



**MEHR  
ERFAHREN**

Bewegungs- und Trainingslehre  
Sportbiologie • Sport und Gesundheit

**Sport-KOMPAKT**

Oberstufe



**STARK**

# Inhalt

Hinweise zum digitalen Zusatz



Vorwort

<b>Bewegungslehre</b> .....	<b>1</b>
<b>1 Bewegungsanalyse</b> .....	<b>1</b>
1.1 Bewegungsmerkmale .....	2
1.2 Phasenanalyse (MEINEL) .....	3
1.3 Funktionsphasenanalyse (GÖHNER) .....	5
<b>2 Biomechanik</b> .....	<b>8</b>
2.1 Prinzip des optimalen Beschleunigungsweges .....	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
<b>3 Phasenmodell der Bewegungshandlung</b> .....	<b>12</b>
3.1 Ablauf von Bewegungshandlungen .....	12
3.2 Motiv und Motivation .....	13
<b>4 Motorisches Lernen</b> .....	<b>14</b>
4.1 Speicherung von Informationen im Gehirn .....	14
4.2 Koordination .....	15
4.3 Lernphasen .....	18
4.4 Lernmethoden .....	20
4.5 Feedback .....	21
<b>5 Modelle der Bewegungssteuerung</b> .....	<b>23</b>
5.1 Informationstheoretischer Ansatz .....	23
5.2 Systemdynamischer Ansatz .....	27
<b>Sportbiologie</b> .....	<b>29</b>
<b>6 Haltungs- und Bewegungsapparat</b> .....	<b>29</b>
6.1 Muskeln .....	30
6.2 Bänder und Sehnen .....	35
6.3 Knochen .....	36
6.4 Gelenke .....	39

<b>7 Sportverletzungen und -schäden des Bewegungsapparats</b> .....	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
<b>8 Herz-Kreislauf-System</b> .....	55
8.1 Lungen- und Körperkreislauf .....	55
8.2 Herz .....	56
8.3 Blut .....	58
<b>9 Atmungssystem</b> .....	60
9.1 Weg der Atemluft .....	61
9.2 Gasaustausch in der Lunge .....	61
9.3 Atemmechanik .....	61
9.4 Regulation der Atmung .....	62
9.5 Kenngrößen der Atmung .....	63
<b>10 Das Nervensystem</b> .....	64
10.1 Aufbau des Nervensystems .....	64
10.2 Informationsaufnahme, -verarbeitung und -weiterleitung .....	65
10.3 Reflexe .....	67
10.4 Analysatoren .....	68
<b>11 Immunsystem</b> .....	69
11.1 Unspezifische (angeborene) Immunabwehr .....	69
11.2 Spezifische (erworbene) Immunabwehr .....	69
11.3 Auswirkungen von Sport auf das Immunsystem .....	70
<b>12 Hormone</b> .....	70
12.1 Hormonrezeptoren .....	70
12.2 Hormondrüsen .....	71
12.3 Hormonfunktionen .....	71
<b>13 Energiestoffwechsel</b> .....	73
13.1 Anaerobe Energiebereitstellung .....	73
13.2 Aerobe Energiebereitstellung .....	75
13.3 Ernährung .....	77
<b>14 Temperaturregulation</b> .....	78
14.1 Mechanismen der Wärmeabgabe .....	78
14.2 Reaktion auf Überhitzung (Hyperthermie) .....	79
14.3 Reaktion auf Untertemperatur (Hypothermie) .....	80

<b>Trainingslehre</b> .....	<b>81</b>
<b>15 Training – Grundbegriffe</b> .....	<b>81</b>
15.1 Trainingsparameter .....	82
15.2 Belastungsnormative .....	82
<b>16 Trainingsprinzipien</b> .....	<b>83</b>
16.1 Prinzip des wirksamen Belastungsreizes .....	84
16.2 Prinzip der Homöostase und der Superkompensation .....	84
16.3 Prinzip der Kontinuität .....	86
16.4 Prinzip der Steigerung .....	86
16.5 Prinzip der Periodisierung und Zyklisierung .....	86
16.6 Prinzip der optimalen Relation von Belastung und Erholung .....	89
16.7 Prinzip der wechselnden Belastung .....	90
16.8 Prinzip der individualisierten Belastung .....	90
<b>17 Leistung</b> .....	<b>90</b>
17.1 Leistungsfähigkeit .....	91
17.2 Leistungsvoraussetzungen .....	91
17.3 Leistungsdiagnostik .....	92
<b>18 Ausdauertraining</b> .....	<b>97</b>
18.1 Biologische Voraussetzungen und Anpassung .....	97
18.2 Formen der Ausdauer .....	100
18.3 Trainingsmethoden .....	102
<b>19 Schnelligkeitstraining</b> .....	<b>105</b>
19.1 Biologische Voraussetzungen und Anpassung .....	106
19.2 Formen der Schnelligkeit .....	106
19.3 Trainingsmethoden .....	107
<b>20 Krafttraining</b> .....	<b>108</b>
20.1 Biologische Voraussetzungen und Anpassung .....	108
20.2 Formen der Kraft .....	110
20.3 Trainingsmethoden .....	112
<b>21 Beweglichkeitstraining</b> .....	<b>113</b>
21.1 Biologische Voraussetzungen und Anpassung .....	114
21.2 Formen der Beweglichkeit .....	114
21.3 Effekte und Methoden des Beweglichkeitstrainings .....	115
<b>22 Techniktraining</b> .....	<b>117</b>
22.1 Operationalisierung .....	118
22.2 Formen des Techniktrainings .....	118
22.3 Trainingsmethoden .....	120

23 Taktiktraining .....	121
23.1 Formen der Taktik .....	121
23.2 Ziele und Aufgaben der taktischen Grundausbildung ...	122
23.3 Stufen einer taktischen Handlung .....	123
23.4 Trainingsmethoden .....	123
24 Psychologisches Training .....	124
24.1 Mentaltraining .....	124
24.2 Autogenes Training .....	125
<b>Sport und Gesellschaft .....</b>	<b>127</b>
25 Gesellschaftliche Funktionen .....	127
25.1 Organisation des Sports .....	128
25.2 Sport und Politik .....	129
25.3 Sport, Wirtschaft und Medien .....	130
26 Gesundheit .....	134
26.1 Risikofaktoren-Modell .....	134
26.2 Salutogenese-Modell .....	135
27 Doping .....	136
27.1 Erfolgsdruck als Grund für Doping .....	138
27.2 Verbreitung von Doping .....	140
27.3 Dopingmittel .....	140
27.4 Kontrollen .....	145
27.5 Verbot vs. Freigabe .....	145
<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>149</b>

**Autor:** Dr. Thorsten Vahl

## 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

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Thorsten Vahl'. The script is fluid and cursive.

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 Anpassungserscheinungen, 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.

Bänder, Sehnen und Knorpel, aber auch Muskeln und Knochen enthalten **Bindegewebe**, das somit eine zentrale Rolle im Körper spielt. Das Bindegewebe wird neben einem geringen Anteil an Zellen vor allem aus zwei Fasertypen gebildet, den Kollagenfasern und den elastischen Fasern.

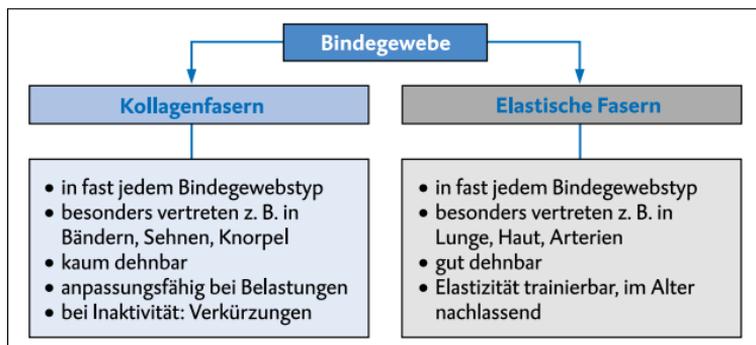


Abb. 10: Merkmale der Kollagenfasern und der elastischen Fasern

## 6.1 Muskeln

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

### Muskeltypen

Prinzipiell werden drei Muskeltypen unterschieden:

- Die **quergestreifte 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 Oberschenkelstrecker 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:

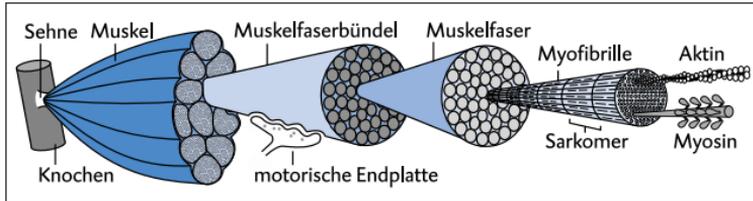


Abb. 11: Aufbau eines typischen Skelettmuskels

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 ( $\alpha$ -)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. 15f.). So sind z. B. am Auge nur wenige Muskelfasern (ca. 100–300) von einem  $\alpha$ -Motoneuron innerviert, während bei der Beinmuskulatur etwa 2 000 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 Aktivierungsfähigkeit, d. h. die Rekrutierung der motorischen Einheiten und somit die Kontraktionsgeschwindigkeit der Muskulatur. Eine optimale Bewegungskoordination ermöglicht es, die Zahl der gleichzeitig aktivierten motorischen Einheiten zu erhöhen, wodurch Kraft und Schnelligkeit gesteigert werden können.

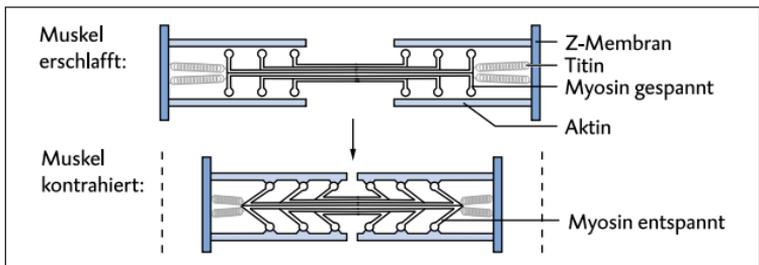


Abb. 12: Schematischer Aufbau eines Sarkomers und Mechanismus der Kontraktion

Im entspannten Zustand (erschlaffter Muskel) liegen die Sarkomere in gestreckter Form vor. Die Myosinköpfchen 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 Myosinköpfchen 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.

	ST-Fasern	FT-Fasern
Kontraktionsgeschwindigkeit	niedrig	hoch
Kontraktionsdauer	lang	kurz
Kraftentfaltung	gering	hoch
Ermüdungsresistenz	hoch	gering
Querschnitt	klein	groß
Kapillarisation	stark	gering

Myoglobingehalt (siehe S. 59)	hoch $\Rightarrow$ rote Faserfarbe	gering $\Rightarrow$ weiße Faserfarbe
Mitochondrien	viele	wenige
Energiebereitstellung	hauptsächlich oxidativer (aerober) Stoffwechsel (siehe S. 75 ff.)	hauptsächlich glykolytischer (anaerober) Stoffwechsel (siehe S. 73 f.)
Innervation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Innervation durch kleine <math>\alpha</math>-Motoneuronen mit geringem Axondurchmesser und geringer Leitungsgeschwindigkeit</li> <li>• wenige motorische Endplatten</li> <li>• niedrige Reizschwelle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Innervation durch große <math>\alpha</math>-Motoneuronen mit großem Axondurchmesser und hoher Leitungsgeschwindigkeit</li> <li>• viele motorische Endplatten</li> <li>• hohe Reizschwelle</li> </ul>
		
	Ausdauerbereich	Schnelligkeitsbereich

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

Jeder menschliche Skelettmuskel enthält sowohl ST- als auch FT-Fasern, wenngleich je nach Muskel der eine oder der andere Fasertyp dominieren kann. So enthält z. B. der Bauchmuskel, der vornehmlich Haltearbeit zu leisten hat (tonisch arbeitend), überwiegend ST-Fasern, während sich in der Wadenmuskulatur (phasisch arbeitend) vorwiegend der schnellzuckende Typ findet. Dies ist ein Grund dafür, dass man hier stark zu Krämpfen (siehe S. 49) neigt.

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.



© **STARK Verlag**

[www.stark-verlag.de](http://www.stark-verlag.de)  
[info@stark-verlag.de](mailto:info@stark-verlag.de)

Der Datenbestand der STARK Verlag GmbH  
ist urheberrechtlich international geschützt.  
Kein Teil dieser Daten darf ohne Zustimmung  
des Rechteinhabers in irgendeiner Form  
verwertet werden.

**STARK**



© **STARK Verlag**

[www.stark-verlag.de](http://www.stark-verlag.de)  
[info@stark-verlag.de](mailto:info@stark-verlag.de)

Der Datenbestand der STARK Verlag GmbH ist urheberrechtlich international geschützt. Kein Teil dieser Daten darf ohne Zustimmung des Rechteinhabers in irgendeiner Form verwertet werden.

**STARK**