer dünner Platindraht gelöthet ist; letzterer greift über den Rand des Stanniols hinüber und schwebt etwa 1 mm über der Glasfläche; sein Ende ist aber soweit abwärts gebogen, dass es auf einen beliebigen Punct der Hautplatte leicht federnd aufgelegt werden kann. Man bringt beide Platinspitzen in unmittelbare Nähe eines Seitenrandes der Arterie, ohne diese selbst damit zu berühren; die Drähte hindern

selbst bei Objectiv BB wegen seines grossen Objectabstandes die Einstellung durchaus nicht.

Die feinen mit Quecksilber gefüllten Arterien gewähren einen äusserst zierlichen Anblick. Um den soliden Quecksilbercylinder herum sieht man schön die dicke Arterienwand, um welche zahlreiche verästelte Pigmentzellen eine Art Netz bilden. Je nach der Einstellung sieht man scharf die Oberfläche des Quecksilbers, die Pigmentzellen, oder die circulären Muskelfasern in der Wanddicke.

Im Momente der Schliessung eines Stromes von 6 bis 10 oder 20 kleinen Tauchelementen sieht man sofort das Quecksilber an der Cathodenstelle anschwellen, an der Anodenstelle abschwellen. Besonders in die Augen fallend sind die Veränderungen beim Umliegen des Stromes. Die Verdünnung des Quecksilberfadens an der Anode erfolgt ohne Mitgehen der ziemlich starren Arterienwand; der entstehende Raum füllt sich mit wässriger Flüssigkeit. Zugleich sieht man an der Cathode das Quecksilber sich mit einem broncefarbenen Ueberzug von Oxydationsproducten bedecken, während es sich an der Anode reinigt, wobei ein bläulicher Schein entsteht.

An den Platinspitzen tritt natürlich Gasentwicklung auf welche aber an den Erscheinungen absolut unbetheiligt ist; dies ergibt sich schon aus dem unveränderten Auftreten der letzteren auch bei grossen Entfernungen der Platinspitzen von der Arterie, aus der Abwesenheit eines Deckglases, und vielen anderen Umständen. Am Quecksilber selbst tritt bei den bezeichneten Stromstärken nur in den extremsten Fällen Gasentwicklung auf, ein Beweis, dass die durch das Quecksilber gehenden Stromfäden meist schwach sind, und die Potentialdifferenz am Quecksilber 1 Volt in der Regel nicht wesentlich übersteigt.

Die feinen Arterien bieten häufig Stellen dar, in welchen das Quecksilber keinen langen continuirlichen Faden bildet, sondern durch zwischengelangte wässrige Flüssigkeit in kurze wurstförmige Strecken, oder auch einzelne Tropfen zerklüftet ist. Bringt man eine solche begrenzte Quecksilberstrecke zwischen die Electroden, so verlagert es sich bei der Schliessung und namentlich beim Umliegen jedesmal in toto etwas im Sinne des Stromes, d. h. das Cathodenende rückt ein wenig in der Arterie vor, mit oder ohne Anschwellung, und das Anodenende weicht zurück. Bringt man ferner die eine Electrode zwischen zwei Quecksilberstrecken seitlich an, so rücken beide Quecksilberenden einander näher, wenn

die Electrode Cathode ist, und im umgekehrten Falle auseinander; dies tritt auch bei sehr entfernter Electrodenlage ein. So kann auch sehr leicht die Cathode Confluiren getrennter Quecksilberfäden, die Anode dagegen Theilung eines Fadens bewirken, indem die Einziehung sehr stark wird.

Auch Inductionsströme haben die gleiche Wirkung. Die Wirkung einzelner Inductionsströme (bei 1 Tauchelement und ganz aufgeschobener Spirale) ist sogar noch stärker als diejenige kräftiger Kettenströme. Zwischen Schliessungs- und Oeffnungsströmen ist kein merklicher Unterschied in der Energie der Wirkungen. Bei spielendem Wagner'schen Hammer erwartete ich daher überhaupt keinen Effect; statt dessen sieht man aber an beiden Enden eines kurzen, zwischen den Electroden befindlichen Quecksilberfadens Vorrücken; wenn dies nicht etwa Folge von Erwärmung ist, so müsste man schliessen, dass das Vorrücken mit grösserer Energie erfolgt als das Zurückweichen, und daher bei raschem Wechsel den Sieg davonträgt. Ist die Frontlinse dem Präparat ziemlich nahe, wie bei Objectiv BB, so sieht man während des Durchgangs der Wechselströme dieselbe sich gewöhnlich durch Beschlagen, ja selbst Bespritzen trüben, was kaum von etwas anderem als von der Gasentwicklung herrühren kann; ein vollkommenes Verständniss, warum gerade hier die Gasentwicklung solche Wirkungen hat, fehlt mir bis jetzt.

Bringt man die Electroden einander ziemlich nahe an, so dass eine genügende extrapolare Strecke, sei es auf einer, sei es auf beiden Seiten zur Verfügung steht, so sieht man, dass die Anschwellung an der Cathode eine passive Verdrängung von Quecksilber in die extrapolare Strecke zur Folge hat, welche zuweilen sehr kräftig ist, und u. A. zum Confluiren getrennter Stellen in ziemlich grosser extrapolarer Entfernung Anlass geben kann. Gelegentlich sieht man auch die Anschwellung wie eine Art Welle über grössere Strecken des Quecksilberfadens ablaufen; ich glaube vorläufig, dass es sich hier um ein rein mechanisches Phänomen handelt, so verführerisch es auch erscheinen mag, an eine tiefere Analogie mit der negativ electrischen und Contractions-(Anschwellungs-)welle einer Muskelfaser zu denken.

Nimmt man Arterien, welche eine weichere Unterlage als die Haut haben, z. B. solche, die auf der Bauchmuskulatur verlaufen, so sieht man, besonders in dem grossen Gesichtsfelde von a_2 , dass

die extrapolaren Anschwellungswellen auf der Cathodenseite zu Streckungen gekrümmter Arterienabschnitte führen können, welche auf die Unterlage, mit der die Arterie verwachsen ist, zurückwirken und diese zuckungsartig verschieben können. Dass es sich dabei nicht um wahre Zuckungen der längst todtten Musculatur handelt, ist selbstverständlich, und kann zum Ueberfluss noch dadurch erhärtet werden, dass jede Bewegung ausbleibt, wenn man die Electroden auf eine Stelle der Musculatur setzt, welche keine mit Quecksilber gefüllte Arterie trägt.

Wie man sieht, sind alle hier mitgetheilten Erscheinungen nichts Anderes als die an einem Capillarelectrometer zu erwartenden, dessen Capillarwand, statt aus nicht leitender und starrer Substanz (Glas), aus einem nachgiebigen Leiter besteht. Die Versuche bieten also vorläufig keine neuen Gesichtspunkte; trotzdem erschien es der Mühe werth, sie kurz mitzutheilen. Es bleibt vor Allem übrig, auch die galvanischen (electrotonischen etc.) Eigenschaften eines Kernleiters dieser Art zu studiren. Bis jetzt fand ich die disponiblen Längen der feinen Quecksilberfäden hierzu nicht gross genug; ich hoffe aber geeignete Objecte zu finden, an welchen diese Aufgabe gelöst werden kann.
