Bewegungs- und Trainingslehre
Sportbiologie · Sport und Gesundheit

Sport-KOMPAKT

Oberstufe
# Inhalt

Hinweise zum digitalen Zusatz  
Vorwort

**Bewegungslehre** ........................................ 1

1 Bewegungsanalyse ........................................ 1
   1.1 Bewegungsmerkmale ................................... 2
   1.2 Phasenanalyse (MEINEL) ................................ 3
   1.3 Funktionsphasenanalyse (GÖHNER) ...................... 5

2 Biomechanik ............................................ 8
   2.1 Prinzip des optimalen Beschleunigungswege ........... 9
   2.2 Prinzip der Anfangskraft ............................... 10
   2.3 Prinzip der optimalen Tendenz im Beschleunigungsverlauf ............................. 11
   2.4 Prinzip der zeitlichen Koordination von Teilimpulsen ............................. 11
   2.5 Prinzip der Impulserhaltung ............................ 11
   2.6 Prinzip der Gegenwirkung .............................. 12

3 Phasenmodell der Bewegungshandlung ................... 12
   3.1 Ablauf von Bewegungshandlungen ....................... 12
   3.2 Motiv und Motivation ................................... 13

4 Motorisches Lernen ..................................... 14
   4.1 Speicherung von Informationen im Gehirn ........... 14
   4.2 Koordination ............................................ 15
   4.3 Lernphasen ............................................. 18
   4.4 Lernmethoden .......................................... 20
   4.5 Feedback .............................................. 21

5 Modelle der Bewegungssteuerung ......................... 23
   5.1 Informationstheoretischer Ansatz ....................... 23
   5.2 Systemdynamischer Ansatz .............................. 27

**Sportbiologie** ........................................ 29

6 Haltungs- und Bewegungsapparat ......................... 29
   6.1 Muskeln ................................................. 30
   6.2 Bänder und Sehnen ..................................... 35
   6.3 Knochen ................................................. 36
   6.4 Gelenke ................................................. 39
7 Sportverletzungen und -schäden des Bewegungsapparats ........................................ 47
  7.1 Verletzungen und Schäden der Muskulatur .......................................................... 47
  7.2 Verletzungen und Schäden der Sehnen ................................................................. 49
  7.3 Verletzungen und Schäden der Knorpel .................................................................... 50
  7.4 Verletzungen und Schäden der Gelenke .................................................................. 51
  7.5 Verletzungen und Schäden der Wirbelsäule ............................................................... 53
  7.6 Aufwärmen .............................................................................................................. 54

8 Herz-Kreislauf-System ................................................................................................. 55
  8.1 Lungen- und Körperkreislauf .................................................................................. 55
  8.2 Herz ........................................................................................................................ 56
  8.3 Blut .......................................................................................................................... 58

9 Atmungssystem ............................................................................................................. 60
  9.1 Weg der Atemluft ...................................................................................................... 61
  9.2 Gasaus tausch in der Lunge ..................................................................................... 61
  9.3 Atemmechanik ........................................................................................................ 61
  9.4 Regulation der Atmung ............................................................................................ 62
  9.5 Kenngrößen der Atmung ......................................................................................... 63

10 Das Nervensystem ....................................................................................................... 64
  10.1 Aufbau des Nervensystems ................................................................................... 64
  10.2 Informationsaufnahme, -verarbeitung und -weiterleitung ....................................... 65
  10.3 Reflexe .................................................................................................................... 67
  10.4 Analysatoren .......................................................................................................... 68

11 Immunsystem ................................................................................................................ 69
  11.1 Unspezifische (angeborene) Immunabwehr ............................................................ 69
  11.2 Spezifische (erworbene) Immunabwehr ................................................................. 69
  11.3 Auswirkungen von Sport auf das Immunsystem ...................................................... 70

12 Hormone ....................................................................................................................... 70
  12.1 Hormonrezeptoren .................................................................................................. 70
  12.2 Hormondrüsen ....................................................................................................... 71
  12.3 Hormonfunktionen ................................................................................................. 71

13 Energiestoffwechsel ..................................................................................................... 73
  13.1 Anaerobe Energiebereitstellung .............................................................................. 73
  13.2 Aerobe Energiebereitstellung .................................................................................. 75
  13.3 Ernährung ............................................................................................................... 77

14 Temperaturregulation ................................................................................................. 78
  14.1 Mechanismen der Wärmeabgabe .......................................................................... 78
  14.2 Reaktion auf Überhitzung (Hyperthermie) ............................................................. 79
  14.3 Reaktion auf Untertemperatur (Hypothermie) ......................................................... 80
Hinweise zum digitalen Zusatz

Mit der im Band enthaltenen Web-App „MindCards“ stehen Ihnen wichtige Fachbegriffe und Definitionen auch jederzeit und überall als digitale Lernkarten zur Verfügung.

Die MindCards können direkt im Browser geöffnet werden, die Installation über einen App-Store ist nicht erforderlich. Scannen Sie einfach den nebenstehenden QR-Code mit dem Smartphone oder geben Sie den folgenden Link ein: https://www.stark-verlag.de/

Und so arbeiten Sie mit den MindCards:
• Wählen Sie die (Teil-)Kapitel aus, die Sie bearbeiten möchten.
• Tippen Sie auf „alle Karten laden“, um die Bearbeitung zu starten.
• Durch Antippen können Sie die Karte drehen und sich die den Fachbegriff oder die Definition anzeigen lassen.
• Entscheiden Sie bei jeder Karte zwischen „kann ich“ und „kann ich noch nicht“.
• Die Lernkarten werden dann in verschiedenen „Stapeln“ abgelegt, sodass Sie alle Begriffe bzw. Definitionen, die Sie noch nicht gewusst haben, noch einmal wiederholen können.
• Zum Ändern der „Lernrichtung“ (Fachbegriff – Definition, Definition – Fachbegriff), zum Zurücksetzen der Stapel oder zur Veränderung der Kartenreihenfolge gehen Sie über das Menü (rechts oben) in die Einstellungen.
Vorwort

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

mit dem vorliegenden Band können Sie schnell und effektiv die wichtigsten Aspekte der Sporttheorie wiederholen.

• Der Band greift die vier großen Bereiche Bewegungslehre, Sportbiologie, Trainingslehre und Sport und Gesellschaft (mit Berücksichtigung der Themen Gesundheit und Doping) auf.

• Der Stoff ist präzise dargestellt und gut verständlich erklärt, sodass Sie Wissenslücken kurzfristig schließen können.

• Grundlegende Begriffe sind blau hervorgehoben. Die besonders wichtigen Begriffe werden zusätzlich in abgesetzten blauen Feldern definiert und erläutert.

• Durch Grafiken und Tabellen werden Fakten und Zusammenhänge übersichtlich zusammengefasst.

• Mit dem ausführlichen Stichwortverzeichnis können Sie die wichtigsten Inhalte ganz gezielt nachschlagen.

• Die Web-App Mindcards ermöglicht Ihnen das individuelle Lernen und Wiederholen der relevanten Fachbegriffe und Definitionen.

Viel Freude und Erfolg bei der Arbeit mit dem Band wünscht Ihnen

Dr. Thorsten Vahl
**Sportbiologie**

In der Sportbiologie geht es in erster Linie um die Wechselwirkungen von Sport und menschlichem Organismus. Im Zentrum stehen also die Voraussetzungen für sportliche Leistungen und die Anpassungerscheinungen, zu denen es infolge sportlichen Trainings kommt.

Die beiden großen Teilbereiche, die für die Sportbiologie eine besondere Rolle spielen, sind die Anatomie und die Physiologie.

- **Die [Anatomie](#)** ist die Lehre vom Bau der Organismen. Dabei kann zwischen der makroskopischen Anatomie, die sich mit den Strukturen befasst, die mit dem bloßen Auge erkennbar sind, und der mikroskopischen Anatomie (Histologie) unterschieden werden, die sich mit dem Feinbau von Organen, Geweben und Zellen beschäftigt.

- **Die [Physiologie](#)** ist die Lehre von den physikalischen und biochemischen Vorgängen im lebenden Organismus. In ihren Bereich fällt unter anderem die Beschäftigung mit dem Energiestoffwechsel (siehe S. 73 ff.) und mit der Hormonregulation (siehe S. 70 ff.).

### 6 Haltungs- und Bewegungsapparat

Beim Haltungs- und Bewegungsapparat wird zwischen einem aktiven und einem passiven Teil unterschieden:

- **Die Strukturen des [aktiven Bewegungsapparats](#)** tragen aktiv zur Ausführung von Bewegungen bei. Dazu zählen Muskeln, Sehnen und Faszien.

- **Der [passive Haltungs- und Bewegungsapparat](#)** wird von den Strukturen gebildet, die durch die Komponenten des aktiven Bewegungsapparats bewegt werden. Das sind in erster Linie Knochen, Gelenke, Bänder, Knorpel und Bandscheiben.

6.1 Muskeln

Die rund 650 Muskeln des menschlichen Körpers sind die für eine Bewegung notwendigen kontraktilen Elemente.

Muskeltypen

Prinzipiell werden drei Muskultypen unterschieden:

- Die **quer gestreifte Muskulatur** trägt ihren Namen aufgrund der unter dem Mikroskop erkennbaren Querstreifung der Muskelfasern. Diese ergibt sich durch die hintereinanderliegenden Sarkomere mit den darin enthaltenen Aktin- und Myosinfilamenten (siehe S. 31).
  - Zur quergestreiften Muskulatur zählt die **Skelettmuskulatur**, die bewusst (willkürlich) angesteuert werden kann. Sie ist über Sehnen oder Faszien mit den Knochen verbunden und dient der Bewegungsausführung.
  - Auch die **Herzmuskulatur**, die einen Großteil der Wand des Herzens (siehe S. 56) bildet, wird zur quergestreiften Muskulatur gerechnet. Das Herz besitzt ein eigenes Erregungsbildungs- und Erregungsleitsystem (siehe S. 58) und kann im Normalfall nicht willkürlich angesteuert werden.
- Auch im Fall der **glatten Muskulatur** ist keine bewusste Steuerung möglich. Sie findet sich beispielsweise in den Wänden mancher Blutgefäße, des Darms und der Atemwege.

Skelettmuskeln können mehrere Ursprungspunkte (Köpfe) an den Knochen haben, was sich in ihrem Namen widerspiegelt. So hat der Wadenmuskel (M. triceps surae; lateinisch: Vorsilbe tri- = drei; caput = Kopf) beispielsweise drei Köpfe, der Oberschenkelstreckr vier (M. quadriceps femoris).
Außerdem unterscheiden sich die Muskeln in der Anzahl der Gelenke (siehe S. 39 ff.), die sie übergreifen: Während z.B. der Armbeuger (M. biceps brachii) ein einziges Gelenk bewegt, hat die ischiocrurale Muskulatur auf der Oberschenkelrückseite gleichzeitig für die Hüfte eine streckende und für das Knie eine beugende Funktion.

**Aufbau der Skelettmuskulatur**
Alle Skelettmuskeln zeichnet der gleiche grundlegende Aufbau aus:

Abb. 11: Aufbau eines typischen Skelettmuskels

Skelettmuskeln sind von einer Bindegewebshülle (Faszie) umgeben. Die einzelnen **Muskelfaserbündel** innerhalb des Muskels, die jeweils aus zahlreichen **Muskelfasern** bestehen, sind wiederum von Bindegewebe umhüllt. Die Muskelfasern setzen sich aus den parallel verlaufenden **Muskelfibrillen (Myofibrillen)** zusammen, deren Grundeinheit die hintereinander angeordneten **Sarkomere** sind. Versorgt wird der Muskel durch Blutgefäße und Nerven. Durch unphysiologische Belastungen kann es zu Verletzungen des Muskelgewebes kommen (siehe S. 47 ff.).

**Kontraktion der Skelettmuskulatur**
Die kinematischen (von außen erkennbaren) Bewegungsmerkmale ergeben sich aus der **Kontraktion** der Muskeln.
Die eigentliche Muskelkontraktion findet in den Sarkomeren statt (Aufbau siehe Abb. 12, S. 32), die von jeweils zwei **Z-Membranen (Z-Scheiben)** begrenzt werden. An diesen Z-Membranen sind zum einen die dünnen **Aktinfilamente** verankert, zum anderen – über elastische **Titinfilamente** – die dickeren **Myosinfilamente**.

Die Erregung, die letztendlich zur Auslösung einer Kontraktion führt, hat ihren Ursprung im zentralen Nervensystem (siehe S. 64). Von dort wird sie in Form von **Aktionspotenzialen** (elektrische Signale) über **efferente Nervenbahnen** zum Muskel geleitet, während gleichzeitig über **afferente Nervenbahnen** Signale der Endorgane zum zentralen Nervensystem zurückkehren (Näheres siehe S. 65 f.).
Die Erregungsübertragung (Signalübertragung) vom Nerv auf den Muskel erfolgt über die sogenannten motorischen Einheiten, die jeweils aus einem (α-)Motoneuron und den von ihm innervierten Muskelfasern bestehen. Je feiner die durchführbaren Bewegungen sein müssen, desto weniger Muskelfasern gehören zu einer motorischen Einheit (siehe auch intramuskuläre Koordination, S. 15 f.). So sind z.B. am Auge nur wenige Muskelfasern (ca. 100–300) von einem α-Motoneuron innerviert, während bei der Beinmuskulatur etwa 2000 Muskelfasern eingebunden sind.

Die Kontaktstelle zwischen Motoneuron und Muskelfaser, also der Bereich, in dem es innerhalb der motorischen Einheit zur Erregungsübertragung kommt, wird als motorische Endplatte (neuromuskuläre Synapse) bezeichnet. Die über das Motoneuron einlaufenden Aktionspotenziale werden dabei mittels Botenstoffen (Transmitter) auf die Muskelfasern übertragen. Zur Übertragung kommt es allerdings nur, wenn die sogenannte Reizschwelle überschritten wird (Alles-oder-nichts-Gesetz). Ist dies nicht der Fall (unterschwellige Erregung), bleibt die Kontraktion aus. Je stärker eine überschwellige Erregung ist, desto mehr Muskelfasern werden innerviert. Erreicht ein schwach überschwelliges Signal den Muskel, werden nur wenige Fasern aktiviert, was dazu führt, dass die Bewegung zwar langsam ist, dafür aber länger durchgeführt werden kann. Ist das Signal dagegen stark oder gar maximal, ist die Bewegung explosiv, führt aber auch schneller zur Ermüdung.

Je trainierter ein Sportler ist, desto besser ist seine willkürliche Aktivierungs-fähigkeit, d.h. die Rekrutierung der motorischen Einheiten und somit die Kontrakungs geschwindigkeit der Muskulatur. Eine optimale Bewegungskoordination ermöglicht es, die Zahl der gleichzeitig aktivierten motorischen Einheiten zu erhöhen, wodurch Kraft und Schnelligkeit gesteigert werden können.

Abb. 12: Schematischer Aufbau eines Sarkomers und Mechanismus der Kontraktion
Im entspannten Zustand (erschlaffter Muskel) liegen die Sarkomere in gestreckter Form vor. Die Myosinköpchen haben ATP-Energie (siehe S. 74) gespeichert und sind dadurch in gespannter Stellung. Die Erregungsübertragung (überschwellig) auf die Muskelfaser bewirkt die Ausschüttung von Kalziumionen, was die Freigabe der reaktiven Regionen des Aktins zur Folge hat. Dadurch können die Myosinköpchen mit dem Aktin in Kontakt treten und an es binden. Unter Abgabe der gespeicherten Energie klappen die Myosinfilamente um, wodurch die Aktinfilamente und mit ihnen die Z-Membranen zur Sarkomermitte gezogen werden. Daraus ergibt sich eine Verkürzung des gesamten Sarkomers. Das Titin stabilisiert die kontraktilen Filamente und sorgt durch seine Elastizität dafür, dass der Muskel zu seiner entspannten Lage zurückkehren kann, sobald keine Aktionspotenziale mehr einlaufen und die Myosinköpfe wieder ihre gespannte Stellung einnehmen. Die beschriebene Verkürzung der Muskelfaser wird als Gleit-Filament-Mechanismus bezeichnet.

Neben willkürlichen Kontraktionen der Skelettmuskulatur kann es auch zu unwillkürlichen kommen, den sogenannten Reflexen (siehe S. 67 f.).

**Muskelfasertypen**

Wie schnell sich ein Muskel zusammenziehen kann, hängt wesentlich vom Muskelfasertyp ab. Der menschliche Skelettmuskel enthält zwei solche Fasertypen, die **ST-Fasern** (Slow-Twitch-Fasern; auch: Typ-I-Fasern) und die **FT-Fasern** (Fast-Twitch-Fasern; auch: Typ-II-Fasern), wobei letztere ihrerseits in unterschiedlichen Ausprägungen auftreten. Die Unterteilung der beiden Hauptfasertypen erfolgt nach verschiedenen Charakteristika, aus denen sich unterschiedliche spezifische Leistungsfähigkeiten ergeben. In der nachfolgenden Übersicht sind typische Unterscheidungskriterien zusammengestellt.

<table>
<thead>
<tr>
<th></th>
<th>ST-Fasern</th>
<th>FT-Fasern</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Kontraktionsgeschwindigkeit</td>
<td>niedrig</td>
<td>hoch</td>
</tr>
<tr>
<td>Kontraktionsdauer</td>
<td>lang</td>
<td>kurz</td>
</tr>
<tr>
<td>Kraftentfaltung</td>
<td>gering</td>
<td>hoch</td>
</tr>
<tr>
<td>Ermüdungsresistenz</td>
<td>hoch</td>
<td>gering</td>
</tr>
<tr>
<td>Querschnitt</td>
<td>klein</td>
<td>groß</td>
</tr>
<tr>
<td>Kapillarisierung</td>
<td>stark</td>
<td>gering</td>
</tr>
<tr>
<td>Myoglobingehalt (siehe S. 59)</td>
<td>hoch ⇒ rote Faserfarbe</td>
<td>gering ⇒ weiße Faserfarbe</td>
</tr>
<tr>
<td>-----------------------------</td>
<td>-------------------------</td>
<td>--------------------------</td>
</tr>
<tr>
<td>Mitochondrien</td>
<td>viele</td>
<td>wenige</td>
</tr>
<tr>
<td>Energiebereitstellung</td>
<td>hauptsächlich oxidativer (aerober) Stoffwechsel (siehe S. 75 ff.)</td>
<td>hauptsächlich glykolytischer (anaerob) Stoffwechsel (siehe S. 73 f.)</td>
</tr>
</tbody>
</table>
| Innervation                 | • Innervation durch kleine α-Motoneuronen mit geringem Axondurchmesser und geringer Leitungsgeschwindigkeit  
• wenige motorische Endplatten  
• niedrige Reizschwelle | • Innervation durch große α-Motoneuronen mit großem Axondurchmesser und hoher Leitungsgeschwindigkeit  
• viele motorische Endplatten  
• hohe Reizschwelle |

Tab. 3: ST-Fasern vs. FT-Fasern


Untersuchungen haben gezeigt, dass die Muskulatur sportartspezifisch spezialisiert ist. So weisen gut trainierte Ausdauersportler (z. B. Langstreckenläufer, Radsportler) einen wesentlich höheren Prozentsatz an ST-Fasern auf als Untrainierte. Während aber FT-Fasern durch Training relativ leicht in ST-Fasern umgewandelt werden können, ist dies umgekehrt nur sehr bedingt möglich. Folglich ist die Verteilung der Fasertypen, die eine oft entscheidende Voraussetzung für das Erreichen von Spitzenleistungen ist, in hohem Maße erblich bedingt, und es gilt die Feststellung „Zum Sprinter muss man geboren sein“.

Effekt von Training auf die Skelettmuskulatur

Training hat unterschiedliche Auswirkungen auf die Muskulatur:
• Durch Krafttraining (siehe S. 108 ff.) kommt es zu einer Querschnittszunahme, einer Verbesserung der Koordination (sowohl intra- als auch intermuskulär) und einer Erhöhung der anaeroben Stoffwechselkapazität.
Der Datenbestand der STARK Verlag GmbH ist urheberrechtlich international geschützt. Kein Teil dieser Daten darf ohne Zustimmung des Rechteinhabers in irgendeiner Form verwertet werden.