

## Physiologie der Muskulatur

Der aktive Bewegungsapparat wird durch das Muskelsystem gebildet. Fast die Hälfte der Gesamtkörpermasse besteht aus Muskulatur. Nur durch die Fähigkeit der Muskeln, zu kontrahieren, sind diese in der Lage gelenkig miteinander verbundene Knochen gegeneinander zu bewegen.

## Funktion der Muskulatur

Erst durch den Wechsel zwischen Kontraktion und Erschlaffung der Skelettmuskulatur kommt im Körper Bewegung zustande. Die Muskulatur besteht aus speziellen Zellen die folgende Grundeigenschaften aufweisen:

- Erregbarkeit: die Zellen können auf Nervenreize reagieren.
- Kontraktionsfähigkeit: die Muskelzellen können sich verkürzen.
- Dehnbarkeit: die Zellen lassen sich auseinander ziehen.
- Elastizität: die Zellen kehren nach einer Dehnung oder Kontraktion wieder in ihre Ruhelage zurück.

Die Skelettmuskeln erfüllen durch ihre Fähigkeit zur Kontraktion drei wichtige Aufgaben:

1. Die Aktive Bewegung des Körpers
2. Die Aufrechte Körperhaltung
3. Die Wärmeproduktion

## Die drei Muskelgewebearten

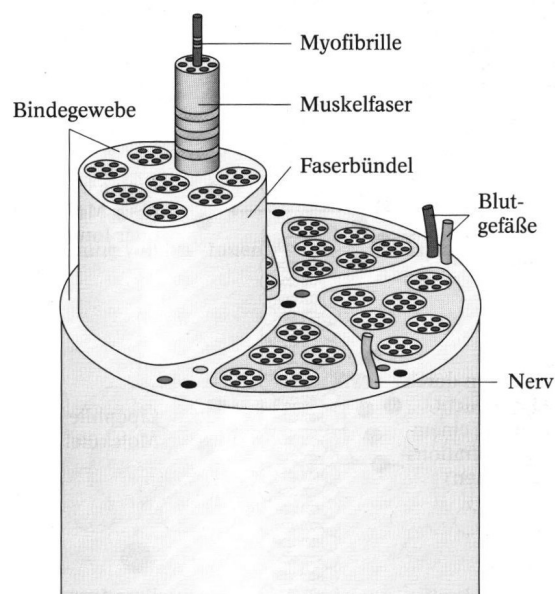
Der menschliche Körper besitzt drei unterschiedliche Typen von Muskulatur:

1. Die Glatte Muskulatur: Die glatte Muskulatur findet man in den Muskelwänden des Magen-Darm-Traktes, in den Bronchien, im Auge, den Blutgefäßen. Die Kontraktion der glatten Muskulatur verläuft langsam und unwillkürlich.
2. Die quergestreifte Muskulatur: Die quergestreifte Muskulatur bildet das gesamte Skelettsystem des Menschen. Auch die Zunge und die Muskeln des Kehlkopfes bestehen aus quergestreifter Muskulatur. Die Kontraktionen werden vom zentralen Nervensystem ausgelöst und sind meist dem Willen unterworfen.
3. Die Herzmuskulatur: Sie ist eine Art Sonderform der quergestreiften Muskulatur. Sie ist aber wie die glatte Muskulatur nicht dem Willen unterworfen.

## Der Aufbau der Skelettmuskulatur

Betrachtet man sich den feinen Aufbau der quergestreiften Skelettmuskulatur unter dem Mikroskop etwas genauer kann man feststellen, dass diese immer nach einem bestimmten Prinzip aufgebaut ist.

Die größte Einheit bildet hier das Muskelfaserbündel, welches mehrere Muskelfasern zu einem Bündel zusammenfasst. Umgeben wird das Muskelfaserbündel durch eine Bindegewebshülle, der Muskelfaszie. Die Muskelfaser wird auch Muskelzelle genannt. Einige Muskelfaser werden bis zu 15 cm lang und können sich auf ungefähr die Hälfte ihrer Faserlänge verkürzen. Die nächst kleinere Einheit wird durch die Myofibrille gebildet. Myofibrillen sind kleine Zellorgane die es der Muskelzelle erlauben Spannung zu entwickeln. Gebildet werden die Myofibrillen aus langen, parallel angeordneten Eiweißfäden die von einem Ende der Muskelzelle zum anderen Ende ziehen.



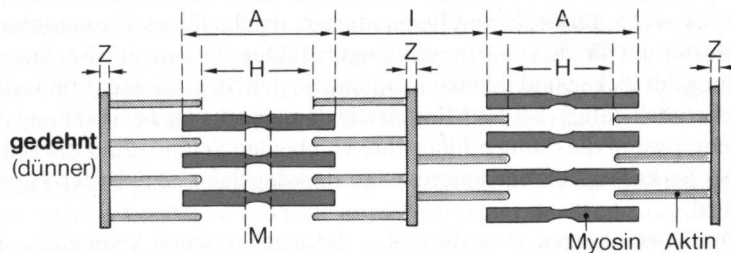
(aus Schroedel, 1997)

Unter dem Lichtmikroskop lassen sich bei der Myofibrille helle und dunkle Zonen entdecken die abwechselnd nebeneinander liegen. Wegen dieser typischen Anordnung von hellen und dunklen Zonen bezeichnet man die Skelettmuskelzelle auch als quergestreifte Muskelzelle.

### Das Sarkomer

Betrachtet man die Myofibrille noch genauer, so lassen sich in ihr die Sarkomere erkennen. Sarkomere sind kleine Eiweißzylinder die durch Zwischenscheiben (Z-Scheiben) zu einer langen Gliederkette, der Myofibrille verbunden sind.

Jedes Sarkomer besteht aus zwei Arten von Eiweißfäden, den dünnen Aktinfilamenten und den dicken Myosinfilamenten. Die Myosinfilamente liegen in der Mitte des Sarkomers und die Aktinfilamente sind an den Z-Scheiben befestigt. Von den Z-Scheiben aus strahlen die Aktinfilamente in die Mitte des Sarkomers ein, berühren jedoch die Myosinfilamente nicht direkt.

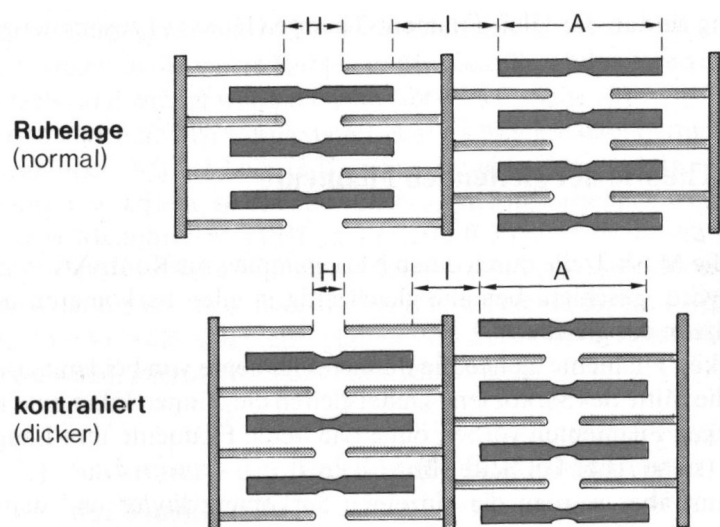


(aus Markworth, 1983)

### Die Muskelkontraktion

Nach der Theorie der gleitenden Filamente kommt es folgendermaßen zu einer Muskelkontraktion. Die Muskelzelle bekommt einen Nervenimpuls zur Kontraktion. Innerhalb der Sarkomere ziehen die dünnen Aktinfilamente in die Mitte des Sarkomers und gleiten an den dicken Myosinfilamenten vorbei. Beide Filamente verändern ihre Länge dabei nicht. Insgesamt werden aber die Abstände der einzelnen Z-Scheiben zueinander etwas kürzer und in der Muskelzelle entsteht Spannung. Geschieht dieses Ineinandergleiten millionenfach hintereinander in den Sarkomeren kommt es zu einer Verkürzung der Muskellänge (Muskelkontraktion).

Lässt der Nervenimpuls nach so gleiten die Eiweißfäden in ihre Ausgangsposition zurück.



(aus Markworth, 1983)

### Die Muskelfasertypen

Innerhalb der Muskulatur lassen sich zwei verschiedenen Muskelfasertypen unterscheiden. Sie unterscheiden sich durch die Geschwindigkeit der Kontraktion und der Fähigkeit eine Kontraktion lange aufrecht zu erhalten, bzw. zu wiederholen. Der beschriebene Kontraktionsmechanismus ist jedoch für beide Faserarten gleich.

Es gibt eine Gruppe der schnellen Muskelfasern (FT-Fasern), die in der Lage sind, eine Kontraktion mit hoher Geschwindigkeit durchzuführen. Sie sind aber nicht in der Lage diese lange aufrecht zu erhalten.

Die langsamen Muskelfasern (ST-Fasern) kontrahieren mit geringerer Geschwindigkeit, können aber ausdauernder arbeiten.

## Perfektes Zusammenspiel im Körper - Funktionelle Anatomie

### Wie funktioniert Bewegung?

Bewegung entsteht durch die Kontraktion eines Muskels. Dabei arbeitet bei der Ausführung einer Bewegung ein Muskel niemals alleine, sondern immer mit einem oder mehreren anderen Muskeln zusammen.

### Agonist, Antagonist und Synergist

Bei einer Bewegung gibt es immer einen Agonisten und einen Antagonisten, sie bezeichnen die Muskeln, die notwendig sind um ein Gelenk zu bewegen. Der Agonist ist der Muskel der die Bewegung ausführt und kontrahiert, und der Antagonist ist der Muskel der auf der anderen Seite des Gelenks der Bewegung nachgeben muss und sich dehnt. Beim Beugen des Ellbogengelenks ist der zweiköpfige Oberarmmuskel (M. biceps brachii) der Agonist und der dreiköpfige Unterarmstrecker (M. triceps brachii) der Antagonist. Bei der Ellbogenstreckung ist es umgekehrt.

Als Synergisten werden die Muskeln bezeichnet, die den Agonisten in seiner Funktion unterstützen.

### Ursprung und Ansatz

Kommt es zu einer Kontraktion eines Muskels so wird die Spannung über die Sehnen auf die Knochen übertragen. Es kommt zur Bewegung des Knochens der nicht durch andere Muskeln oder äußere Kräfte fixiert ist.

Als Ursprung eines Muskels wird die Befestigung des Muskels am relativ unbeweglicheren Knochen bezeichnet. Die Befestigung am beweglicheren Knochen heißt Ansatz. Bei den Extremitäten liegt der Ursprung der Muskeln meist körpfernah und der Ansatz körperfern.

Kontrahiert ein Muskel nähern sich Ursprung und Ansatz einander an.

### Kontraktionsformen der Muskulatur

Bei einer Muskelkontraktion kommt es zu einer Spannungsentwicklung im Muskel. Dabei kann dieser seine Ausgangslänge beibehalten, sich verkürzen oder sich ausdehnen. Man unterscheidet folgende Kontraktionsformen der Muskeln:

1. **Die isometrische Kontraktion:** Bei ihr wird nach außen keine Bewegung sichtbar. Im Muskel jedoch kommt es zu einer sehr hohen Spannungsentwicklung. Bezeichnet wird sie auch als haltende-statische Kontraktion. Beispiel: Man drückt gegen einen unverrückbaren Widerstand → Merke: Isometrische Kontraktion = Spannungszunahme ohne Längenveränderung des Muskels
2. **Die isotonische Kontraktion:** Bei einer isotonischen Kontraktion kommt es zu einer nach außen sichtbaren Bewegung. Der Muskel verkürzt sich, die Spannung im Muskel bleibt jedoch gleich. Sie wird auch als dynamische Kontraktion bezeichnet. Beispiel: Man macht einen Klimmzug am Reck. → Merke: Isotonische Kontraktion = Längenveränderung des Muskels ohne Spannungszunahme.
3. **Die auxotonische Kontraktion:** Sie findet bei den meisten Muskelbewegungen im Alltag und im Sport statt, und ist charakterisiert durch eine Verkürzung des Muskels bei einer gleichzeitig zunehmenden Spannung. Reine isometrische oder isotonische Kontraktionen kommen bei Muskelbewegungen kaum vor. → Merke: Auxotonische Kontraktion = Längenveränderung und Spannungszunahme des Muskels
4. **Die Anschlagkontraktion:** Hier kommt es erst zu einer Verkürzung der Muskulatur und dann zu einer Erhöhung der Muskelspannung. Beispiel: Man schlägt gegen einen Boxsack. Zuerst kommt es zu einer Verkürzung des Muskels dann wird er durch den Anschlag am Sack arretiert. → Merke: Anschlagkontraktion = Zuerst eine Verkürzung der Muskulatur, dann eine Spannungszunahme.

Die letzten zwei Kontraktionsformen lassen sich nicht voneinander trennen.

Innerhalb der dynamischen Kontraktionsformen kann man noch zwei Unterarten unterscheiden.

1. Die **konzentrische Kontraktion:** Die konzentrische Kontraktion wird auch als überwindende Kontraktion, oder positiv-dynamische Kontraktion bezeichnet. Dabei verändert sich die muskuläre Spannung und die Muskeln verkürzen sich. Beispiel: Man macht einen Klimmzug. → **Merke:** Konzentrische Kontraktion = Spannungsänderung im Muskel wobei Ursprung und Ansatz sich annähern.
2. Die **exzentrische Kontraktion:** Sie wird auch nachgebende oder negativ-dynamische Kontraktion genannt. Bei ihr kommt es zu einer Spannungsänderung im Muskel und einer Verlängerung/Dehnung des Muskels. Beispiel: man lässt sich langsam aus einem Klimmzug wieder herab. → **Merke:** Exzentrische Kontraktion = Spannungsänderung im Muskel wobei Ursprung und Ansatz sich voneinander entfernen.