

mir gegebene Deutung des Bernstein'schen und des hier gefundenen Satzes, wenn ich nicht sehr irre, schon deshalb der Bernstein'schen vorzuziehen, weil, wenn eine Abnahme der Molekelkraft oder ihrer Wirksamkeit nach aussen bei der Thätigkeit stattfände, die negative Schwankung des electrotonischen Zuwachses zur Grösse dieses letzteren ungefähr in demselben Verhältniss stehen müsste, wie die negative Schwankung des ruhenden Nervenstroms zur Grösse dieses letzteren; in Wirklichkeit aber ist nach Bernstein's und meinen Versuchen jene Schwankung relativ ungemein viel kleiner.

Auf die physiologische Bedeutung der hier erörterten That-  
sachen werde ich in einer folgenden Arbeit einzugehen haben.

Zürich, im October 1872.

---

## Myophysische Untersuchungen.

Von

**W. Preyer.**

---

### Vierte Abhandlung.

#### Polemisches.

Im achten Hefte dieses Archivs (1872, VI. 395—412), welches ich vorgestern (am 15. Oct.) erhielt, haben B. Luchsinger in Zürich und Julius Bernstein, Professor in Berlin, es unternommen mit viel Ausführlichkeit mir einen Irrthum nachzuweisen, welchen ich längst selbst in diesem Archiv (VI, 249) als solchen bezeichnet hatte. Eigenthümlich ist es, dass beide Recensenten, obwohl sie meine Berichtigung kannten, wie jeder von beiden in je einer besonderen Nachschrift bemerkt, doch auf die Veröffentlichung ihrer Exposés nicht verzichten wollten.

Ausser den durch meine dritte Abhandlung schon vor ihrem Erscheinen völlig gegenstandlos gemachten weitschichtigen Erörterungen (VI, 396 unten bis 401 oben, 409 oben bis 411 oben) enthalten die beiden erwähnten Artikel noch einige Sätze, welche der Widerlegung um so mehr bedürfen, als sie sich gegen die Grund-

lage meiner Untersuchung wenden und bei denen, welche sich nur für das Resultat interessiren, Zweifel an dessen Richtigkeit nähren könnten, was nicht wünschenswerth ist.

Ich habe aus Volkmann's Experimenten zwei neue Sätze gefolgert:

1. Die Dehnungen ruhender Muskeln sind proportional den Logarithmen der dehnenden Gewichte.

Gegen diesen Satz ist von keiner Seite Widerspruch erhoben worden. Er wird mit keiner Sylbe erwähnt. Ich brauche, da die berechneten mit den beobachteten Zahlen gut stimmen (VI, 245—248), kein Wort hinzuzufügen. Der Satz ist richtig.

2. Die Contractionsgrösse des unbelasteten Muskels ist proportional dem Logarithmus der fundamentalen Reizgrösse.

Dieser Satz wird angegriffen und zwar von zwei Seiten. Die physiologische Grundlage ist, so sagen die Gegner, total unzulässig; aber selbst wenn sie richtig wäre, so fahren sie fort, ist doch der Satz falsch, weil die mathematische Deduction durch und durch fehlerhaft sei.

Ich will nun zuerst nachweisen, dass die mathematische Ableitung, durchweg vollkommen richtig, insbesondere frei ist von den vermeintlichen Fehlern unter der Voraussetzung, dass die physiologische Grundlage richtig ist. Sodann will ich die Zulässigkeit dieser physiologischen Grundlage darthun.

Der Einfachheit halber beziehe ich mich ausschliesslich auf die dritte myophysische Abhandlung (VI, 237—248), welche in allen Puncten triftig ist.

### I. Die mathematische Ableitung.

Zunächst ist der Einwand zu beseitigen die Differenzialgleichung

$$dH = k \frac{dq}{q}$$

von welcher ich ausging, sei nicht bewiesen.

Da diese Gleichung nichts als die Definition der zu Grunde gelegten Hypothese ist (dass bei ein und demselben Muskel die absoluten Veränderungen der einen Variablen [Hubhöhe] den relativen Veränderungen der anderen [Reizgrösse] proportional seien), so bedarf sie in Ansehung ihrer Richtigkeit keines Beweises. Sie bedarf desselben ebensowenig wie irgend eine andere Definition,

von welcher es nicht zweifelhaft ist, dass sie keinen inneren Widerspruch enthält. Ihre Anwendbarkeit auf die vorliegenden Erscheinungen aber soll bewiesen werden und zwar durch Vergleichung ihrer Consequenzen mit den Thatsachen.

Die nächste Consequenz ist die Gleichung

$$H = k \log \frac{q}{s},$$

welche die von der definirten Hypothese verlangte Relation zwischen den endlichen Grössen der Variablen ausdrückt. Sie besagt, dass der absolute Werth des  $H$  nicht durch den Werth von  $q$  allein bedingt ist, sondern durch das Verhältniss von  $q$  zum jeweiligen Schwellenwerth  $s$ , das heisst zu demjenigen speciellen Werth von  $q$ , welcher im concreten Fall  $H = 0$  machen würde. Allerdings wird — und jetzt wende ich mich gegen den Hauptangriff, die vermeintliche Verwechslung von Constanten und Variablen — bei der Ableitung der endlichen Gleichung aus der Differenzialgleichung, zunächst  $q$  als Variable und der Specialwerth  $q_1 = s$  als Constante gedacht, weil der Process der Integration darauf abzielt, je eine Reihe zusammengehöriger (hier derselben Erregbarkeit entsprechender) Aenderungen des  $H$  zu summiren. Daraus folgt aber keineswegs, dass nun der Specialwerth  $q_1 = s$  ein für allemal derselbe bleiben muss. Im Gegentheil, wenn alle Veränderungen  $dH$  und  $dq$ , deren ein und derselbe Muskel überhaupt fähig ist, durch den Ausdruck

$$dH = k \frac{dq}{q}$$

umspannt sein sollen und zwar mit demselben Werthe von  $k$ , wie auch die Erregbarkeit sich ändern möge, so muss die endliche Gleichung auch alle möglichen Abstufungen des Schwellenwerthes, welche mit der blossen Veränderung der absoluten Reizgrösse verbunden sein können, mit umfassen. Es ist also in ihr zwar  $s$  eine Constante, sofern je eine Folge zusammengehöriger Werthpaare von  $H$  und  $q$  betrachtet wird, aber eine Constante, welcher successive alle möglichen Werthe beigelegt werden müssen, wenn der Inhalt der ursprünglichen Differenzialgleichung erschöpft werden soll, d. h. in der endlichen Gleichung erscheint die Grösse  $H$  nicht als Function einer, sondern — und hierauf lege ich das grösste Gewicht — als Function zweier Urvariablen. Alle Werthe von  $H$  und  $q$ , welche in ein und demselben Muskel, dessen Natur durch

einen bestimmten Werth von  $k$  definirt ist, miteinander verbunden überhaupt vorkommen können, ordnen sich als ein System von Curven, dessen einzelne Glieder durch **stetige Variation der Constante  $s$**  successive erzeugt werden.

Alle diese Verhältnisse sind bekanntlich nicht etwa der vorliegenden Differenzialgleichung eigenthümlich. Charakteristisch für das von mir betrachtete Problem ist allein der Umstand, dass in der endlichen Gleichung die willkürliche Constante und die ursprüngliche Variable als vollkommen äquivalente Elemente sich miteinander verbinden, indem der Quotient  $\frac{q}{s}$  als das schliessliche Bestimmungsstück für  $H$  auftritt. Demnach bedeutet die endliche Gleichung in Worten: Wenn bei einem Muskel für alle vorkommenden Abstufungen der Reizstärke und der Reizbarkeit die absoluten Veränderungen des  $H$  den relativen des  $q$  immer in derselben Weise, d. h. mit demselben Factor  $k$ , proportional bleiben, so ist der endliche Werth des  $H$  überhaupt nicht durch  $q$  allein und nicht durch  $s$  allein bestimmbar, sondern nur durch das Verhältniss  $\frac{q}{s}$  (den fundamentalen Reizwerth). Es mögen  $q$  und  $s$  einzeln genommen noch so sehr variiren, entscheidend bleibt nur der jedesmalige Werth ihres Verhältnisses durch Vermittlung der logarithmischen Function. Und das ist gerade die charakteristische Consequenz aus der Hypothese, welche in der obigen Differenzialgleichung definirt worden ist.

Hätten die Recensenten sich ein wenig in die Untersuchung vertieft, so würden sie vielleicht selbst jene Consequenz sich abgeleitet haben. Nun werden sie einsehen, wie unberechtigt ihre Vorwürfe sind.

Denn es leuchtet ein, dass die experimentelle Prüfung jener Consequenz ebensogut erfolgen kann, wenn bei constantem  $q$  der Werth von  $s$  variirt wird, wie wenn bei constantem  $s$  der Werth von  $q$  sich verändert, und dass, wenn ersteres geschieht, weil für letzteres die Data fehlen, solches nicht im Geringsten eine Verwechselung von Constanten und Variabeln involvirt. Wenn beobachtet wird, wie  $H$  von  $s$  abhängt, wenn  $q$  constant bleibt, so ist damit, auf Grund der deutlich bezeichneten Voraussetzung der ganzen Deduction, unmittelbar auch festgestellt, wie  $H$  von  $q$  abhängen würde, wenn  $s$  constant gehalten werden könnte.

Somit steht die mathematische Ableitung unversehrt da.

## II. Die physiologische Begründung.

Die von mir aufgestellte Theorie setzt in physiologischer Hinsicht zweierlei voraus:

1. dass die Relation zwischen  $dH$  und  $dq$  für ein und denselben Muskel allgemein gelte, so lange nicht durch Erschöpfung, durch Eingriffe, durch die Thätigkeit selbst eine Structuränderung, eine wesentliche Modification seiner Natur herbeigeführt wird, dass also seine Beschaffenheit in Betreff der vorliegenden Erscheinungen durch eine Constante  $k$  vollkommen definirbar sei, oder anders ausgedrückt, dass es gleichgültig ist, ob bei gleichbleibender oder veränderlicher Erregbarkeit die Reizstärke verändert wird;
2. dass bei den Volkmann'schen Experimenten das äquilibrirende Gewicht umgekehrt proportional dem Schwellenwerth sei, wenn  $q$  constant bleibt, womit zugleich die Folgerung gegeben wäre, dass das Gewicht  $p$  ein Maass für den fundamentalen Reizwerth  $\left(\frac{q}{s}\right)$  abgibt.

Von diesen beiden physiologischen Voraussetzungen bildet die erste ein wesentliches Element der Hypothese, welche durch die ganze Untersuchung geprüft werden soll, gerade wie die Annahme der Proportionalität zwischen  $dH$  und  $\frac{dq}{q}$  selbst. Sie bedarf also ebensowenig wie diese Proportionalität eines der Untersuchung vorhergehenden Beweises, sondern höchstens einer vorläufigen Motivirung. Diese wird durch die Thatsache der Reizschwelle des Muskels gegeben, welche zur Heranziehung auch anderer psychophysischer Analogien berechtigt.

Dagegen bildet die zweite Voraussetzung die Grundlage für die Prüfung der ganzen Theorie an der Erfahrung, bedarf also eines physiologischen Beweises. Es muss begründet werden, dass, mindestens wenn die mehrfach erwähnte Differenzialgleichung den Zusammenhang der vorliegenden Erscheinungen angibt, der Quotient  $\frac{q}{s}$  empirisch ermittelt und mit dem beobachteten  $H$  verglichen werden kann. Das Verlangte wird erreicht sein, wenn ich nachweise, dass das Gewicht  $p$ , die absolute Muskelkraft, umgekehrt

proportional ist dem Schwellenwerth des Reizes. Diesen Nachweis aber gibt folgende Ueberlegung.

Prüft man näher den Begriff der Muskelreizbarkeit = Muskel-erregbarkeit, so weit er hier in Betracht kommt, so ergibt sich, dass er durch nichts sich unterscheidet von der Verkürzungskraft (Muskelcontractilität). Je erregbarer ein Muskel, um so mehr verkürzt er sich, ein unerregbarer Muskel ist nicht contractil. Es gibt kein anderes Zeichen der Erregbarkeit eines frei aufgehängten Muskels, als dass er sich, wenn er gereizt wird, contrahirt. Man kann niemals einen Muskel erregbar nennen, der sich auf Reize nicht contrahirt, es sei denn, dass er künstlich daran verhindert werde. Kurz die Ausdrücke Muskeleerregbarkeit und Verkürzungskraft decken sich und bezeichnen die Kraft, mit der der Muskel sich verkürzt, wenn Reize in ihm wirken, ähnlich wie die Elasticität die Kraft ist, mit der der Muskel, oder ein anderer Körper, seine ursprüngliche Form wieder annimmt, wenn dieselbe durch äussere Kräfte verändert worden ist. Muskeleerregbarkeit kann definirt werden, (soweit sie hier in Betracht kommt) als die Kraft, mit welcher der Muskel sich verkürzt. Diese Kraft kann von sehr verschiedener Grösse sein. Ausdrücken aber lässt sie sich sehr genau durch dasjenige Gewicht, welches die Verkürzung gerade annullirt. Dies gibt der erste der beiden Kritiker (VI, 396) ausdrücklich zu. Es wird aber überhaupt mit Erfolg nicht bestritten werden können, dass die verkürzende Kraft durch das die Verkürzung compensirende Gewicht gemessen werden kann. Nun ist aber dieses compensirende Gewicht kein anderes, als das Gewicht  $p$  in Volkmann's Versuchen. Also ist  $p$  proportional der verkürzenden Kraft, folglich proportional der Erregbarkeit. Endlich aber wird Niemand leugnen, dass der Schwellenwerth des Reizes umgekehrt proportional ist der Erregbarkeit (in demselben Sinne wie eben), folglich ist auch das Gewicht  $p$  umgekehrt proportional dem Schwellenwerth  $s$  also

$$p = \frac{\gamma}{s}$$

wo  $\gamma$  eine Constante.

Ist einmal diese Gleichung anerkannt, so folgt mit Nothwendigkeit, dass  $\alpha p = \frac{q}{s}$ , wo  $\alpha = \text{const.}$  und  $q = \text{const.}$ , wie ich bereits gezeigt habe (VI, 239) und hieraus ergibt sich die Triftigkeit

meiner ganzen Deduction und die gegen die physiologische Basis gemachten Einwände erweisen sich als ebenso haltlos wie die gegen die mathematische Ableitung erhobenen. Uebrigens wird in meinem ausführlichen Werk das Ganze näher begründet.

Ich schliesse hier mit

### III. Einigen thatsächlichen Bemerkungen.

1. Die Vergleichung der beobachteten Werthe von  $H$  und  $p$  beweist die Theorie in demjenigen Sinne, in welchem allein von einem experimentellen Beweis irgend einer Theorie die Rede sein kann. Sie zeigt nämlich, dass die Consequenzen derselben in Bezug auf messbare Verhältnisse an der Erscheinung die Thatsachen genauer wiedergeben, als irgend ein anderes, in ihr nicht enthaltenes, empirisches Gesetz thun könnte. Das erforderliche und ausreichende Merkmal hierfür ist die Kleinheit und Unregelmässigkeit der Abweichungen zwischen Beobachtung und Berechnung nach Bestimmung der wahrscheinlichsten Werthe der Constanten. Der Grad der Zuverlässigkeit, den eine solche Prüfung gewährt, ist bekanntlich allein gegeben durch den Grad der Unwahrscheinlichkeit, dass die gefundene Uebereinstimmung blosser Zufall sei. Diese aber steigt: 1. mit der Kleinheit der Fehlergrenze in den Beobachtungen; 2. mit der Grösse des Intervalls in der willkürlich Veränderlichen ( $\log p$ ), auf welches sich in jeder Reihe die Prüfung erstreckt; 3. mit der Zahl der Versuchsreihen.

Wer daraufhin die vier (VI, 245, 246) bis jetzt veröffentlichten durchgerechneten Beobachtungsreihen näher betrachtet, wird anerkennen müssen, dass namentlich eine Reihe für sich genommen, die zehnte, durch die Grösse des Intervalls und die Kleinheit und Unregelmässigkeit der Abweichungen einen sehr hohen Grad für die Unwahrscheinlichkeit zufälligen Zusammentreffens ergibt. Diese Reihe aber wurde gerade mit einem Muskel von ganz ungewöhnlicher Tenacität angestellt, welcher seine Lebenseigenschaften besonders lange behielt, während die der anderen Reihen durch die Experimente eingreifender verändert wurden, so dass diese nur als Stützen herbeigezogen werden dürfen, sofern kein unbedingt widersprechender Fall vorliegt.

2. Ich habe (S. 244) ausführlich und in durchsichtiger Weise gezeigt, dass das Verhältniss  $\frac{D}{H}$  gar nicht constant sein kann,

wie es Volkmann meinte, sondern dass das Verhältniss  $\frac{D_1 - D_2}{H_1 - H_2} = \frac{D_2 - D_3}{H_2 - H_3} = \text{const.}$  Trotz dieser unzweideutigen Erklärung wird mir (S. 395) die frühere Behauptung der Constanz auf's Neue zugeschrieben.

3. Aus meinen Darlegungen folgt unmittelbar, dass bei gleichbleibendem  $p$  und veränderlichem Reiz nebst veränderlicher Reizbarkeit, die Hubhöhe  $H$  constant bleiben muss, wenigstens innerhalb gewisser Grenzen. Dies leugnet B. Luchsinger auf Grund seiner Versuche. Er theilt drei Reihen mit. In der zweiten schwanken die fünf  $h$ -Werthe zwischen 24,9 und 25,1<sup>mm</sup>. (S. 401). Diese Reihe spricht also entschieden zu Gunsten meiner Theorie. In der dritten sind die Abweichungen erheblich grösser, aber auch die Anstrengungen des Muskels enorm (z. B. 2 Minuten langer Tetanus), so dass er nicht als normal gelten kann. In der ersten (IV, 203) schwanken die 9  $h$ -Werthe zwischen 20 und 26,5<sup>mm</sup>: alles bei künstlich durch Zuckenlassen und Dehnen bewirktem Gleichbleiben der Länge in der Ruhe. Aus diesen Versuchen kann ich daher bis jetzt wenigstens durchaus keinen Einwand gegen meine Theorie entnehmen. Es müssen überhaupt zu solchen Versuchen nur auserlesene kräftige Muskeln verwendet werden.

Jena, am 17. October 1872.

---

## Zwei demonstrative Vorträge über elektrische Reizung des Gehörorgans, im Auszuge mitgetheilt

Von

**Dr. R. Wreden**

in St. Petersburg.

---

In den letzten neun Jahren habe ich eine Reihe von Versuchen über electricische Reizung des gesunden sowohl, als des kranken Gehörorgans mit constanten und unterbrochenen Strömen angestellt und bin dabei zu Resultaten gelangt, welche im vorigen Jahre in Form einer vorläufigen Mittheilung (St. Petersburger Medic. Zeitschrift, N. F. Bd. I, p. 526—554) und neuerdings