In der That überzeugte ich mich, dass das Filtrat, welches nach der Ausscheidung des Lehmann'schen Eiweisses erhalten wird, beim Kochen sogleich eine weissliche Trübung giebt, was in frischen, nicht bebrüteten Kornkräheneiern nie beobachtet wird. Nach der Condensation dieses Filtrats bis zum ursprünglichen Volumen der zur Experimentation genommenen Menge, bildete sich beim Kochen ein Coagulum, das sich durch nichts von dem gewöhnlichen undurchsichtigen Coagulum des Hühnereieralbumins unterschied.

Es ist somit klar, dass die Undurchsichtigkeit und die milchweisse Farbe der unter dem Einflusse der Hitze geronnenen Eierweisse von bebrüteten Nesthöckereiern gar nicht von der Anwesenheit des Globulins, sondern ausschliesslich von der Verwandlung des Tataalbumins in eine beim Kochen undurchsichtige und milchweisse Modification des Hühnereieralbumins abhängt.

Alle Thatsachen, die hier angeführt sind, bestätigen zusammengekommen die schon früher von mir ausgesprochene Meinung, dass das durchsichtige glasartige Tataeiweiss meistens nur in den Eiern der Nesthöcker sich vorfindet und dass in den Eiern der Nestflüchter, die sowohl in ihrem Baue als auch in ihrer Zusammensetzung auf einer höheren Entwicklungsstufe stehen, wir sogleich auf weitere Modificationen des Tataeiweisses stossen. Die Eier der Nestflüchter und folglich auch der Hühner enthalten gar kein Tataeiweiss, oder richtiger Tataalbumin.

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

Ueber den Längs- und Querwiderstand der Muskeln.

Von

L. Hermann.

In der physiologischen Section der Naturforscherversammlung zu Berlin, am 23. September 1886, hat Herr J. Rosenthal die Mittheilung gemacht, dass der von mir vor 15 Jahren entdeckte Unterschied im Längs- und Querwiderstande der Muskeln¹⁾, wenn er überhaupt existire, unvergleichlich kleiner sei als ich angegeben

1) Vgl. dies Archiv. Bd. V. S. 223.

habe, und in Wahrheit bezweifelt werden müsse; in der That kommen die von ihm in der Sitzung mitgetheilten Zahlen der Gleichheit sehr nahe. Seinen Angaben nach bediente er sich der Wheatstone'schen Methode, unter Anwendung möglichst kurzer Schliessungen des Messstromes. Die Ungleichartigkeiten der thierischen Theile compensirte er, was er für völlig zulässig erklärte.

Der Vortragende war auch nicht in Verlegenheit, wie mein Resultat zu erklären sei. Er suchte den von mir vermeintlich gemachten Fehler in dem Umstande, dass ich eine Anzahl Sartorien neben einander in meinen Plattenquadraten anordnen musste; die gegenseitige Berührung derselben sei nicht innig genug gewesen, wodurch bei Querdurchströmung ein besonderer Widerstand entstanden sei.

Ich musste in der Sitzung mich damit begnügen, die Unmöglichkeit der letzteren Erklärung nachzuweisen, welche schon dadurch sich von selbst richtete, dass das von mir beobachtete Widerstandsverhältniss fast 1:10 erreichte. Jede Lücke in der Berührung der Muskeln war ausgeschlossen, da dieselbe sich durch Luftblasen hätte zu erkennen geben müssen. Die Flüssigkeit, welche sich einschieben konnte, war verdünnte Salzlösung, welche besser leitet als die Muskelsubstanz, also den Querwiderstand hätte verringern müssen. Herr Rosenthal meinte, dass auch bei inniger Berührung von Muskeln ein besonderer Uebergangswiderstand anzunehmen sei, eine Behauptung, für welche ich nicht allein jede theoretische oder experimentelle Begründung, sondern auch jede Wahrscheinlichkeit vermisste, da ja die Oberfläche keine principiell anderen Structurverhältnisse darbietet als das Innere des Muskels. Auch wies ich darauf hin, dass ich an starren Muskeln keinen Unterschied im Längs- und Querwiderstand gefunden habe, obgleich diese sich sicherlich nicht inniger zusammenlegen lassen als lebende. Ich hätte noch hinzufügen können, dass an Nerven, wo der Rosenthal'sche Einwand der nicht innigen Zusammenlegbarkeit eher begreiflich und von mir selber seiner Zeit schon berücksichtigt war¹⁾, meine Versuche grade eine geringere Ungleichheit des Längs- und Querwiderstandes ergeben haben, und dass vollends an Sehnen, welche sich doch gewiss schwerer innig an einander legen lassen als die weichen Muskeln, der Unterschied in Längs-

1) A. a. O. S. 229 Anm.

und Querwiderstand unvergleichlich gering sich ergab¹⁾. Auch hat Herr Rosenthal den von mir hervorgehobenen und erklärten Umstand übersehen, dass grade der Querwiderstand in den verschiedenen Versuchen übereinstimmender war als der Längswiderstand²⁾.

So ungemein leicht widerlegbar hiernach die Rosenthal'sche Zurückführung meines Ergebnisses auf eine vermeintliche Fehlerquelle bei näherer Prüfung sich erwies, und so nahe es lag, die Ursache der Nichtbestätigung meines Resultates durch Herrn Rosenthal in Versuchsfehlern des letzteren zu suchen, enthielt ich mich doch in der Sitzung einer Kritik des Rosenthal'schen Verfahrens, weil ich beabsichtigte, vor Allem mein Ergebniss nochmals zu prüfen, unter Umständen wo von einem Einwande, wie ihn Herr Rosenthal versucht hat, von vorn herein nicht die Rede sein konnte. Diese Prüfung habe ich nunmehr ausgeführt.

Anstatt wie vor 15 Jahren ein quadratisches Feld mit Muskeln auszufüllen, schnitt ich ganz einfach aus einem einzelnen Muskel ein quadratisches Stück aus und brachte es abwechselnd in Längs- und Querrihtung zwischen zwei Bäusche.

Die letzteren bestanden aus dünnen Fliesspapiercompressen (16 fach) von 60 mm Länge und 35 mm Breite, welche mit 0,6 procentiger Kochsalzlösung durchtränkt waren, und auf einer Glasplatte lagen, so dass sich ihre inneren Schmalseiten (das Papier bildet hier keinen Schnitttrand, sondern einen Umschlagsrand) genau berührten. Auf die Mitte ihrer Oberflächen wurden die Zinksulphat-Thonspitzen gewöhnlicher Röhrenelectroden aufgesetzt. Es zeigte sich in besonderen Vorversuchen, dass der Widerstand dieses Systems ausreichend constant war, dass namentlich die Art des Aufsetzens der Thonspitzen, kleine Verschiebungen ihres Ortes, Auseinanderziehen und Wiederzusammenschieben der Bauschränder nur so kleine Variationen des Widerstandes hervorbrachten, dass sie gegenüber den wesentlichen Widerständen nicht in Betracht kommen. Dies zeigte sich auch bei der Vergleichung des Widerstandes der Bäusche am Anfang und am Schluss des Versuches, während dessen sie zur Zwischenlagerung des Muskelquadrates von einander entfernt, und die Thonspitzen abgenommen werden mussten.

1) A. a. O. S. 264.

2) A. a. O. S. 227 f.

Als Muskeln dienten Sartorius und Gracilis grosser Frösche, beide gleich gut geeignet. Die Quadrate wurden aus dem mittlsten Theile herausgeschnitten, und absichtlich wurde statt eines genauen Quadrates immer ein Rechteck genommen, dessen längere Dimension in der Faserrichtung lag; es sollte damit Einwänden, welche etwa von zufälligem Ueberwiegen der Querdimension hergenommen würden, von vornherein begegnet werden und das Resultat a fortiori beweisend sein.

Ich führe nun einige Beispiele an.

1. Beispiel: Sartoriusstück.

Widerstand der Papierbäusche sammt

Röhrenelectroden für sich 2556 Einh.

Muskelstück longitudinal 4995 „

„ transversal 26982 „

Wieder Electroden etc. für sich . . . 2571 „

Hieraus ergibt sich als Widerstand des Muskelquadrates für sich¹⁾

longitudinal 2432 Einh.

transversal 24419 „

Verhältniss beider Widerstände ca. 1:10.

2. Beispiel (unmittelbar an den vorigen Versuch anschliessend). Anderes Sartoriusstück.

Electroden etc. für sich 2571 Einh.

Muskelstück longitudinal 5451 „

„ transversal 29098 „

Electroden etc. für sich 2475 „

Hieraus ergibt sich als Widerstand des Muskelquadrates für sich:

longitudinal 2928 Einh.

transversal 26575 „

Verhältniss beider 1:9,07.

3. Beispiel. Gracilisstück.

Electroden etc. für sich 2530 Einh.

Muskelstück longitudinal 4452 „

„ transversal 12734 „

Electroden etc. für sich 2440 „

Hieraus ergibt sich als Widerstand des Muskelquadrates für sich:

1) Als Widerstand der Electroden ist hierbei das Mittel aus Anfangs- und Endwerth in Rechnung gezogen.

longitudinal. . . . 1967 Einh.

transversal . . . 10249 „

Verhältniss beider 1:5,21.

4. Beispiel. Todtenstarrer Muskel.

Sartoriusstück, einem wärmestarren, und völlig wieder abgekühlten Schenkel entnommen.

Electroden etc. für sich 2331 Einh.

Muskelstück longitudinal . . . 6212 „

„ transversal 6237 „

Hieraus ergibt sich als Widerstand des Muskelquadrates für sich:

longitudinal 3881 Einh.

transversal 3906 „

Verhältniss beider fast genau 1:1.

Das frühere Resultat zeigt sich also auch an Muskelquadraten, welche einem einzigen Muskel entnommen sind, auf das Glänzende bestätigt. Auch in allen übrigen Versuchen bewegte sich das Widerstandsverhältniss in ähnlichen Grenzen, wie vor 15 Jahren. Der Querwiderstand kann bis zum Zehnfachen und darüber des Längswiderstandes betragen; die gewonnenen Zahlen sind wie man leicht sieht Minima, denn die Rechtecke sind so geschnitten, dass bei gleichem Längs- und Querwiderstand der Widerstand bei Längslagerung etwas grösser hätte erscheinen müssen als bei Querlagerung.

Bei meinen Versuchen habe ich aus naheliegenden Gründen die Rollen meiner äusserst empfindlichen Spiegelboussole sehr weit zurückgezogen, da der Compensationspunct bei geringerer Empfindlichkeit ebenso genau und viel bequemer festzustellen ist. Herr Rosenthal hat seinen Angaben nach mit möglichst grosser Empfindlichkeit gearbeitet, was ich nur so verstehen kann, dass er sich dadurch den Gebrauch recht schwacher Messströme ermöglichen wollte. Obgleich mir dies letztere irrelevant erscheint, habe ich doch nicht unterlassen, die Versuche auch mit den schwächsten Messströmen zu wiederholen (1 Daniell mit einer Nebenschliessung von 0,1 bis 0,5 Siem. Einh.), und hierzu meinem Galvanometer die volle Empfindlichkeit zu geben (es handelt sich um ein Instrument, bei welchem der Nervenstrom Ablenkungen von 400—500 sc. giebt). Auch so ergaben sich ganz die gewöhnlichen Resultate, und zwar auch dann, wenn ich, wie im folgenden Beispiel, den Messstrom stets nur momentan schloss.

5. Beispiel. Sartoriusstück. (Schwächster Messstrom, momentaner Schluss.)

Electroden etc. für sich	2837,5	Einh.
Muskelstück longitudinal	5869,5	„
„ transversal	21900,5	„
Electroden etc. für sich	2704,5	„

Hieraus ergibt sich als Widerstand des Muskelquadrates für sich:

longitudinal	3098,5	Einh.
transversal	19129,5	„

Verhältniss beider 1:6.

Es bleibt also in jeder Hinsicht bei dem von mir aufgestellten Satze; es bleibt ebenso bei dem von Herrn Rosenthal ebenfalls bestrittenen Ranke'schen Resultat, dass die Starre den Widerstand der Muskeln bedeutend vermindert¹⁾, und zwar mit dem von mir vor 15 Jahren gemachten Zusatze, dass diese Verminderung wesentlich nur den Querwiderstand betrifft²⁾, was Herrn Ranke entgehen musste, weil er die Muskeln ohne Rücksicht auf die Lagerung in ein Glasrohr stopfte, ein Verfahren, zu welchem Herr Rosenthal jetzt zurückzukehren für gut findet.

Ich habe die neuerliche Gelegenheit benutzt, um eine kleine Lücke der alten Untersuchung auszufüllen, nämlich den Längs- und Querwiderstand auch an gebrühten, also nicht gesäuerten Muskeln zu vergleichen. Auch hier ist der Unterschied beseitigt, grade wie bei starren Muskeln, wie folgendes Beispiel zeigt.

6. Beispiel. Sartoriusquadrat von einem in siedendes Wasser geworfenen und gut wieder abgekühlten Schenkel.

Electroden etc. für sich	2032,5	Einh.
Muskelstück longitudinal	5000	„
„ transversal	5122,5	„

Hieraus ergibt sich als Muskelwiderstand:

longitudinal	2967,5	Einh.
transversal	3090,0	„

also beide nahezu gleich.

1) Dies ergeben auch die obigen Beispiele, obgleich darauf hingewiesen werden muss, dass die Versuche unter einander nicht ohne Weiteres vergleichbar sind, da Seite und Dicke des Muskelquadrates vom Muskelindividuum abhängen. Bei meinen alten Versuchen war stets derselbe Raum mit Muskelsubstanz erfüllt, die Resultate also direct vergleichbar.

2) Vgl. a. a. O. S. 228.

Es bliebe nun noch die Frage zu beantworten, welche Ursache Herrn Rosenthal verhindert hat, eine so prägnante Thatsache zu bestätigen. Man könnte, wie ich schon in der Sitzung anführte, auf den Gedanken kommen, dass Herr Rosenthal durch die Anwendung von Momentanströmen den von Polarisation herrührenden Antheil des Widerstandes, welcher, wie ich gezeigt habe, den Unterschied des Quer- und Längswiderstandes wesentlich bedingt, eliminirt habe. Allein ich musste sofort hinzufügen, dass wie ich schon vor 15 Jahren gefunden¹⁾ und neuerdings noch viel schärfer nachgewiesen habe²⁾, die Polarisation der thierischen Theile sich mit fast unmessbarer Geschwindigkeit sofort bei der Schliessung entwickelt. Es bleibt also leider nichts Anderes übrig, als die Ursache in Fehlern des Rosenthal'schen Verfahrens zu suchen. Ich will nicht untersuchen, wieweit Herr Rosenthal die Erregung mit ihren complicirten Einflüssen auf den Widerstand ausgeschlossen hat, wovon er nichts erwähnt hat; dass unbewegliche Lagerung hierzu nicht ausreicht, liegt auf der Hand. Man braucht aber nach solchen Feinheiten nicht zu suchen; denn eine ungleich ernstere Fehlerquelle liegt in dem Umstande, dass Herr Rosenthal seine Muskeln in quadratische Tröggchen legte, deren Seitenborde aus mit Salzlösung getränktem Gips bestanden. Er hatte also sowohl bei Längs- wie bei Querdurchströmung eine aus zweien dieser Seitenborde bestehende Nebenschliessung zum Muskelpreparat. Kein Wunder, dass er so von dem Unterschiede zwischen Längs- und Querwiderstand, und von dem Unterschied im (Quer-) Widerstand lebender und starrer Muskeln wenig oder Nichts zu sehen bekam. Eine einfache Rechnung lehrt, dass, wenn z. B. der Längs- und Querwiderstand des Muskels sich wie 1:8 verhält, die Widerstände des gefüllten Troges bei Längs- und Querstellung sich nur verhalten wie

$$1:1,5 \text{ für } w = 0,61 \text{ W}$$

$$1:2 \quad „ \quad w = 1,38 \text{ W}$$

$$1:3 \quad „ \quad w = 3,2 \text{ W}$$

$$1:4 \quad „ \quad w = 6 \text{ W}$$

u. s. w.,

worin w der Längswiderstand zweier neben einander leitender Seitenborde, und W derjenige der Muskelsubstanz bei Längsdurch-

1) A. a. O. S. 238.

2) Vgl. meine demnächst zu publicirende Arbeit über die Polarisation der Muskeln und Nerven.

strömung (also 8 W bei Querdurchströmung) ist. Ich weiss nicht, wie gut Herrn Rosenthal's Gipswände im Verhältniss zum musculären Troginhalt leiteten, bis zu welchem Grade sie also das zu untersuchende Verhältniss verwischten. Verwischen mussten sie es aber jedenfalls.

Aber auch dieser recht verhängnissvolle Umstand scheint mir doch nicht völlig hinzureichen, um Herrn Rosenthal's Misserfolg zu erklären; denn das von ihm gefundene Verhältniss war noch geringer als 1:1,5, und ich glaube nicht, dass seine Gipswände bessere Leiter waren als die Muskeln. Sollte er vielleicht noch besser leitende Nebenschliessungen zum Muskel gehabt haben? Er hat mitgetheilt, dass er die Ungleichartigkeiten der Muskeln compensirt habe. Ich weiss nicht, wie er das zu Stande gebracht hat, in einer mit der Wheatstone'schen Methode vereinbaren Weise; er ging in seinem Vortrage über diesen heiklen Punkt leicht hinweg. Die einzige hier zulässige Art der Compensirung scheint mir unausführbar, und andererseits die gewöhnliche Compensationsmethode absolut unzulässig, resp. zu ungeheuren Fehlern führend.

Ich möchte bei dieser Gelegenheit hervorheben, dass ich selber zur Compensirung nie Anlass gefunden habe. Sowohl bei Längs- wie bei Querdurchströmung kommen die thierischen Theile in stromloser Anordnung in den Kreis. (Bei Herrn Rosenthal's Verfahren, bei welchem die Muskeln in einen Trog einzufügen waren, mag eine so genaue Lagerung vielleicht nicht möglich gewesen sein, wie sie mein Verfahren mit nachträglichem Abschneiden des über die Glasränder Hinausragenden¹⁾ zuliess.) Wo, trotzdem eine Ungleichartigkeit besteht, giebt es mehrere einfache Mittel dieselbe unschädlich zu machen. Das erste ist folgendes: man beobachtet die kleine Ablenkung, welche die Ungleichartigkeit vor Schluss des Messstromes am Galvanometer hervorbringt (dieselbe ist schwach wegen der Nebenschliessung zum Galvanometer, welche das Wheatstone'sche System mit sich bringt, und ist bei wenig empfindlichem Galvanometer verschwindend klein), und betrachtet die abgelenkte Stellung des Magneten als Nullpunct für die Widerstandsmessung. Der Fehler welcher hierbei gemacht wird, ist äusserst gering; er besteht nämlich nur darin, dass durch Schluss des Messstromes noch eine weitere Nebenschliessung zum Galvanometer eingeführt wird; der Widerstand im Kettenkreise wird also hierbei zweck-

1) Vergl. a., a. O. S. 224.

mässig recht gross genommen; wäre er unendlich, so wäre der Fehler genau Null. Das zweite Mittel besteht darin, dass man auf die durch die Ungleichartigkeit bedingte Ablenkung keine Rücksicht nimmt, also bei der Widerstandsmessung auf den wirklichen Nullpunct einstellt, den Messstrom aber in zwei Richtungen anwendet (oder bequemer die thierischen Theile umschaltet) und aus beiden Resultaten das Mittel nimmt¹⁾; der hierbei gemachte Fehler ist ebenfalls verschwindend klein. Ganz und gar aber entgeht man dieser Sorge, wenn man ein so wenig empfindliches Galvanometer anwendet, dass die Ungleichartigkeiten durch die Nebenschliessung hindurch gar nicht auf dasselbe einwirken; dann können sie natürlich auch das auf Compensation der Galvanometerablenkung beruhende Resultat der Widerstandsmessung nicht beeinflussen, dessen Genauigkeit man trotz des unempfindlichen Galvanometers durch Verstärkung des Messstromes beliebig weit treiben kann. Das durch diese einfache Betrachtung gewonnene Resultat, dass für den Fall von Ungleichartigkeiten ein unempfindliches Galvanometer und ein starker Messstrom das Zweckmässigste sind, lässt sich leicht auch auf analytischem Wege bestätigen, was dem Leser überlassen bleiben kann.

Ich schliesse mit dem Ausdruck des Bedauerns, dass eine so eklatante und leicht zu bestätigende Thatsache bestritten worden ist. Da diese Thatsache für mich die Grundlage eines 15jährigen Weiterbauens und der Ausgangspunkt meiner Erklärung des Electrotonus war, so wird man es mir nicht verargen dürfen, dass ich den vor den versammelten Physiologen Deutschlands erfolgten Angriff, nach nochmaliger Prüfung des Sachverhalts, so bald wie möglich zurückgewiesen und nicht auf unabsehbare Zeit hin die ausführliche Publication des Angreifers abgewartet habe. Ueberhaupt existirt meinem Gefühle nach für Angriffe auf thatsächliche Ergebnisse das Beneficium der vorläufigen Mittheilung nicht.

1) Dies Verfahren habe ich sehr oft angewendet, ohne es ausdrücklich zu erwähnen; vgl. die Andeutungen a. a. O. S. 223.