(Aus dem physiologischen Institut in Zürich.)

Ueber die geschlechtliche Differenz der Muskeln bei Fröschen.

Von

Justus Gaule.

(Hierzu Tafel V.)

Im Leben gehen wir von der Annahme aus, dass die Männer stärker seien als die Frauen. Unsere gesellschaftliche Organisation beruht darauf. Indessen, die Männer sind grösser und schwerer als die Frauen im Allgemeinen, und da die Muskeln von allen Organen den grössten Antheil am Körper haben, so kann ihre grössere Stärke darauf beruhen, dass sie mehr Muskein enthalten. Das ist wohl die allgemeine Annahme. Ich weiss nicht, ob man sich auch die Frage vorgelegt hat, ob für die Einheit des Körpergewichts mehr Muskulatur in den Männern als in den Frauen enthalten sei, und daran knüpft sich dann die weitere Frage, ob denn die einzelne Muskelfaser bei Männern und Frauen dieselbe sei. Das Letztere hat man wohl ohne Weiteres angenommen; ich finde wenigstens bei den Muskelcurven, die man gezeichnet, bei den Ueberlegungen, die man angestellt hat, um dieselben zu erklären, nirgends angegeben, ob der Muskel von einem Männchen oder Weibchen herrührte.

Man hat eben in dem Muskel nur eine einzige Function zu erklären gesucht, diejenige, sich zu verkürzen und damit die Bewegung herbeizuführen. Diese Function ist aber bei Männern und Weibern gleich, und man hat nicht daran gedacht, dass in den Muskeln noch ein anderer Process stecken könnte, dass sie einen Antheil haben an dem Leben des Körpers, von dem sie einen so grossen Theil bilden, daher auch an dem Geschlechtsleben. Wenn ich sage: man hat daran nicht gedacht, so muss ich Miescher ausnehmen, den seine Beobachtungen am Salm dazu führten, und auf diese werde ich gleich noch zu sprechen kommen.

Die Untersuchung des Lebens der Frösche hat mir eine Reihe von Bestimmungen des Verhältnisses des Muskelgewichtes zum Körpergewicht bei Männchen und bei Weibchen von *Rana Esculenta*

gewährt, welcher ich in der anliegenden Curve der Betrachtung unterbreite¹⁾. Daraus ersieht man, dass unter mehr als 210 Bestimmungen mit etwa 6 Ausnahmen die Weibchen ein geringeres Muskelgewicht pro Einheit des Körpergewichts haben als die Männchen. Man kann hier nicht von individuellen Verschiedenheiten sprechen, denn dazu ist die Zahl der Bestimmungen zu gross und das Verhalten zu gleichmässig. Die wenigen Ausnahmen aber werden uns nicht verwundern, wenn wir bedenken, dass die Frösche von ganz verschiedenen Fundorten herstammten, daher eine verschiedene Lebensweise hatten, und dass die Nothwendigkeit, mit dem dem Institute gelieferten Material die Reihe durchzuführen, dazu zwang, Frösche von verschiedenem Körpergewicht, also verschiedenem Lebensalter zu verwenden. Die Zahlen wurden gewonnen, indem zunächst die Frösche lebend (in einer leichten Hypnose, damit sie von der Waagschale nicht fortsprangen) gewogen wurden. Sodann wurden sie in gewöhnlicher Weise, durch Durchschneidung des Halsmarkes und Ausbohren, getödtet und nach Eröffnung der Haut der eine Gastrocnemius oder beide herauspräparirt und gewogen. Narkotica wurden vermieden, da dieselben auf die Blutvertheilung und auf das Muskelgewicht einen Einfluss haben. Ebenso wurde ein Liegen des todten Frosches mit dem Muskel ausgeschlossen, damit nicht ein Oedem oder eine Verdunstung das Gewicht beeinflusse. Der Gastrocnemius wurde gewählt, weil er sich isolirt, sehr genau getrennt von allem Nichtmuskulösen und sehr gleichmässig begrenzt herauspräpariren lässt. Er wurde als Repräsentant des gesamten Muskelsystems angesehen, weil er unter den gleichen Bedingungen lebt und wächst wie dieses. Die Zahlen, welche ich mittheile, sind daher nicht Verhältnisszahlen für das gesammte Gewicht der Muskulatur zu dem des Körpers, sondern für das der Gastrocnemii. Es ist von mir das, was für diese gilt, auf die Muskulatur überhaupt übertragen, weil wir keinen Grund einsehen, wesshalb sich verschiedene Muskeln verschieden verhalten sollten. Höchstens könnten noch Muskeln der Vorderbeine oder des Rumpfes in höherem Grade am Geschlechtsleben sich theiligen als die von allen den Functionen so entfernten Gastrocnemii; dann wäre aber die für diese gefundene Beziehung a fortiori richtig. Das für einen Gastrocnemius gefundene Gewicht wurde verdoppelt, oder es wurden beide gewogen und die Summe

1) Die ausgezogene Linie entspricht der Curve der Weibchen, die punktirte der der Männchen.

genommen. Beide Methoden sind gleichwerthig, weil es Differenzen beider Muskeln selten gibt.

Diese Zahl, dividirt durch das Körpergewicht, bildet nun die Ordinate meiner Curve. Sie sagt aus, wieviel Milligramm Gastrocnemii auf 1 g Körpergewicht kommen. Die Abscissen sind gegeben durch die Zeiten und zwar entspricht 1 mm je 5 Tagen. Die Männchen haben also pro Gramm Körpergewicht mehr Muskeln als die Weibchen. Sind diese Muskeln nun auch stärker oder anders beschaffen? Um dies zu erfahren, wurden im Monat October, zu einer Zeit, wo die Differenz der Gewichte fast ausgeglichen ist, bei je 6 Männchen und 6 Weibchen die absolute Kraft, die Hubhöhe und die Arbeitsleistung der Gastrocnemii geprüft. Das geschah mit einem Kymographion und Myographion und Dubois'schen Schlitten. Die Reizstärken waren maximale, bei allen Versuchen mit dem gleichen Elemente und ungefähr dem gleichen Rollenabstand erzielt. Der letztere wurde so lange gewechselt, bis die maximale Leistung des Muskels ermittelt war. Zur Ermittlung der absoluten Kraft wurden die Gewichte auf einer Waagschale senkrecht an den Muskel gehängt unter Vermeidung des Hebels des Myographions. Bei der Bestimmung der Hubhöhe und der Arbeitsleistung wurde der letztere benutzt. Er vergrößert die Verkürzungen bei der gewählten Anordnung 9—10 Mal. Da es sich hier nur um Vergleichen handelt, und da die Anordnung für Männchen wie für Weibchen dieselbe war, so ist eine genauere Bestimmung der Vergrößerung unnöthig. Es ergaben sich nun folgende Werthe:

Weibchen.

Körpergewicht in g	Muskelgewicht in g	Hubhöhe des unbelasteten Muskels in mm	Absolute Kraft in g	Arbeits- maximum in gmm
27—28	0,365	19—15	450	1200
23—24	0,235	15	320	2700
35—36	0,520	10,5	650	2400
38—39	0,540	22	650	7700
30	0,530	16	650	5600
30—31	0,460	18	600	6000

Männchen.

25—26	0,460	17,5	420	2100
28—29	0,460	24,0	420	6600
24—25	0,365	25	530	6000
29—30	0,475	19,5	—	5100
35	0,600	20,0	800	5600
30—31	0,460	21,0	550	6000

Das Verhältniss von Muskelgewicht zu Körpergewicht beträgt demnach hier für

Weibchen	0,026,	0,019,	0,028,	0,028,	0,035,	0,029,
Männchen	0,035,	0,031,	0,029,	0,032,	0,034,	0,029.

Es ist für Weibchen im Mittel 0,0275, für Männchen im Mittel 0,0317, für Männchen also höher. Ferner ist auffällig, dass die Männchen im Allgemeinen die grössere Hubhöhe haben. Das Mittel der Hubhöhen beträgt für die Männchen 21,2, für die Weibchen 16,1 mm. Um die Differenz zwischen den einzelnen Fällen zu beseitigen, können wir die Grösse der Hubhöhe auf die Einheit des Gewichtes ermitteln. Dann erhalten wir, also Millimeter dividirt durch Milligramm

Weibchen	0,004,	0,0063,	0,002,	0,004,	0,002,	0,003,
Männchen	0,004,	0,005,	0,004,	0,004,	0,0030,	0,0045

oder im Mittel:

Weibchen 0,0035, Männchen 0,0046.

Die Einheit des Gewichtes im Muskel hebt also beim Männchen höher als beim Weibchen. Nun bezieht man die Hubhöhe auch auf die Länge des Muskels, von der ja die Hubhöhe einen bestimmten Bruchtheil ausmacht. Bei den acht letzten Fröschen war nun die Länge des Muskels gemessen, und zwar sowohl vor dem Abscheiden als auch nach demselben ohne Sehne, die ja verschieden lang abgeschnitten werden kann. Da es sich nur um eine Vergleichung handelt, ist es einerlei, welches Maass man zu Grunde legt, wenn es nur für Männchen und Weibchen das gleiche ist. Hier soll das letzte gewählt werden. So maass der Muskel

bei Weibchen	3) 22,5,	4) 22,	5) 19,	6) 19,5,
bei Männchen	3) 16,5,	4) 22,	5) 19,	6) 19.

Die Einheit der Länge hat sich also verkürzt um

bei Weibchen	3) 0,5,	4) 1,0,	5) 0,85,	6) 0,90,
bei Männchen	3) 1,5,	4) 0,9,	5) 1,1,	6) 1,1,

wobei man zu berücksichtigen hat, dass die Hubhöhe ja wegen des Hebels vergrössert erscheint. Bei Weibchen beträgt im Mittel die Verkürzung 0,81, bei Männchen 1,15 der Länge. Der Muskel des Männchens verkürzt sich also erheblicher. Berücksichtigt man dagegen die absolute Muskelkraft, so beträgt dieselbe

bei Weibchen	450,	320,	650,	650,	650,	600,
bei Männchen	420,	420,	530,		800,	550.

Bei Männchen 5 wurde die absolute Muskelkraft nicht ermittelt. Lässt man das sehr kleine und junge Weibchen 2 weg, so erhält man im Mittel

von 5 Weibchen 600,

von 5 Männchen 544

oder auf die Einheit des Gewichtes berechnet

bei Weibchen 1) 1,2, 2) 1,35, 3) 1,25, 4) 1,20, 5) 1,20, 6) 1,30,

bei Männchen 1) 0,95, 2) 0,95, 3) 1,4, 4) 1,30, 6) 1,2,

bei Weibchen im Mittel 1,25,

bei Männchen im Mittel 1,16.

Die Einheit des Gewichtes hebt also bei Weibchen mehr, aber sie verkürzt sich weniger.

Die Arbeiten, welche die Muskeln leisten, sind nun die Producte aus den Gewichten mit den Hubhöhen derselben. Im Ganzen sind die des Männchen etwas grösser. Per Gewichtseinheit des Muskels haben

die Weibchen 3,3, 11,5, 4,6, 14,2, 10,5, 13,0,

die Männchen 9,3, 10,7, 13,0, 14,3, 4,6, 16,4 Grammometer

Arbeitsleistung im Optimum. Im Mittel also die Weibchen 9,5, die Männchen 11,3. Der Vortheil der Männchen erklärt sich

wohl daraus, dass ihnen die grössere Hubhöhe zur Verfügung steht.

Von bestimmender Wichtigkeit ist hierbei, dass die Männchen und die Weibchen verschieden sind. Die Männchen haben die grössere

Hubhöhe, die Weibchen die grössere absolute Kraft. Die erstere

wird angesehen als eine Function der Länge, die letztere als eine des Querschnitts. Die Länge ist aber bei Männchen und Weibchen

annähernd gleich; der Querschnitt wurde nicht gemessen. Wo aber

das Gewicht des Muskels gleich ist und auch seine Länge, muss er auch gleich sein, wenn nicht das specifische Gewicht verschieden ist.

Ist aber dies der Fall, so ist das eben bewiesen, worauf es hier ankommt, dass nämlich die Einheit der Muskelsubstanz nicht dieselbe

ist bei Männchen und Weibchen. Ist sie aber verschieden, so ist

nicht einzusehen, warum die Bewegung allein sie verschieden machen

sollte. In der Lebensweise des Frosches ist kein Unterschied als

eben der geschlechtliche zwischen Männchen und Weibchen bekannt.

Sie erhaschen auf gleiche Weise ihre Beute, sie entgehen auf gleiche

Weise ihren Feinden. Ihre Bewegungen sind so ähnlich, dass es

eines genauen Betrachtens ihrer Daumenballen bedarf, um sie zu unterscheiden. Die Differenz ihrer Muskeln kann also nicht in der

Bewegung, sie kann nur in dem begründet sein, was die einen zu Männchen, die anderen zu Weibchen macht, d. h. in der Bildung der Geschlechtsproducte. Wenn wir uns fragen, was die Muskeln mit diesen zu thun haben, müssen wir uns zunächst erinnern, dass es eine lange Periode gibt, in der die Frösche nichts fressen, die Wintermonate. In dieser Fastenzeit aber bilden sich die Geschlechtsproducte aus. Das Material hierzu kann nicht die aufgenommene Nahrung liefern, sondern nur der Körper mit seinen Bestandtheilen, von denen die Muskeln den grössten Theil ausmachen. Wie Miescher bemerkte, dass bei dem Salme während seines Fastens im süssen Wasser das Gewicht der Muskeln stets abnehme, das der Geschlechtsproducte dagegen zu, so können wir dies auch für den Frosch während des Winters constatiren. Bei Weitem die gewichtigeren Geschlechtsproducte aber hat das Weibchen, und dieses hat auch im Winter und Frühjahr die leichteren Muskeln.