©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Ueber Muskelarbeit.

Von

DR. STRICKER.

Vortrag, gehalten am 25. November 1867.

(Stenografische Aufnahme.)

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Die organisirten Körper, von deren Arbeit heute die Rede sein soll, habe ich an diesem Orte schon vor etwa 2 Jahren ihrem Baue nach besprochen; ich will indessen an Ihr Gedächtniss keine zu grossen Ansprüche stellen und daher den Bau dieser Körper nochmals in Kürze erörtern, um damit die Grundlage für die vorliegenden Auseinandersetzungen zu gewinnen.

Es handelt sich um die Muskeln, um dasjenige, was man im gewöhnlichen Leben Fleisch nennt. Man theilt dieselben gewöhnlich in sogen. quergestreifte und glatte, oder nach gewissen Eigenthümlichkeiten ihrer Function in willkürliche und in solche, welche dem Willen nicht unterworfen sind, ein. Die quergestreiften oder willkürlichen Muskeln bilden weitaus die Hauptmasse des Fleisches unseres Körpers.

Wenn man einen solchen quergestreiften Muskel als Ganzes betrachtet, wie man ihn etwa nach Bloslegung der Haut zu Gesichte bekommt, so sieht man ihn in ein sogenanntes Bindegewebe eingehüllt; es bildet dieses eine dünne Hülle, die man als Fascie bezeichnet. Wenn man nun weiter diese bindegewebige Hülle vorsichtig abzieht, so kommt das in vielen Fällen rothe, in anderen blassroth gefärbte Fleisch

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

oder die eigentlichen Muskelfasern zum Vorschein. Diese Fasern sind zu Bündeln angeordnet, so dass der Muskel auf dem Querschnitte eine Summe von Bündeln zeigt. Diese Bündel sind wieder durch Bindegewebe abgegrenzt, indem jenes Bindegewebe, welches den ganzen Muskel einhüllt, in die Tiefe Fortsätze sendet und so die einzelnen Bündel von einander trennt. Betrachtet man die Bündel mit der Loupe, so findet man, dass sie wieder in Bündel abgetheilt, und diese ebenfalls wieder durch Bindegewebe abgegrenzt sind. Die dünnen Fäserchen, welche man am weichgekochten Fleische sehr leicht aufheben kann, sind immer noch Faserbündel. Endlich kommt man auf einzelne Fasern, d. h. die letzten und feinsten Bündel bestehen aus einer Summe von Muskel-Fasern.

Jede solche Faser steckt in einem ringsum geschlossenen Sacke, welcher selbst unter den besten Vergrösserungen keine Structur zeigt; der Kunstausdruck für diesen Sack, ist Sarcolemma. Die Muskelfaser selbst erscheint quergestreift und längsgestreift, nur sind die Longitudinalstreifen nicht immer so scharf markirt als die Querstreifen. Auf dem Querschnitte und bei sehr starker Vergrösserung zeigt die Faser eine Anzahl von kleinen Körpern; das sind die Durchschnitte von feinsten Fäserchen; die Faser ist also wieder aus Fäserchen zusammengesetzt, die mit dem Ausdruck „Fibrillen“ bezeichnet werden.

Jedes feinste Fäserchen oder jede Fibrille ist aus Stückchen zusammengesetzt, welche Stückchen, auch

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Fleischtheilchen genannt, durch eine Kittsubstanz mit einander verschmolzen sind. Jede Fibrille besteht daher aus zweierlei Substanzen, aus Fleischtheilchen nämlich und aus Kittsubstanz, welche der Fibrille entlang regelmässig mit einander abwechseln.

Die ganze Muskelfaser wird auch Primitiv-Muskelbündel genannt, weil sie aus einem Bündel von Fibrillen besteht. Ein solches Bündel erscheint quergestreift, weil die Fleischtheilchen anders aussehen (anders lichtbrechend sind), als die Kittsubstanz, und daher an der ganzen Faser entlang auf je ein Bündel Fleischtheilchen ein Bündel Kittsubstanz folgt, also verschieden aussehende Bündel mit einander alterniren.

Man kann sich die ganze Muskelfaser auch so denken, dass sie aus Scheiben aufgebaut ist, und zwar folgt auf je eine Scheibe (Bündel) Fleischtheilchen eine Scheibe Kittsubstanz.

Die Muskelfaser zerfällt zwar, wenn man sie auch ihrer Hülle entkleidet, frisch weg, weder in Fibrillen noch in Scheiben. Zu einem solchen Zerfalle bedarf es erst der Einwirkung chemischer Reagentien. Nichtsdestoweniger sind Fibrillen wie Scheiben vom Hause aus vorhanden, weil wir die ersten aus den Längsstreifen, die letzten aus den Querstreifen, die auch im frischen Muskel sichtbar sind, erkennen. Die Muskelfaser verhält sich eben wie ein Bund zusammengeleimter Perlschnüre, deren jede abwechselnd eine weisse und eine farbige Perle enthält.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Man kann dann sagen, dieser Bund bestehe aus Schnüren, die auseinander fallen, wenn der Leim gelöst wird, oder aus Scheiben, die auseinander fallen, wenn alle weissen oder alle farbigen Perlen herausgerissen würden.

Sämmtliche Fibrillen einer Faser machen ihre eigentliche Fleischsubstanz aus, und eine Faser besteht daher hauptsächlich aus der mit einer Hülle versehenen Fleischsubstanz.

Die Muskelfaser hat die Gestalt eines sehr lang gezogenen Prisma und ist an beiden Enden abgerundet, sie zieht sich entweder durch einen ganzen Muskel hin oder hört im Verlaufe des Muskels auf, und es legt sich eine von der anderen Seite kommende nahe daran. An jede quergestreifte Muskelfaser tritt ferner ein Nerv heran. Derselbe durchbohrt die structurlose Hülle und bildet dann eine auf den Fleischfibrillen aufliegende ganz eigenthümliche Anschwellung, die man „Nerven-Endplatte“ nennt. Zwischen der structurlosen Hülle und der eigentlichen Fleischsubstanz, also gewissermaassen auf dieser aufliegend, befinden sich noch Körper, die man als Muskelkörperchen bezeichnet. Es sind dies Kerne umgeben von einer feinkörnigen Substanz oder für das Ganze richtiger gesprochen, es sind dies Zellen. An die Enden einer jeden Muskelfaser setzen sich feinste Bindegewebsfibrillen an, so dass sich aus der zahllosen Masse von Muskelfasern feinste Bindegewebsfibrillen herauserstrecken; die compacte Masse Bindegewebsfibrillen — nicht zu verwechseln mit den Muskelfibrillen — bezeichnen wir als eine Sehne

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

und sagen: der Muskel ist an beiden Seiten an Sehnen befestiget. Dies die Organisation der sogen. quergestreiften Muskeln. Die sogen. glatte oder organische Muskelfaser, die dem Willen nicht unterworfen ist, besteht aus einem spindelförmigen Körper, der an verschiedenen Stellen des Thierleibes eine sehr verschiedene Länge besitzt. In demselben befindet sich wieder ein länglicher Körper, der Muskelzellkern. Mit dieser glatten Muskelfaser nun will ich mich weiter nicht beschäftigen; sie ist bei weitem noch nicht so gut studirt, wie die quergestreifte und wissen wir namentlich bis heute noch nicht, in welcher Weise diese Faser mit dem Nerven zusammenhängt. Die Hauptmasse der Arbeit, die für uns wesentlich in Betracht kommt, wird zudem von der quergestreiften, sogen. willkührlichen Muskel verrichtet.

Ich kann zur Vervollständigung des Bildes noch hinzufügen, dass sich die Summe der Nervenfasern, die aus den Muskelfasern herauskommen, wieder zu einem Strange vereiniget, der, für das freie Auge sichtbar, durch den Körper seinen Verlauf nimmt und zum Central-Organ (Gehirn und Rückenmark) geht. Dort steht jeder Nerv mit einer sogen. Ganglien- oder Nervenzelle in Verbindung.

* * *

Wir sprechen von Arbeit, wenn wir eine Bewegung wahrnehmen oder erschliessen können. Wenn wir den Wagen fahren, das Dampfschiff sich bewegen,

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

wenn wir den Hammer fallen sehen, sagen wir, dass Arbeit geleistet wird. Diejenigen Bewegungen, die wir durch unser Seh- und Hörvermögen wahrnehmen können, bilden aber noch lange nicht die gesammte Arbeit, die für uns in Betracht kommt. Wenn wir durch unser Auge oder unser Ohr über Bewegungen urtheilen können, so sind dies in der Regel Bewegungen ganzer Massen. Wir müssen aber auch die Bewegungen der kleinsten Theile der Körper in Betracht ziehen. Wie bekannt, stellen wir uns vor, jeder Körper sei aus Molekeln und jedes Molekel wieder aus Atomen zusammengesetzt. Die Atome, sagen wir, sind bereits untheilbare Körper; die Molekel aber sind insofern theilbar, als sie aus Atomen bestehen; wir können sie zwar nicht mit mechanischen, wohl aber mit chemischen Mitteln theilen. Es ist für uns bis jetzt eine absolute Ruhe dieser Molekel kaum fassbar. Wir muthen ihnen eine stete Bewegung zu, die allerdings bei verschiedenen äusseren Einflüssen, unter verschiedenen inneren Zuständen verschieden intensiv sind und verschiedene Bahnen einhalten. Immerhin müssen an diese Molekel Kräfte gebunden sein, und durch diese Kräfte wird eben Arbeit verrichtet.

Es gehört schon eine gewisse Arbeit dazu, damit ein Körper seine Gestalt einhalte; denn da jeder Körper immer an einen anderen gränzt, so müssen seine Molekel den gleichfalls in Bewegung befindlichen Molekeln des anderen Körpers einen Wider-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

stand, eine Kraft entgegensetzen, damit er seinen Zusammenhang behalte.

Wir wissen ferner, dass dasjenige, was wir als Wärme bezeichnen, in nichts anderem besteht, als in einer gewissen schwingenden Bewegung dieser Molekel. Wenn ich sage, ich empfinde, dass ein Körper warm sei, so heisst das nichts anderes, als dass die Schwingungen der Molekel dieses Körpers auf die Molekel, aus welchen mein Organismus, respective meine Nerven zusammengesetzt sind, eine Kraft übertragen, dass die Schwingungen jener sich so den Nerven mittheilen, von diesen fortgepflanzt werden und endlich zu meinem Centralorgan und auf diese Weise mir zum Bewusstsein kommen, so dass die Vorstellung in mir entsteht, dass in jenem Körper eine gewisse Veränderung vor sich gehe. Wir bezeichnen dieses als die sogen. fühlbare Wärme. Wenn ich ein Quecksilber-Thermometer in eine Flüssigkeit von gewisser Temperatur hineinstecke, dann werden die Schwingungen der Molekel dieser Flüssigkeit auf die Quecksilber-Molekel übertragen. Vermöge dieser Kraft bewegen diese sich, das Quecksilber dehnt sich aus. Man sieht dadurch, wie man durch Wärme Arbeit leisten kann; denn offenbar gehört Arbeit dazu, wenn man eine Quecksilbersäule heben will. Beispiele, wie man durch Wärme Arbeit leisten kann, finden sich im täglichen Leben zahllose. Wenn man einen Körper erwärmt, dehnt er sich aus, und wenn man dieser Ausdehnung einen gewissen Widerstand

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

entgegensetzt, so wird derselbe überwunden werden, wenn die Summe der Kräfte, die frei werden, dazu hinreicht. Wenn man das Wasser erhitzt, verwandelt man es endlich in Dampf, d. h. man ertheilt den Wasser-Molekeln eine eigenthümliche, fortschreitende Bewegung, und diese Kraft wird sich derart äussern, dass der Dampf auf alle die Widerstände drückt, die ihm entgegentreten. Man kann so durch Dampf bekanntlich einen Kolben, einen Wagen, eine Maschine in Bewegung setzen. Auf diese Weise kann man aus Wärme sogen. mechanische Arbeit erzielen. Man kann aber auch umgekehrt aus mechanischer Arbeit wieder Wärme hervorbringen und das tägliche Leben liefert hiefür gleichfalls Beispiele. Wenn man den Hammer hebt und fallen lässt, kann man das Eisen, auf welches man schlägt, erwärmen. Wenn man zwei Körper an einander reibt, erwärmen sie sich. Die Bewegung der ganzen Masse wird auf die einzelnen Theilchen übertragen und so mechanische Arbeit in Wärme umgesetzt, während bei dem Umsetzen der Wärme in mechanische Arbeit umgekehrt die Bewegung der Molekel auf die ganze Masse übertragen wird.

Mechanische Arbeit ist aber nicht die einzige Quelle von Wärme, ebensowenig wie die Wärme die einzige Quelle der Arbeit ist. Es gibt eine andere Arbeits- und Wärmequelle, die gerade für unser Thema von ausserordentlicher Bedeutung ist, der chemische Process. Bevor ich auf diesen eingehe, will

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

ich nur durch ein Beispiel das Verhältniss von lebendiger Kraft zur Spannkraft erläutern: Man denke sich einen elastischen Stab, der an einem Ende befestigt ist. Biegt man diesen Stab aus seiner Ruhelage ab, so hat man Kraft angewendet, Arbeit vollbracht. Solange dieser Stab abgebogen gehalten wird, kann sich die Kraft nicht äussern; sie ist gespannt, in Spannung. Man hat also lebendige Kraft in Spannung gebracht, in Spannkraft umgesetzt. Sobald man den Widerstand aufhebt, schnellt der elastische Stab in seine ursprüngliche Lage zurück, die Spannkraft wird jetzt wieder in lebendige Kraft umgesetzt.

Die Kräfte sind an die Materie gebunden und zwar an die Molekel und in letzter Reihe an die Atome. Ich kann mir nun denken, dass zur Vereinigung einer Summe von Atomen zu einem Molekel Kraft nothwendig ist, eine Kraft, welche gespannt erhalten wird, sowie das Molekel gebildet ist, die nicht eher frei werden kann, als bis das Molekel zerfällt. Ich kann also diese Spannkraft gewinnen, frei werden lassen, wenn ich das Molekel, wie man sich ausdrückt, umlagere. Damit sich die Atome zu einem Molekel vereinigen, dazu gehören gewisse Affinitäten, Verwandtschaftskräfte, und die Affinitäten verschiedener Atome zu einander sind nicht gleich, sie können grösser oder geringer sein. Wir stellen uns nun vor, dass jedesmal, wenn die Atome eines Molekels aus einer Verbindung, zu welcher geringere Verwandtschaftskräfte gehören, in Verbindungen, zu

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

deren Bildung grössere Affinitäten erforderlich sind, umgelagert werden, da Kräfte frei werden. Wenn beispielsweise in unserem Leuchtgase Kohlenstoff- und Wasserstoffatome zu einem Leuchtgasmolekel verbunden sind, so sind sie hier durch Affinitäten aneinander gebunden, welche durch stärkere Affinitäten übertroffen werden können, und wenn ich nun den Kohlenstoff in eine Verbindung mit Sauerstoff, den ich zuführe, umlagere, werden dadurch Kräfte frei, wenn das Gas verbrennt. Um Kohlenstoff und Wasserstoff in die Molekel „Leuchtgas" zu vereinigen, brauche ich wieder Kraft, muss Kraft gebunden werden. In der ganzen Reihe von chemischen Processen haben wir es also bald mit einer Bindung, bald mit Freiwerden von Kräften zu thun; bald wird lebendige Kraft in Spannkraft, bald Spannkraft in lebendige Kraft umgesetzt.

Wenn die Pflanze während ihres Wachsthums aus Kohlensäure, Wasser, Ammoniak und anderen Substanzen sich ihre Molekel aufbaut, welche aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff u. s. w. zusammengesetzt sind, dann gehört Kraft dazu, die Pflanze muss Kraft binden. Sie bekommt diese Kraft in grossem Maasse durch die Sonnenwärme, durch die strahlende Wärme, die von der Sonne ausgeht. Mit Hilfe dieser Kraft werden die Atome zu hochzusammengesetzten Molekeln aneinander gelagert. Es ist also in der Pflanze Spannkraft angehäuft und wenn man beispielsweise das Holz verbrennt, so wird die Spannkraft frei, die

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Atome der Holzmolekel werden umgelagert, nach grösseren Verwandtschafts-Verhältnissen angezogen, es bildet sich Kohlensäure, Wasser u. s. f., die Spannkraft wird wieder in lebendige umgesetzt. Bei diesem Falle der Umsetzung von lebendiger Kraft in Spannkraft und umgekehrt, will ich stehen bleiben, weil er eben die organisirten Körper betrifft, mit denen wir es zu thun haben.

Die eigentliche Muskelsubstanz kennen wir nach ihrer eigentlichen und letzten Organisation nicht. Wir kennen nur gewisse chemische Verbindungen, die wir durch künstliche Hilfsmittel aus der Muskelsubstanz darstellen. Aber Eines wissen wir: dass der Muskel wenn er lebt und wenn er ruht, neutral oder alkalisch reagiren muss und dass, wenn er gearbeitet hat, er dann sauer reagirt. Wir wissen, dass der Muskel dauernd nur arbeiten kann, wenn ihm Spannkräfte zugeführt werden, d. h. Körper, deren Molekel Spannkräfte enthalten, also aus vielen Atomen mit geringen Affinitäten zusammengesetzt sind (sogenannte hochzusammengesetzte Molekel). Diese Körper führt das Blut den Muskeln zu. Denn jeder Muskel ist von zahllosen Blutbahnen durchströmt, und in dem Blute sind diese Körper gelöst vorhanden.

Wir wissen ferner, dass der Muskel, wie erwähnt, Sauerstoff braucht, wenn er dauernd arbeiten soll. Der Sauerstoff mit seiner grossen Affinität zu gewissen Atomen, die in den Muskelmolekeln aufgehäuft sind, kann eben die Umlagerung der Molekel bewirken,

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

kann die Spannkräfte in lebendige Kräfte umsetzen helfen.

Wir wissen ferner, dass der Muskel, wenn er arbeitet, Kohlensäure bildet, wir wissen, dass er auch Milchsäure bildet, die sogenannte Fleisch-Milchsäure. Aus den hochzusammengesetzten Molekeln des Muskels also, wie sie im ruhenden, arbeitsfähigen Muskel vorhanden sind und die natürlich hauptsächlich aus Kohlenstoff-, Wasserstoff-, Sauerstoff- und Stickstoff-Atomen bestehen, die gegen einander eine geringe Affinität zeigen, werden unter fortwährendem oder zeitweiligem Hinzutritt des Sauerstoffes niedriger zusammengesetzte Molekel: Kohlensäure, Milchsäure und endlich noch ein dritter Körper, ein Eiweisskörper, den man Myosin nennt, gebildet. Durch diese Spaltung und Umlagerung der Atome zu anderen Verbindungen, wird Spannkraft frei, wird Spannkraft in lebendige Kraft umgesetzt, und das sind die Kräfte, die uns als Muskelarbeit entgegentreten.

Die Art und Weise, wie der Muskel arbeitet, soll sogleich näher betrachtet werden, es muss aber zuvor auf diese Umsetzung der Kräfte noch einigermassen eingegangen werden.

Der Muskel arbeitet auch, wenn er in Ruhe ist und diese Arbeit wird in zweierlei Weise nachgewiesen: Erstens ist der ruhige Muskel im Stande, eine Magnetnadel abzulenken, wenn man sie unter die geeigneten Bedingungen dazu setzt. Wenn man

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

den Muskel an einer Stelle quer durchschneidet und dann ein Drahtende eines Messapparates an den Querschnitt, das andere an die Oberfläche des Muskels anlegt, dann wird in dem Momente, wo diese Drähte an den Muskel angelegt werden, die Magnetnadel des Messapparates ausschlagen. Das ist für uns ein Beweis, dass ein, wenn auch schwacher elektrischer Strom durch den Draht gegangen ist. Dieser Strom kommt vom Muskel, dieser hat die Nadel abgelenkt, also Arbeit geleistet.

Der Muskel ist aber zweitens auch warm, er producirt Wärme, selbst wenn er nicht direct vom Blute durchflossen wird, und Wärme ist, wie wir gesehen, Arbeit, sie ruht auf Bewegung der Molekel und hier auf Bewegung der Molekel des Muskels. „Ruhender Muskel“ ist also streng genommen kein ganz richtiger Ausdruck, er ist nur insofern richtig, als für das freie Auge eine Veränderung des Muskels bei dieser Arbeit nicht wahrnehmbar ist, sondern dieselbe nur erschlossen werden kann.

Uebrigens ist es uns noch unbekannt, welche chemische Processe diese Wärme und den elektrischen Strom im ruhenden Muskel erzeugen und ist man auch über die Art und Weise, wie diese Arbeit dem Organismus zu Gute kommt, noch nicht vollkommen klar.

Etwas mehr weiss man über diejenigen chemischen Processe, welche der eigentlichen, der mit freiem

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Auge sichtbaren Muskelarbeit zu Grunde liegen. Es sind dies die Processe, deren oben gedacht wurde, nämlich die Spaltung gewisser Molekel unter Zuhilfenahme von Sauerstoff in Kohlensäure, Milchsäure und Myosin. Wenn sich die Kohlensäure oder die Milchsäure im Muskel anhäuft, dann reagirt er sauer; dann sagen wir, er sei ermüdet, er kann nicht fortarbeiten, wenn nicht die Säure fortgeschafft wird. Dieses geschieht wieder durch das Blut. Das Blut führt also dem Muskel nicht nur Materiale zu, es muss auch die Kohlensäure und die Milchsäure ableiten. Auf diese Weise wird der Muskel, den die angehäuften Säuren an seiner Arbeit, der Umlagerung der Atome, hinderten, bevor noch sein Vorrath an Material (zur Umlagerung) oder seine Spannkräfte zu Ende gingen, wieder arbeitsfähig gemacht.

Man stellt sich heute vor, dass nur die die Arbeit des Muskels hemmenden Säuren vom Blute weggeführt werden, dass hingegen der Eiweisskörper im Muskel zurückbleibt und mit Zuhilfenahme gewisser Stoffe, die ihm durch das Blut zugeführt werden, wieder zu einem höher zusammengesetzten Körper zusammentritt, der neuerdings zerfällt und so wieder Kraft erzeugt. Man stellt sich also den Eiweisskörper als in einem Kreislaufe begriffen vor. Man nimmt an, dass er bald zertheilt, bald wieder zur Zusammensetzung complicirterer Moleküle benützt wird.

Aus dem vorangehenden zeigt sich somit, dass durch die Spaltung der Molekel des Muskels Kräfte

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

frei werden, und mit Hilfe dieser Kräfte arbeitet der Muskel. Wir wollen nun sehen, in welcher Weise diese Arbeit verrichtet wird.

Denkt man sich 2 Knochen durch ein Winkelgelenk verbunden und über die Beugeseite dieses von einem Knochen zum anderen einen Muskel gespannt, so ist es klar, dass, so oft dieser Muskel verkürzt wird, beide Knochen sich zu einander bewegen werden. Die Muskelarbeit äussert sich nun thatsächlich als Zusammenziehung; der Erfolg der Umlagerung der Molekel äussert sich in einer Formveränderung der ganzen Masse. Der Muskel wird kürzer und dicker. Diese Verkürzung muss nothwendiger Weise in dem eben gesetzten Beispiele zur Folge haben, dass die Knochen sich zu einander bewegen. Denkt man sich auf der entgegengesetzten Seite oder Streckseite des Gelenks einen zweiten Muskel gespannt, so ist es klar, dass dieser auf dieselbe Art, aber in entgegengesetztem Sinne wirken wird und dass mithin durch abwechselnde Verkürzung dieser beiden Muskel bald auf dieser, bald auf jener Seite, die Knochen gegen einander abwechselnd gebeugt und gestreckt werden müssen.

Da die Arbeit des Muskels auf chemischen Processen beruht, so wird es auch begreiflich erscheinen, dass der Muskel desto mehr Arbeit leisten kann, je mehr Masse er hat, je mehr Materiale für diese bestimmten Spaltungsprocesse — natürlich alles Uebrige gleichgesetzt — vorhanden ist. Ein quergestreifter

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Muskel, der bei gleicher Länge dreimal dicker ist als ein anderer, wird demgemäss dreimal mehr Arbeit verrichten können als dieser. Dasselbe tritt natürlich ein, wenn 2 Muskeln von gleicher Dicke sich in ihrer Länge wie 3 : 1 verhalten.

Man misst die Arbeit bekanntlich durch sogenannte Fusspfunde oder Grammmeter. Wenn man wissen will, wie viel Kraft eine Maschine besitzt, genügt es nicht, zu wissen, wie viel Last sie hebt, man muss auch wissen, wie hoch sie dieselbe heben kann, und man bezeichnet daher das Mass der Kraft durch Multiplication der Last mit der Höhe.

Man sagt, die Maschine hat eine Kraft von 10 Fusspfunden d. h., sie kann 1 Pfund 10 Fuss hoch oder 10 Pfund 1 Fuss hoch heben.

Der Muskel kann nun, wie erwähnt, eine um so grössere Last heben, je dicker seine Fleischsubstanz ist (das Bindegewebe arbeitet nicht). Je grösser der Querschnitt eines Muskels ist, um so mehr Last kann er c. p. heben und er kann sie um so höher heben, je grösser seine Länge ist, je mehr er sich verkürzen kann.

Eine Muskelfaser kann sich bei der grössten Arbeitsleistung bis zu $^1/_6$ ihrer gesammten Länge verkürzen. Wenn sie 1′ lang ist, wird sie demnach die bestimmte, ihrem Querschnitte entsprechende Last bis 10″ hoch emporheben können, ist sie 2′ lang, bis zu 20″ u. s. w.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Die mechanische Prüfung ergibt also, dass die Arbeitsgrösse einer Muskelfaser von zwei Factoren abhängig ist, nämlich vom Querschnitte und von der Länge. Beide mit einander multiplicirt geben bekanntlich das Volumen derselben; und mithin wächst die Arbeitsgrösse einer Muskelfaser c. p. mit der Zunahme ihres Volumens, oder unter der Voraussetzung eines sich gleich bleibenden spezifischen Gewichts mit der Zunahme der Masse. Denn wenn ein Körper sein Volumen vergrössert ohne dabei weniger dicht zu werden, als er war, d. h. wenn sich dabei sein spezifisches Gewicht nicht verringert, so muss er auch an Masse zunehmen.

Will man indessen berechnen, wie viel Last ein Muskel von der Unterlage abzuheben im Stande sei, natürlich ohne Rücksicht auf die Hubhöhe, so versucht man es abzutasten, d. h., man belastet den Muskel, an welchem unten eine Wagschale angehängt ist, mit immer höheren Gewichten, und sieht, bei welcher Belastung derselbe eben noch im Stande ist, die Wagschale von der Unterlage abzuheben.

Es hat sich durch solche Versuche gezeigt, dass der Muskel ein so vollkommenes Arbeitsorgan ist, wie es bei keinem Mechanismus der Fall ist. Ein Muskel von 1 Quadrat-Centimeter Querschnitt vermag nahezu 3 Kilogramm zu heben!

Man wird nun fragen: Warum zieht sich denn der Muskel nicht immer zusammen, warum arbeitet er nicht fortwährend?

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Damit der Muskel arbeiten könne, muss, wie oben gezeigt wurde, Spannkraft in ihm angehäuft sein und dies in Form von hochzusammengesetzten Molekeln, an welche sie gebunden ist. Aber mit dem Vorhandensein allein sind die Bedingungen der Arbeit noch nicht gegeben. Es muss an einer Stelle gewaltsam eine Veränderung der Lagerung der Atome herbeigeführt werden, die sich dann über den ganzen Muskel fortpflanzt. Er arbeitet also nur dann, wenn er gewaltsam zur Arbeit angeregt, gereizt wird, wenn, wie man sich ausdrücken kann, die Kräfte ausgelöst werden. Das trifft nicht blos beim Muskel allein zu, auch bei anderen Körpern ist diese Auslösung der Spannkräfte erforderlich. Z. B. im Holze sind ja auch Spannkräfte gebunden; unter Zuhilfenahme von Sauerstoff können wir die Molekel umlagern, die Spannkräfte frei werden lassen, aber mit dem Zutritte des Sauerstoffes allein wird das Holz noch nicht verbrennen, es muss das Holz erst bis zu einem gewissen Grade erwärmt, und so der Anstoss zu der Umlagerung der Moleküle gegeben werden.

Auf dieselbe Weise kann man dem Muskel die angedeutete Anregung geben: wenn man ihn bis zu einem gewissen Grade rasch erwärmt, zieht er sich plötzlich zusammen. Ausserdem giebt es noch sehr viele andere Hilfsmittel, um die Spannkräfte im Muskel auszulösen und die Umlagerung der Molekel hervorzurufen. Man braucht den Muskel nur zu kneipen oder Ammoniakdämpfe über ihn streichen zu

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

lassen, so zuckt er. Gibt man das angeschnittene Ende eines Muskels in Wasser, in schwache Säuren, selbst in Glycerin, dann zuckt er. Man braucht ferner nur einen ganz schwachen elektrischen Strom durch ihn zu leiten, wieder zieht er sich zusammen u. drgl.

In der Regel werden natürlich diese Hilfsmittel nicht in Anwendung gebracht, sondern die Auslösung der Kräfte geschieht mittelst des Nervensystems. In der Ganglienzelle im Centralorgan laufen fortwährend chemische Processe ab, werden Kräfte frei, und wenn sonst kein Hinderniss entgegensteht, pflanzen sich diese Kräfte durch die Nerven fort und lösen im Muskel die Kräfte aus, d. h. veranlassen die Umlagerung der Molekel und durch diese Umlagerung kommt es plötzlich, weil eben der Spaltungsprocess plötzlich abläuft, zu einer Formveränderung des Muskels, die mit solcher Kraft ausgeführt wird, dass die Last, die ihr entgegen steht, überwunden wird.

Bei Versuchen mit Muskeln bedient man sich in der Regel des elektrischen Stromes, um diese Auslösung der Kräfte hervorzubringen. Man nimmt den Muskel aus dem Körper heraus, belastet ihn und lässt plötzlich einen elektrischen Strom auf ihn einwirken. Er zieht sich sofort zusammen oder bestrebt sich wenigstens sich zusammenzuziehen und dabei die Last zu heben und er hebt sie so hoch, als er sich überhaupt verkürzen kann.

In der Vertheilung der Muskeln in unserem Körper ist das Verhältniss zwischen Last und Hub-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

höhe in eigenthümlicher Weise zur Geltung gebracht.

Denkt man sich einen zweiarmigen Hebel, an dessen langem Arme die Last und an dessen kurzem Arme die Kraft wirkt, so ist bekanntlich eine grössere Kraft nothwendig, als wenn man es mit einem gleicharmigen Hebel zu thun hätte. Andererseits aber gewinnt man dadurch an Hubhöhe; denn offenbar wird durch einen geringen Ausschlag des kürzeren Armes das Ende des langen Hebelarmes um ein bedeutenderes gehoben, als bei einem gleicharmigen Hebel. Wenn demnach in unserem Körper ein Gelenk in der Weise eingerichtet ist wie dieser Hebel, dann wird ein sehr langer Muskel ganz überflüssig sein. Denn durch die lange Faser erreicht man ja eine grössere Hubhöhe, die aber vorausgesetztermassen in diesem Falle an dem kürzeren Arme nicht erfordert wird. Es ist vielmehr eine grosse Kraft nothwendig, um diesen zu überwinden und es wird demnach ein ganz kurzer aber sehr dicker Muskel in diesem Falle nothwendig sein. In der That finden wir im Körper in solchen Fällen kurze, dicke Muskeln von einem Knochen zum andern über das Gelenk hingespannt. Wenn dagegen in anderen Fällen ein Muskel über 2 Knochen der Art hingespannt ist, dass durch dessen Zusammenziehung ein langer Hebelarm gehoben werden soll, so wird ein recht langer Muskel nothwendig sein, damit durch eine recht grosse Verkürzung eine beträchtliche Hubhöhe erreicht wird. Es können ferner

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

an demselben Hebelarme auf derselben Seite viele Muskel an verschiedenen Punkten angeheftet sein und wird dann je nach der Entfernung der Anheftung vom Stützpunkte die Länge und Dicke desselben verschieden sein müssen.

Auf diese Weise ist unter zweckmässiger Vertheilung der Last einmal dafür gesorgt, dass der Muskel durch grosse Masse (mit grossem Querschnitte) grosse Lasten überwinde und dann durch grosse Länge eine grosse Hubhöhe erziele. Immerhin kommt es aber auf die Summe der Masse des Muskels an; je grösser diese ist, um so grösser wird seine Arbeitsfähigkeit sein.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien

Jahr/Year: 1869

Band/Volume: 8

Autor(en)/Author(s): Stricker Salomon

Artikel/Article: Ueber Muskelarbeit. 169-191