

Ueber W. Preyer's: „Myophysische Untersuchungen.“

Von

B. Luchsinger,

in Zürich.

Vor Kurzem habe ich im Zürcher physiologischen Laboratorium die Volkmann'sche Angabe geprüft, dass zwischen der Grösse der freien Verkürzung eines Muskels und der Dehnung, welche eine die Verkürzung annullirende Last, d. i. das Gewicht der absoluten Muskelkraft, an demselben Muskel im Ruhezustande bewirkt, ein constantes Verhältniss existire. Die Wiederholung der Volkmann'schen Versuche nach einer andern als der Volkmann'schen Methode bestätigte jene Angabe nicht, auch habe ich in meiner Arbeit ¹⁾ auf den principiellen Fehler des Volkmann'schen Verfahrens aufmerksam gemacht und ausserdem gezeigt, dass jenes Resultat mit der Weber'schen Theorie der Muskelcontraction nicht im Einklange stehen würde.

Zu meiner Ueberraschung sah ich, dass Preyer auf dieselben Volkmann'schen Versuche Betrachtungen und Gesetze weittragender Art gründet ²⁾, in denen er unter Anderem, ohne meine Arbeit zu berücksichtigen, wiederum jene von mir angefochtene Constanz behauptet, und zwar ohne selbst Versuche über diesen Gegenstand angestellt zu haben.

Eine nähere Prüfung der Preyer'schen Arbeit ergab aber so schwere Irrthümer mathematischer und physiologischer Natur, dass ich es für nothwendig halte, die Preyer'schen „myophysischen“ Lehrsätze und Speculationen auf das Entschiedenste zu bekämpfen.

§ 1. Preyer's myophysische Maasse.

Preyer sucht die Beziehungen zwischen der Reizgrösse und der Muskelverkürzung, deren gegenseitige Function bis jetzt noch nicht ermittelt sei (er verwirft also die von Fick behauptete Proportionalität beider). Anstatt aber den Reiz in irgend welchem

1) Dies Archiv 1871, pag. 201 u. folg.

2) Dies Archiv 1872, pag. 294 u. folg.

Maasse zu messen, sieht er das die Verkürzung annullirende Gewicht seltsamerweise als ein Maass an für „dasjenige Reizquantum, welches im Muskel zur Wirkung kommt“; „nur um dieses Reizquantum handle es sich hier“. Nun sieht aber Jeder ein, was auch bei allen Versuchen über die sogenannte absolute Kraft, bei allen Versuchen mit Ueberlastungen im Helmholtz'schen Sinne u. s. f. angenommen worden ist — dass das die Verkürzung annullirende Gewicht nur ein Maass ist für die in Folge der Reizung sich entwickelnden verkürzenden Kräfte.

Die Frage aber über die Abhängigkeit der verkürzenden Kräfte von den Reizen hat Prof. L. Hermann schon im Jahre 1860 durch Ueberlastungsversuche zu lösen unternommen ¹⁾. Dabei fand sich, dass $f(x)$, die sich entwickelnde Muskelkraft, nicht proportional x dem Reize wachse, sondern mit abnehmender Geschwindigkeit.

Es ist hiernach unbegreiflich, wie Preyer die Kraft des sich verkürzenden Muskels $f(x)$ einfach als Maass des Reizes x ansehen und dafür direct substituiren kann. Was Preyer also in Wirklichkeit aus den Volkmann'schen Versuchen ableitet, betrifft die Reizgrössen x überhaupt nicht, sondern folgende von Preyer gar nicht erwähnte Frage: „wie verhalten sich die Verkürzungsgrössen eines unbelasteten Muskels zu den (durch die annullirenden Gewichte ausgedrückten) Kräften, mit denen die Verkürzung erfolgt?“ Preyer's Arbeit ist also insofern schon principiell verfehlt, als er eine ganz andere Aufgabe behandelt, als die er zu behandeln glaubt.

§ 2. Preyer's numerische Stützen.

Der „myophysische“ Satz Preyer's lautet:

$$\frac{h}{l} = H = k \cdot \log p.$$

h ist freie Hubhöhe, l natürliche Länge, $\frac{h}{l}$ also, das ich der Kürze halber $= H$ setze, die relative Hubhöhe, p das annullirende Gewicht, endlich k eine Constante. (Seltsam ist, dass Preyer sich die Mühe giebt, mit natürlichen Logarithmen zu rechnen, da doch die behauptete Constanz $k = \frac{H}{\log p}$ auch bei gemeinen Logarithmen sich herausstellen muss.) Die Constanz von k wird empi-

¹⁾ Archiv für Anatomie u. Phys. 1861.

risch aus Volkmann's Versuchen abgeleitet. Der Mittelwerth von k beträgt in den einzelnen Reihen 0,1346; 0,172; 0,158 u. s. f. Obgleich diese logarithmische Beziehung gar nichts über Reizverhältnisse aussagt, würde sie doch, wenn sie richtig wäre, in Bezug auf die im vorigen Paragraphen ausgesprochene Frage von Interesse sein. Wie steht es nun mit ihrer numerischen Begründung?

Die aus den Einzelversuchen berechneten Werthe von k weichen ziemlich bedeutend von einander ab, so bedeutend, dass, wenn es Jemand einfiele zu behaupten: nicht die Logarithmen, sondern die Wurzeln der Gewichte p sind den Hubhöhen proportional, — er dies ebenso genau oder ungenau beweisen könnte, wie Preyer seinen Satz. Um dies zu zeigen, stelle ich für die 4 ersten Versuchsreihen die Wurzelwerthe neben Preyer's Logarithmenwerthe.

1. Reihe.

| Nr. | l | h | p | $\frac{H}{\log p}$ | $\frac{H}{\sqrt{p}}$ |
|--------|------|-------|-----|--------------------|----------------------|
| 1 | 35 | 18,25 | 40 | 0,141 | 0,0824 |
| 2 | 35 | 17,4 | 30 | 0,146 | 0,0908 |
| 3 | 35,5 | 14,3 | 20 | 0,134 | 0,0901 |
| 4 | 35,5 | 11,9 | 15 | 0,124 | 0,0866 |
| 5 | 36 | 10,6 | 10 | 0,128 | 0,0931 |
| Mittel | | | | 0,1346 | 0,0886 |

2. Reihe.

| | | | | | |
|--------|------|------|----|-------|--------|
| 1 | 47 | 32,3 | 50 | 0,176 | 0,0972 |
| 2 | 48,8 | 31,7 | 45 | 0,171 | 0,0968 |
| 3 | 49 | 30,5 | 40 | 0,169 | 0,0984 |
| 4 | 49,6 | 28,7 | 35 | 0,163 | 0,0978 |
| 5 | 49,2 | 28,6 | 30 | 0,171 | 0,1061 |
| 6 | 49,4 | 26,6 | 20 | 0,179 | 0,1204 |
| 7 | 49,5 | 20,2 | 10 | 0,177 | 0,1290 |
| Mittel | | | | 0,172 | 0,1065 |

3. Reihe.

| | | | | | |
|--------|------|------|----|-------|--------|
| 1 | 47 | 31,3 | 50 | 0,170 | 0,0942 |
| 2 | 48,4 | 30,8 | 40 | 0,172 | 0,1006 |
| 3 | 48,4 | 28,4 | 30 | 0,172 | 0,1071 |
| 4 | 48,5 | 24,9 | 25 | 0,160 | 0,1027 |
| 5 | 48,4 | 21,8 | 20 | 0,150 | 0,1007 |
| 6 | 48,5 | 19,6 | 15 | 0,149 | 0,1043 |
| 7 | 48,4 | 16,9 | 10 | 0,152 | 0,1104 |
| 8 | 48,2 | 25,4 | 30 | 0,155 | 0,0962 |
| 9 | 48,4 | 23,6 | 25 | 0,151 | 0,0975 |
| 10 | 48,0 | 21,7 | 20 | 0,151 | 0,1011 |
| 11 | 48,5 | 20,3 | 15 | 0,154 | 0,1081 |
| 12 | 48,5 | 18,0 | 10 | 0,161 | 0,1174 |
| Mittel | | | | 0,158 | 0,1034 |

4. Reihe.

| Nr. | l | h | p | $\frac{H}{\log p}$ | $\frac{H}{\sqrt{p}}$ |
|--------|------|------|-----|--------------------|----------------------|
| 1 | 43,5 | 21,5 | 30 | 0,145 | 0,0902 |
| 2 | 44,6 | 16,9 | 20 | 0,126 | 0,0847 |
| 3 | 45,3 | 15,8 | 15 | 0,129 | 0,0901 |
| 4 | 46 | 13,5 | 12 | 0,118 | 0,0847 |
| 5 | 46 | 11,4 | 10 | 0,108 | 0,0784 |
| 6 | 46 | 8,2 | 5 | 0,111 | 0,0802 |
| Mittel | | | | 0,123 | 0,0847 |

Hiernach beträgt in Procenten des Mittelwerthes

| für $\frac{H}{\lg p}$ | | für $\frac{H}{\sqrt{p}}$ | |
|----------------------------|----------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| die Schwankungs- breite | grösste Abweichung vom Mittel | Schwankungs- breite | grösste Abwei- chung v. Mittel |
| 1. Reihe 16,4 | 8,5 | 12,1 | 7,0 |
| 2. „ 9,3 | 5,2 | 30,2 | 21,1 |
| 3. „ 14,6 | 8,9 | 22,4 | 13,5 |
| 4. „ 30,1 | 17,9 | 13,9 | 7,4 |

Man sieht, es ist schwer zu sagen, welche von beiden Behauptungen, ob die logarithmische oder die Wurzelbeziehung, richtiger sei; in der 2. und 3. Reihe stimmt die erstere, in der 1. und 4. die letztere besser. Beide sind eben gleich ungenau und willkürlich; man kann nur behaupten, dass die Hubhöhen langsamer wachsen, als die annullirenden Belastungen, ob sie aber den Logarithmen oder den Wurzeln, oder irgend welcher andern Function der letzteren proportional sind, ist durch die beigebrachten Versuche nicht entschieden.

Das Preyer'sche „myophysische Gesetz“ ist also unrichtig, da sich aus dem vorhandenen Material beliebige andere solche Gesetze mit gleichem Recht oder Unrecht ableiten lassen.

Die beständigen Anklänge an Fechner's Psychophysik sind somit auch numerisch anhaltslos; von physiologischer Seite lag aber gerade kein Grund vor, die gleiche Abhängigkeitsfunction zwischen Reiz und ausgelöster Arbeit in zwei anatomisch und functionell so verschiedenen Gebilden, wie Ganglienzelle und Muskelfaser, zu vermuthen.

§ 3. Preyer's theoretische Folgerungen und Verificationen.

Die Preyer'sche Arbeit wird vom untersten Absatz der Seite

298 an, wie Jedem auffallen muss, ungemein schwer verständlich. Ich habe namentlich über folgende Punkte vergebens Aufklärung gesucht: k ist der rein empirische, angeblich constante Werth des Quotienten $\frac{H}{\log p}$. Wie kann nun (vgl. S. 299) dieser empirische Werth dadurch $= 1$ werden, dass Preyer $p = \frac{q}{s}$ setzt (eine mathematisch unzulässige Identificirung, denn p ist ein benannter Werth, $\frac{q}{s}$ aber ein Quotient zweier gleichnamiger Grössen, also eine unbenannte Zahl!), und nun $s = 1$ nimmt. In welchem Maasse die Reize q und s gemessen werden, muss doch für den Quotienten $\frac{q}{s}$, also auch für k ganz gleichgültig sein!

Ferner sucht Preyer durch einige mir und Allen, die ich um Rath gefragt habe, völlig unverständliche Sätze aus dem Volkmann'schen Verfahren abzuleiten, dass $\frac{H}{q}$ bei diesen Versuchen stets ein Maximum sei, woraus dann weiter folgt, da (vermöge $p = \frac{q}{s}$, $s = 1$, $k = 1$) $H = \log q$ ist, dass $\frac{\log q}{q}$ auch ein Maximum ist, q also $= e$. Hieraus folgt aber schon etwas Unmögliches, was Preyer entschieden nicht bemerkt hat. Für $q = e$ ist nämlich, wie er selbst findet,

$$\frac{H}{q} = \frac{\log q}{q} = \frac{1}{e};$$

er hat nicht bemerkt, dass dann auch

$$H = 1$$

sein muss, also $\frac{h}{l} = 1$ oder $h = l$, was nichts anders bedeutet, als der Muskel verkürzt sich „in jedem einzelnen Versuche“ um so viel als er lang ist, der verkürzte Muskel hat also die Länge Null!!

Jetzt aber kommt das Stärkste, was die Arbeit bietet. Um die Probe zu machen, ob wirklich $\frac{H}{q} = \frac{1}{e}$ ist, kömmt Preyer auf die Idee, dies am Werthe von H allein prüfen zu wollen, „da q nicht bekannt sei“! Man traut seinen Augen kaum; und doch finden wir eine Tabelle, in welcher aus den Versuchen die Werthe

von H , e^H , und von $\frac{H}{e^H}$ ermittelt sind und nun geprüft wird, ob letztere dem Werthe $\frac{1}{e} = 0,36$ nahe kommen.

In diesem Theil der Arbeit herrscht eine wahrhaft unbegreifliche Verblendung. Wie in aller Welt soll denn $\frac{H}{e^H}$ einen constanten Werth erreichen, da doch H eine in den Versuchen variable Grösse ist? $\frac{H}{e^H}$ ist einzig allein von H abhängig, so wie \sqrt{H} , $\lg H$ und beliebige andere $f(H)$. $\frac{H}{e^H}$ kann also nur constant sein, wenn H constant ist, und kann nur $= \frac{1}{e}$ sein, wenn $H=1$ ist. Wozu giebt sich Preyer also erst die Mühe, den Werth $\frac{H}{e^H}$ zu berechnen; was er wollte, konnte er doch aus H selbst schon ersehen! Aber hier liegt eben Preyer's unglückliche Täuschung. In den Grenzen, zwischen welchen H in den Versuchen schwankt (0,3—0,7) ändert sich der Werth des Quotienten $\frac{H}{e^H}$ nur wenig (wie überhaupt bis $H=2,0$), da die Curve für $H=1$ ihr Maximum hat und in der Nähe desselben flach verläuft.

Die Verschiedenheiten von H werden also in den berechneten Quotienten weniger merklich, und so glaubte Preyer in der geringen Abweichung dieser Quotienten vom Maximalwerth 0,36 etwas Besonderes gefunden zu haben! Es ist ihm gegangen wie Jemanden, der die Zahlen 1 und 1024 für nahezu gleich hält, weil ihre Wurzeln 10. Grades nur um eine Einheit verschieden sind! Und nun glaubt Preyer aus dem nur von H abhängigen Quotienten $\frac{H}{e^H}$ etwas über den Werth $\frac{H}{q}$ zu ermitteln; die diesen Sprung vermittelnden Sätze (Seite 299, vorletzter Absatz) sind mir völlig räthselhaft geblieben.

Die vorstehenden Bemerkungen über die experimentellen und mathematischen Grundlagen der Preyer'schen Arbeit werden es überflüssig erscheinen lassen, auf weitere Einzelheiten einzugehen. In der That sind derartige Willkürlichkeiten, wie diejenige (S. 302), Dehnungen als negative Hubhöhen zu betrachten (nicht etwa

Dehnungen durch Reizung, im Weber'schen Sinne, sondern gewöhnliche Dehnungen) gewiss nicht geeignet, dem von mir bekämpften Volkmann'schen Satz der Proportionalität von d und h eine theoretische Wahrscheinlichkeit zu verleihen. Wenn man wie Preyer verfährt, kommt man sehr bald dahin, Alles einander proportional, ja selbst Aller einander gleich oder $= 1$ zu setzen, wie es gerade passt.

Schliesslich benutze ich gern die gebotene Gelegenheit, dem einzigen damals von mir in meiner Arbeit, „zur Theorie der Muskelkräfte“¹⁾, publicirten Versuche noch einige andere nach der gleichen Methode veranstaltete beizufügen, die, da sie mit dem schon angeführten im Resultate übereinstimmen, die daselbst niedergelegten Aussagen um so mehr zu bekräftigen im Stande sein möchten.

Als Object dient der *M. hyoglossus* des Frosches, zur Reizung (Tetanus) der du Bois'sche Schlitten, zur Variirung des Reizes Verschieben der Rollen. Bei Bestimmung der freien Verkürzung h wird gereizt, bis maximale Verkürzung eingetreten. Das Gewicht der absoluten Muskelkraft wird constant $p = 10$ Grm. erhalten. Die Länge l des ruhenden Muskels wird constant gleich erhalten, indem, wird sie etwas zu kurz, so ist durch geringe Dehnung, wird sie zu lang, durch eine Zuckung die ursprüngliche Länge wieder herzustellen.

2. Versuchsreihe.

| Nr. | h (Mm.) | d (Mm.) | $\frac{d}{h}$ |
|-----|-----------|-----------|---------------|
| 1 | 25,1 | 15,5 | 0,61 |
| 2 | 25,0 | 16,25 | 0,65 |
| 3 | 25,0 | 16,3 | 0,652 |
| 4 | 25,0 | 18,5 | 0,74 |
| 5 | 24,9 | 19,0 | 0,76 |

3. Versuchsreihe.

| | | | |
|---|------|------|------|
| 1 | 25 | 8 | 0,33 |
| 2 | 24,9 | 9,2 | 0,37 |
| 3 | 23,5 | 10,0 | 0,42 |
| 4 | 22 | 10,2 | 0,46 |

Es folgt Erholung durch 3 Minuten.

| | | | |
|---|----|----|------|
| 5 | 24 | 12 | 0,50 |
| 6 | 24 | 13 | 0,54 |

Dann Tetanus durch 2 Minuten.

1) Dies Archiv 1871, pag. 203.

| Nr. | h | d | $\frac{d}{h}$ |
|----------------------|------|------|---------------|
| 7 | 19,5 | 10,0 | 0,512 |
| 8 | 18,0 | 10,5 | 0,583 |
| Pause von 2 Minuten. | | | |
| 9 | 18,2 | 10,7 | 0,588 |
| 10 | 18,5 | 11 | 0,594 |

Man sieht aus beiden Versuchen: 1. die Dehnungen wachsen mit der Ermüdung, die freien Verkürzungen nehmen mit Fortschreiten derselben ab. Das Verhältniss $\frac{d}{h}$ kann also nie constant sein, es wächst vielmehr, je mehr sich die Ermüdung geltend macht, was übrigens ja auch aus Volkmann's Versuchen zu ersehen ist. 2. Gleicher absoluter Muskelkraft können die verschiedensten freien Verkürzungen entsprechen. — Eine nähere Untersuchung über letztern Punkt möchte ich mir vorbehalten. Beide habe ich schon in der früheren Arbeit erwähnt.

Nachschrift. Die vorstehende Arbeit wurde zurückbehalten, da nach Mittheilung der Redaction dieses Archivs eine berichtigende Mittheilung Preyer's selbst zu erwarten war; diese ist soeben im 4. und 5. Hefte erschienen. In der That streicht am Schlusse derselben der Verfasser nicht weniger als $4\frac{1}{3}$ Seiten seiner Abhandlung und giebt eine neue Begründung resp. veränderte Deutung seiner myophysischen Maasse, ohne jedoch sein „Gesetz“ zu widerrufen.

Was nun die neuen Aufstellungen Preyer's betrifft, so sind sie ebenfalls nicht geeignet, dem „myophysischen Gesetze“, dessen numerische Begründung ich oben beleuchtet habe, eine theoretische Wahrscheinlichkeit zu verleihen. Preyer setzt jetzt, die Unmöglichkeit der Identificirung einer unbenannten und einer benannten Zahl einsehend, die unentbehrliche Constante α ein, so dass also nicht mehr $\frac{q}{s} = p$, sondern $\frac{q}{s} = \alpha p$, somit

$$H = k \cdot \log \frac{q}{s} = k \cdot \log \alpha p.$$

Zur Begründung behauptet Preyer, das annullirende Gewicht p sei umgekehrt proportional der Reizschwelle s , also

$$ps = \text{const.} = \gamma.$$

Wenn dies aber richtig ist, so muss Jedem sofort einleuchten, dass dann aus den empirischen Werthen H und p nie und nimmer etwas geschlossen werden kann bezüglich des Verhältnisses von H zu q , sondern immer nur bezüglich des Verhältnisses von H zu s . In der That erfahren wir jetzt, wovon in der ganzen Arbeit gar nicht die Rede war, dass in den Volkmann'schen Versuchen der Reiz q eine Constante war, also höchstens ($ps = \gamma$ vorausgesetzt) ersehen werden kann, wie sich bei gleichbleibendem Reiz mit Aenderung der Schwelle die Hubhöhen ändern.

Was berechtigt also, muss man fragen, Preyer, auf Grund der Volkmann'schen Versuche die Formel aufzustellen

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

worin q variabel gedacht ist, — da doch Volkmann q gar nicht variirt hat? Dass aber Preyer bei seiner Formel q variabel denkt, geht aus der Anlehnung an Fechner's psychophysische Formel und aus der Ableitung aus der (übrigens unbewiesenen) Differentialgleichung $dH = k \frac{dq}{q}$ hervor. Während also in der Fechner'schen Gleichung q variabel und s constant ist, wozu auch allein die Integrationsableitung berechtigt, sucht Preyer empirisch eine gleich aussehende Gleichung zu begründen, in der q constant und s variabel ist, und stellt dann diese der ersteren ohne Weiteres an die Seite!

Hiernach scheint es nicht von Interesse, auf den weiteren Inhalt der Arbeit einzugehen.

Ueber das myophysische Gesetz des Herrn Preyer.

Von

Julius Bernstein,

Professor in Berlin.

Ogleich das Folgende dem Leser keine neuen Thatsachen bietet, so glaube ich doch berechtigt zu sein, es der Publication zu übergeben, weil es einen Gegenstand betrifft, dessen Behandlung auf einen gefährlichen Abweg zu gerathen droht. Die Abhängigkeit der Muskelcontraction vom einwirkenden Reize sucht