

## Untersuchungen aus dem physiologischen Laboratorium in Zürich.

---

### 6. Weitere Untersuchungen über die Ursache der electromotorischen Erscheinungen an Muskeln und Nerven. (Fortsetzung.)

Von L. Hermann.

#### III. Zusatz zu dem Abschnitt über das Fehlen des Stromes in unversehrten ruhenden Muskeln.

Kurz nach dem Erscheinen des ersten Theiles dieser Arbeit<sup>1)</sup> erschien ein denselben Gegenstand betreffender schon vorher verfasster Aufsatz von H. Munk<sup>2)</sup>, nach welchem derselbe die Hautströme durch Abpräpariren der äusseren Hautlamelle mit einer Staarnadel zu eliminiren, und an zwei so vorgerichteten Ableitungsstellen den Muskelstrom nachzuweisen gesucht hat.

Auch ich habe schon oft im Hinblick auf die betreffende Stelle in du Bois-Reymond's Werk<sup>3)</sup> die Hautätzung durch mechanische Entfernung der äusseren Hautlamelle zu umgehen gedacht, stets aber dieses Vorhaben wieder aufgegeben, weil ich niemals an einem Hautstück auf diesem Wege denjenigen Grad von Stromlosigkeit zu erreichen vermochte, wie durch die Aetzung, welche ja selbst auch immer noch schwache unregelmässige Ströme hinterlässt; ferner schreckte mich die bei dieser mechanischen Behandlung unvermeidliche Misshandlung des Frosches, den ich beim Nachweis der Stromlosigkeit stets möglichst wenig zu berühren beflissen war, immer von der Anstellung des Versuchs zurück. In diesen Bedenken sind denn auch die beiden wesentlichsten Einwände gegen den

---

1) Dies Archiv 1870. p. 15 ff.

2) Nachweis des Muskelstroms am unenthäuteten Frosche ohne Aetzung der Haut. Archiv v. Reichert und du Bois-Reymond 1869. p. 649—653.

3) Untersuchungen über thierische Electricität II. Abth. 2. p. 18.

Munk'schen Versuch bereits enthalten. Den ersteren sucht er dadurch zu entkräften, dass er an der abgezogenen, über ein Thonlager ausgebreiteten Haut zwischen den Ableitungsstellen nur Ablenkungen unter 10 sc. fand, während der unenthäutete Frosch zwischen denselben Ableitungsstellen im Mittel 30 sc. Ablenkung ergab. Bei zwei »stark par-electronomischen« Fröschen betrug freilich die letztere Ablenkung ebenfalls noch nicht 10 sc.

Die Differenz, welche den Ausdruck des nach Munk im unversehrten Frosche zwischen Nacken und Tarsus vorhandenen Muskelstromes bildet, würde also im Mittel 20—40, bei »stark par-electronomischen« Fröschen 0—20 sc. betragen<sup>1)</sup>.

Am enthäuteten Thiere lieferte der Strom im ersten Falle im Mittel eine Ablenkung von 50, im zweiten von 12—15 sc.

Wenn die Vorrichtungen Munk's bei diesen Versuchen noch ihre alte, von ihm angegebene Empfindlichkeit besaßen, so wird jeder erstaunt sein über die äusserst geringe Intensität die nun mit einem Male den Strömen des unenthäuteten Thieres zugeschrieben wird. Das also ist derselbe Strom, der an du Bois-Reymond's Multiplicator von 4560 Windungen einen Ausschlag von 10—35° gab? Man bedenke, dass der Nervenstrom, der an du Bois' erstem Multiplicator einen Ausschlag von gewöhnlich 15—18° gab<sup>2)</sup>, an Munk's Vorrichtungen eine Ablenkung von etwa 200 sc. liefert<sup>3)</sup>. Wenn also, woran nicht zu zweifeln ist, Munk's Vorrichtung dieselbe geblieben ist, so hat sich der Muskelstrom des unversehrten ruhenden Frosches seit du Bois' Untersuchung etwa auf ein Zwölftel seiner früheren Stärke vermindert!

Und doch sind meine Einwendungen gegen den du Bois'schen Nachweis und den principiellen Fehler der unvermiedenen Durchätzung nach Munk und einigen Andern nichtssagend und selbst frevelhaft. Munk ätzt zuerst möglichst vorsichtig, im Allgemeinen nach meinen Angaben, und findet sehr schwache Ströme; er vermeidet jetzt die Aetzung ganz, und findet noch schwächere Ströme, und doch sind meine Arbeiten nach den Anhängern der Präexistenzlehre ganz unnütz, und wären besser unterblieben!

1) Die Zahl für den blossen Hautstrom muss mit veränderlichem Vorzeichen genommen werden.

2) Untersuchungen II. 1. p. 251.

3) Arch. v. Reichert und du Bois-Reymond 1868. p. 537.

Ein grosser Theil der physiologischen Leser ist wie ich weiss des Präexistenzstreites jetzt überdrüssig. Sie werden es noch mehr werden, wenn sie sehen wie das Streitobject sich mehr und mehr verkleinert. Es lohnte sich gegen die Existenz eines Stromes aufzutreten, der dem Strome verletzter Muskeln noch einigermaßen an Stärke nahestand, es lohnt sich nicht mehr, nachdem selbst der entschiedenste Vertheidiger der Präexistenzlehre demselben nur eine verschwindend kleine Grösse beilegt. Diese Grösse fällt nunmehr ganz in das Bereich, welches ich in meiner vorigen Arbeit characterisirt habe<sup>1)</sup>. Interessanter als den Ursachen dieser schwachen Ablenkungen nachzugehen, für deren Ausbleiben im schlimmsten Fall immer das Zauberwort »Parelectronomie« zu Gebote steht, ist das Bekenntniss Munk's, dass er auch am enthäuteten Frosche zwischen Tarsus und Nacken bei gewöhnlichen Fröschen nur 50 sc. im Mittel, bei stark parelectronomischen nur 12—15 sc. Ablenkung erhalten hat. Nimmt man an, dass die letzteren zur Berechnung des Mittels herbeigezogen sind, so würde das Maximum der Ablenkung bei etwa 85 sc. zu suchen sein. Diese Ablenkung ist etwa  $\frac{2}{5}$  derjenigen des Nervenstroms, und die mittlere  $\frac{1}{4}$ . Es erinnert diese Schwäche an die an Stromlosigkeit grenzenden äusserst schwachen Ströme die ich an vorsichtig entblösten Gastrocnemien gefunden habe<sup>2)</sup>.

Den Munk'schen Versuch habe ich in Folge des Erscheinens seiner Arbeit häufig und mit aller Sorgfalt zu wiederholen gesucht. Die von ihm zum Abpräpariren der äusseren Hautlamelle empfohlene Staarnadel schien mir bei weitem unbequemer und gefährlicher (in Bezug auf Durchbohrung der Haut), als ein kleines Messerchen, mit welchem man durch Flächenschnitte viel leichter zum Ziele gelangt. Der Versuch ist aber immer mit grober Misshandlung des Thieres verbunden, es muss anhaltend mit den Fingern fixirt werden, und wenn am Rücken die Präparation noch einigermaßen gelingt, so ist sie an den Beinen höchst unvollkommen und unsauber. Jeder hier bleibende Rest der stromgebenden Hautlamelle, jede Misshandlung des Unterschenkels oder Tarsus mit den Fingern ist aber eine Ursache aufsteigender Ströme. Niemandem der diesen Versuch wiederholt, wird er daher genug Vertrauen einflössen, um dar-

1) Dies Archiv 1870. p. 16 f.

2) Dies Archiv 1870. p. 35 f.

auf hin die Präexistenz des Muskelstroms anzunehmen, nachdem sie durch die Aetzversuche widerlegt ist (über die Fehler von Munk's früheren Aetzversuchen s. meine Arbeit p. 22 f.).

Den Uebelstand der Hautströme, welcher die Entscheidung der Präexistenzfrage am Frosch so sehr erschwert, habe ich neuerdings durch Versuche an Fischen zu vermeiden gesucht, welchen bekanntlich, vermuthlich wegen des Mangels der Hautdrüsen, die Hautströme fehlen. Es ist also hier weder eine Aetzung noch eine mechanische Präparation nöthig.

Ich habe an verschiedenen Fischen, wie sie hier auf den Markt kommen (hauptsächlich *Leuciscus barbus* und *Chondrostoma nasus*), den Versuch einfach in der Weise angestellt, dass das Thier mit Curare vergiftet wurde (wozu bekanntlich verhältnissmässig grosse Dosen und langes Zuwarten erforderlich ist<sup>1)</sup>), und dann nach oberflächlicher Abtrocknung mit Fliesspapier auf die Experimentirplatte gelegt und die ableitenden Thonspitzen an die Haut angelegt wurden. Zum vollständigen Gelingen des Versuches ist es durchaus nöthig, den Fisch vorher längere Zeit in Wasser zu bringen, welches auf die Zimmertemperatur erwärmt ist. Bei Beobachtung dieser Vorsichtsmassregel erhält man an meiner sehr empfindlichen Vorrichtung<sup>2)</sup>, von welchen Stellen

1) Vgl. Schiffer, über die Wärmebildung erstarrender Muskeln. Arch. v. Reichert & du Bois-Reymond 1868. p. 453. Anm.

2) Ich arbeite jetzt mit einer Wiedemann'schen Boussole von der neueren wesentlich verbesserten Sauerwald'schen Construction; das Instrument ist, mit Erlaubniss des Herrn Sauerwald, einem von ihm herrührenden Exemplar, welches Herr Prof. Dufour in Lausanne mir gütigst herlieh, von Herrn Goldschmid jun. in Zürich in vortrefflicher Ausführung genau nachgebildet worden. Meine Meyerstein'sche Boussole ist wegen ihrer zu schwachen Dämpfung unbrauchbar zur Anwendung des unschätzbaren du Bois'schen Verfahrens des unperiodisch gemachten Magneten. Denn sie würde dazu einen so hohen Grad von Astasie erfordern, dass jede Beobachtung unmöglich wird. Ausserdem kann man jetzt, wenn man mit unperiodisch gemachtem Magnet arbeiten will, die Empfindlichkeit des Instruments nicht mehr durch Verringerung der Astasie variiren; man ist also auf die Verschiebung der Drahtrollen angewiesen, welche nur das Wiedemann'sche Instrument gestattet.

man auch ableiten möge, Ablenkungen die stets unter 20 sc., meist unter 10 sc. liegen und von ganz unregelmässiger, oft mit der geringsten Verschiebung der Thonspitzen sich ändernder Richtung. Diese Ablenkungen liegen völlig innerhalb der von mir bereits angegebenen Fehlerquellen, und zeigen auf das schönste, dass von einem präexistirenden Muskelstrom nicht die Rede sein kann. Die Stromlosigkeit bleibt auch dann bestehen, wenn man statt der Haut Punkte der Flossen, des Schwanzes, der Kopfschilder wählt. Gewiss wird Niemand einwenden wollen, dass unter allen Ableitungspunkten der Fischoberfläche keiner sei, an welchem natürliche Muskelfaserenden zur Geltung kommen.

Je sorgfältiger man darauf hält, dass der Fisch die Zimmertemperatur annimmt, um so kleiner werden die unbedeutenden Ablenkungen, welche man beobachtet. Erst nach mehreren Stunden, zu einer Zeit wo der Fisch durch die eintretende Erstarrung steif wird, zeigen sich bei der Prüfung ziemlich kräftige Ströme, welche mit den Ableitungspunkten nach Richtung und Stärke bedeutend variiren. Der Muskelstrom an künstlichen Querschnitten ist zu dieser Zeit noch kräftig ausgeprägt. Offenbar rühren jene Ströme, die an der Oberfläche des erstarrenden Fisches nachweisbar sind, von partieller Erstarrung her.

Durch diese Versuche, deren Anstellung so einfach ist, dass jeder sie leicht wiederholen und bestätigen kann, wird, denke ich, die Lehre von der Präexistenz des Muskelstroms an lebenden ruhenden Muskeln für immer beseitigt sein.

Zum Schluss erlaube ich mir noch ein Paar Bemerkungen über die „endgültigen Präexistenznachweise“ des Herrn Worm Müller, der sich vor Kurzem von Neuem hat vernehmen lassen<sup>1)</sup>. Er lässt noch einmal einen schon publicirten Versuch abdrucken, bei welchem nach der Aetzung ein kräftiger aufsteigender Strom vorhanden war, der bei der Entblössung des Gastrocnemius sich nicht wesentlich änderte. Kein Wunder! Herr W. M. ätzt unmittelbar am Gastrocnemius, und scheidet nur diejenigen Versuche als mit Durchätzung behaftet aus, bei denen er eine Anätzung der Muskeloberfläche sehen konnte; er sieht zwar diesen groben Fehler ein, geht aber

---

1) Archiv v. Reichert & duBois-Reymond 1870. p. 208 ff. Persönliche Bemerkungen über Art und Beweggründe des Auftretens dieses Herrn gegen mich unterdrücke ich, so sehr er dazu herausfordert.

kalten Blutes darüber hinweg mit der Bemerkung (p. 218), eine so grosse Empfindlichkeit der Muskeloberfläche, dass Aetzungen, die keine Trübung bewirken, sie angreifen, müsse erst nachgewiesen werden; sie ist aber durch mich vollkommen nachgewiesen (dies Archiv 1870. p. 31); Herr W. M. hält sich trotzdem für berechtigt, auf Grund desselben Versuches in der früheren Publication meine Angaben unter einem unglaublichen Aufwand von Verachtungsbezeugungen für „falsch“ u. dgl. zu erklären, während er nicht einmal sich die Mühe genommen hat, die Versuche so wie ich sie angestellt habe zu wiederholen, besonders in Bezug auf die Wahl der Aetzstelle, auf die so viel Werth zu legen ist. Wie wenig es aber diesem Herrn auf gerechte Beurtheilung der Thatsachen ankommt, erkennt man u. A. aus Versuch 3 und 4 der früheren Arbeit (Würzb. Unters. II. p. 199, 200), welche geradezu als Bestätigungen meiner Versuche gelten können; denn hier fand der Verf. nach der Aetzung den Gastrocnemius fast stromlos (Kraft in Vers. 3  $\frac{1}{1205}$ , in Vers. 4  $\frac{1}{5988}$  Daniell!) und nach der Entblössung, die in Vers. 3 durch einen Kreuzschnitt auf dem Muskel geschah (wobei Einwirkung des Hautsecrets gar nicht zu vermeiden ist) einen recht erheblichen Strom (in Vers. 3  $\frac{1}{261}$ , Vers. 4  $\frac{1}{120}$  Daniell!), der beim Wiederbehäuten sich nur wenig verminderte; durch Blutung und Wegwischen des Blutes, womit offenbar die ätzenden Secrettheilchen recht schön auf dem Spiegel vertheilt wurden, steigt sogar in Versuch 4 die Kraft auf  $\frac{1}{75} - \frac{1}{60}$  Daniell! Herr W. M. ordnet also seine Versuche an wie es ihm grade für den Augenblick passt, wird aber damit nur oberflächliche Leser blenden können, während genaueres Eingehen überall wo die Versuche richtig angestellt sind, nur Bestätigungen meines Standpunktes erkennen lässt.

Ganz besonders ist Herr W. M. beflissen, die Glaubwürdigkeit meiner Angaben zu verdächtigen, indem er mir vorwirft (p. 225), dass ich „in gewohnter Weise die früher angeblich von mir festgestellten Thatsachen zurücknehme.“ An ehrliches Eingehen auf den Sachverhalt bin ich bei Herrn W. M. allerdings nicht gewöhnt, dieser Sprung aber übersteigt denn doch Alles was ich erwarten konnte. Was er meint ist nämlich folgendes: Ich hatte bei meinen früheren Entblössungsversuchen (Untersuchungen 3. Heft p. 22) gesagt, es sei leicht „die Berührung der Sehnen Spiegel mit der äusseren

Hautfläche oder mit Hautsecret“ zu vermeiden; das will sagen, ich befeuchtete mich das beim Abheben des Hautlappens gern erfolgende nach Innen Klappen der äusseren Hautfläche zu vermeiden und überhaupt jede directe Verunreinigung des Muskels mit Hautsecret zu verhüten. Aus den späteren veränderten Entblössungsversuchen ergab sich aber, dass bei Vermeidung jedes Hautschnittes in der Nähe des Muskels derselbe fast stromlos bleibt, woraus ich schloss, dass von jedem Schnitte in der Nähe des Muskels doch etwas Secret durch Diffusion u. dgl. auf die Oberfläche des Muskels gelangt, also bei den früheren Versuchen die Schädlichkeit der Nähe des Hautsecrets unterschätzt worden sei (dies Archiv 1870. p. 38). Diese bessere Erkenntniss stempelt Herr W. M. zum „Zurücknehmen einer von mir festgestellten Thatsache.“ Nun, mag dieser Herr über seine Unfehlbarkeit denken wie er will, ich selbst werde stets bereit sein, mich in Betreff der Deutung meiner Versuche durch meine eigenen fortgesetzten ebenso wie durch fremde Erfahrungen eines Bessern belehren zu lassen. Auf diesem schwierigen Gebiete sind irrthümliche Deutungen schon den Besten begegnet.

#### IV. Ueber Ströme an Pflanzen.

Um endgültig zu beweisen, dass das Auftreten des Stromes an ruhenden Muskeln immer an partielles Absterben geknüpft ist, und die Ableitung von anatomisch orientirten electromotorischen Theilchen gänzlich unmöglich zu machen, habe ich schon früher versucht an entleertem Muskelplasma zu experimentiren, bin aber damit aus bereits angegebenen Gründen nicht zu Stande gekommen <sup>1)</sup>. Einen vollen Ersatz hierfür schienen nun die formlosen Protoplasma-massen gewisser Pflanzen bieten zu können, welche wenigstens an den Plasmodien der Myxomyceten eine zum Experimentiren hinlängliche Grösse erreichen. Indess ist es mir seit ich mich zu diesen Versuchen entschlossen habe, noch nicht gelungen, diese Gebilde, welche nur in sehr beschränkter Jahreszeit vorkommen, mir zu verschaffen.

Einstweilen versuchte ich ob sich nicht an den in Röhren und Zellen eingeschlossenen Protoplasmen Ströme von der erwarteten Richtung auffinden lassen. Nach erfolgreichen Versuchen an den protoplasmahaltigen Internodien der Charen wandte ich mich zu

---

1) Vgl. meine „Untersuchungen“ III. p. 45 und 97.