

Trainingstheorie Krafttraining

Anmerkung: Dieser Artikel beinhaltet keine Hinweise zum **Krafttraining mit Kindern und Jugendlichen**. Dazu unbedingt die entsprechenden Abschnitte in den Artikeln "[Trainingslehre im Basketball](#)" und "[Biologische Grundlagen zum Kinder- und Jugendtraining](#)" lesen!

Was ist Muskelkraft?

Kraft im Sport ist neben Schnelligkeit, Ausdauer und Flexibilität eine sog. motorisch-konditionelle Fähigkeit.

Es gibt zwei Definitionsansätze:

1. Kraft im physikalischen Sinne kennzeichnet die Bewegungsänderung eines Körpers, d. h.:
Wirkt keine Kraft auf einen Körper, so verharrt er im Zustand der Ruhe oder der gleichförmigen Bewegung

(1. NEWTONsches Gesetz).

Die einen Körper beschleunigende Kraft ist gleich dem Produkt aus der Masse und der Beschleunigung dieses Körpers (2. NEWTONsches Gesetz)

$$F = m \cdot a; [F] = N; 1N = kg \cdot m \cdot s^{-2}$$

Kräfte treten immer paarweise als Wechselwirkungskräfte auf, d. h. eine einwirkende Kraft löst eine gleiche und entsprechend entgegengesetzte Kraft aus (actio = reactio) (3. NEWTONsche Gesetz).

2. Kraft im biologischen Sinne ist die Fähigkeit, durch Muskeltätigkeit Widerstände zu überwinden bzw. ihnen entgegenzuwirken, Die motorische Kraft tritt bei verschiedenen Sportarten bzw. sportlichen Leistungen z.T. in unterschiedlichen Formen auf. Im wesentlichen handelt es sich hierbei um drei nicht gleichrangige Erscheinungsformen: die Maximalkraft, die Schnellkraft und die Kraftausdauer.

Diesen drei Kraftformen liegen verschiedene Muskelausbildungen zugrunde.

Maximalkraft ist die höchstmögliche Kraft, die ein Mensch willentlich entwickeln kann. Sie setzt sich zusammen aus

- einem individuell optimalen Muskelfaserquerschnitt (wird erreicht durch ein Muskelaufbautraining) und
- einer höchstausgeprägten intramuskulären Koordination (IK) (= synchrone Aktivierung vorhandener motorischer Einheiten. Eine individuell optimale Maximalkraft ist Voraussetzung für alle Schnellkraftsportarten sowie z.T. auch für Kraftausdauersportarten und das Bodybuilding.

Schnellkraft ist die in kürzestmöglicher Zeit wirkende Kraft. Sie ist abhängig u.a. von der Maximalkraft, der Kontraktionsgeschwindigkeit der Muskulatur und dem Muskelzusammenspiel (intermuskuläre Koordination = Technik).

Kraftausdauer ist die Widerstandsfähigkeit gegen die Ermüdung von langanhaltenden oder sich wiederholenden äußeren und inneren hohen Belastungen. Sie ist abhängig von der Maximalkraft und der Ausdauer (aerobe und anaerobe Energiebereitstellung).

Die Muskelkraft wird infolge verschieden auftretender bzw. einwirkender Widerstände und Bewegungsaufgaben von der Muskulatur durch zwei physikalisch-physiologisch unterschiedliche Arbeitsweisen realisiert, denen jeweils spezifische Muskelkontraktionsformen zugrunde liegen.

In der Praxis wird die Muskulatur in den seltensten Fällen in einer Reinform kontrahiert (z. B. nur isotonisch - das bedeutet eine Längenveränderung der Muskelfasern ohne Spannungsveränderung oder nur isometrisch - das bedeutet eine Spannungs- ohne eine Längenveränderung des Muskels). Die meisten sportlichen Bewegungen erfordern Mischformen (mit vorwiegend auxotonischer Kontraktion, d. h. sowohl Längen- als auch Spannungsveränderungen des Muskels), die eben schwerpunktmäßig dynamisch (=bewegend) oder statisch (=haltend) sind.

Die dynamische Arbeitsweise wird vorwiegend kurz und schnell (im Wechsel mit Entspannungsphasen möglicherweise auch ausdauernd), die statische sowohl kurz als auch langanhaltend eingesetzt.

Zur Krafthöhe der eingesetzten Muskelkontraktionen

Die Höhe der entwickelten Kraft liegt bei dynamischen Arbeitsweisen niedriger als bei statischen. Dabei kommt durch konzentrische Kontraktionen geringere Kraft zustande als durch exzentrische, so dass sich von der geringsten bis zur höchsten Kraftmöglichkeit folgende Aufteilung ergibt:

1. dynamisch-konzentrisch
2. dynamisch-exzentrisch
3. statisch
4. statisch-konzentrisch
5. statisch-exzentrische

Erklärungen: dynamisch = bewegende Arbeit, statisch = Haltearbeit, konzentrisch = der Muskel verkürzt sich, exzentrisch = der arbeitende Muskel wird gedehnt (z.B. bei Niedersprungtraining)

Ziele des Muskeltrainings

Die Ansteuerung aller Trainingsziele geschieht stets über die sog. Basisausprägung des Muskelquerschnitts - im folgenden sprechen wir in diesem Zusammenhang von Muskelaufbau(-training).

Für den **Fitness-, Gesundheits- und Rehabilitationsbereich** ist *der Muskelaufbau* die vorwiegende Trainingsmaßnahme.

Für den **Kraftausdauerbereich** sind zwei Wege möglich: Entweder über die Maximalkraft, d. h. also zunächst Muskelaufbau, dann intramuskuläre Koordination (IK) oder/und über die verstärkte lokale Muskelausdauer (aerobe Energiebereitstellung).

Die **Schnellkraft** wird über die Maximalkraft angesteuert, und zwar in der Reihenfolge: Zuerst Muskelaufbau bis zu einem relativen Optimum, dann IK-Training und anschließend gesondertes Training zur Verbesserung der Muskelkontraktionsgeschwindigkeit (= Schnellkraft). Das spezifische Schnellkrafttraining kann auch bereits parallel zur Maximalkraftentwicklung durchgeführt werden.

Das **Bodybuilding** erfordert eine außergewöhnliche Muskelfaserquerschnittsvergrößerung, die zunächst in den ersten 3-4 Jahren mit einem normalen Muskelaufbautraining erreicht und anschließend mit speziellen Trainingsmethoden zur Muskelfaserquerschnittsvergrößerung weiter entwickelt wird. **(Diese Trainingsform ist für Karatekas absolut ungeeignet!)**

Alle angesteuerten Kraftbereiche erfordern neben einem spezifischen Krafttraining ein **Ergänzungstraining** in den Bereichen

- *der Grundlagenausdauer* (physiologisch gesehen ist dies die aerobe Energiebereitstellung) und

- der Flexibilität bzw. *Dehnfähigkeit der Muskulatur* (physiologisch gesehen betrifft dies die positive neuromuskuläre Abstimmung von Erregungs- und Hemmungsprozessen in den Muskeln).

Training und Muskelanpassungen

Aufgrund von unterschiedlichen Trainingsbelastungen passt sich der menschliche Muskel auch entsprechend unterschiedlich an, und zwar:

Bei Belastungen unter 40% Intensität der momentanen maximalen Kraftfähigkeit und sehr vielen Wiederholungen erfährt der Muskel eine Verbesserung in den *lokalen heroben Ausdauerbedingungen* (dies geschieht z. B. beim Laufen in der Beinmuskulatur).

Bei Intensitäten zwischen 40 und 60% und Übungswiederholungen von 12-8 pro Satz kommt es zu *Muskelfaserquerschnittsvergrößerungen* (= Muskelaufbautraining).

Bei Intensitäten zwischen 60-80% und Übungswiederholungen von 8-6/4 pro Satz (auf der Basis eines Muskelaufbautrainings im Bereiche 40-60% Intensität) bildet sich die *Muskelfaserquerschnittsvergrößerung* noch stärker heraus.

Bei submaximalen und maximalen Intensitäten von ca. 80-95% erreichen wir eine Verbesserung *der intramuskulären Koordination*; das bedeutet eine gesteigerte synchrone Aktivierung der motorischen Einheiten.

Im wesentlichen bewirkt das Muskeltraining zwei grundlegende Anpassungserscheinungen:

1. eine Muskelfaserquerschnittsvergrößerung (Hypertrophie) und
2. eine Verbesserung der intramuskulären Koordination.

Mechanismen der Muskeltätigkeit

Der Muskel

Ein Muskel besteht aus vielen Faserbündeln, diese aus Fasern, diese wiederum aus sog. Myofibrillen und diese schließlich aus sog. Sarkomeren. Letztere sind ca. 2/1 000 mm lang. Der menschliche Bizepsmuskel baut sich aus etwa 10 Milliarden Sarkomeren auf. Die makromolekularen Einheiten des Sarkomers bilden die dicken und dünnen Filamente; sie bestehen aus Eiweißen (Proteine: Actin, Myosin, Troponin und Tropomyosin).

Die Muskelkontraktion selbst kommt durch eine Brückenbildung zwischen Eiweißmolekülen (Myosin und Aktin) aufgrund der Freisetzung von Kalziumionen und der Spaltung des in der Muskelzelle vorhandenen Energiedepots ATP (Adenosintriphosphat) zustande. (Hierbei lagern sich die Myosinköpfe an das F-Actin der dünnen Filamente an, klappen um, und die Filamente gleiten ineinander.)

Das ATP ist auch dafür verantwortlich, dass die Brückenbildung wieder aufgehoben wird, der Muskel sich wieder entspannt. Wenn also in einem Muskel die ATP-Konzentration nach Drosselung der Energiezufuhr absinkt (z. B. im stark ermüdeten Zustand), so kann sich der Muskel nicht erschlaffen, er bleibt hart (z. B. im Extremfall beim Muskelkrampf oder nach dem Tode). Das ATP hat folglich einmal die Aufgabe der Energielieferung und einmal die eines Weichmachers.

Der Vorgang der Muskelkontraktion geht zunächst von einer zentralnervösen Erregung über die sog. Neurone bzw. Motoneurone aus und führt in die motorische Endplatte und von hier aus in die Muskelfasern. Morphologisch nennt man diese angesprochenen Teile eine *motorische Einheit*.

Jeder Muskel kann sich nach einem nervösen Reiz um ein Drittel seiner ursprünglichen Länge verkürzen. Bei dem oben angesprochenen Prozeß der Brückenbildung bewegen sich die dünnen und dicken Filamente 10 nm aneinander vorbei, d. h., um den Muskel z. B. um 1 cm zu verkürzen, müssen an einer Myofibrille eine Million Bewegungszyklen der Brückenbildung und Erschlaffung ablaufen.

Die Kraftentfaltung ist um so größer, je mehr Myofibrillen gleichzeitig in die Aktion einbezogen werden können.

Im Muskel herrscht stets ein sog. *Ruhepotential*, das ist ein elektrischer Vorgang an der Zellmembran, also zwischen dem Innern der Zelle und der Umgebung, und zwar zwischen negativ und positiv geladenen Atomen, sog. Ionen. Gelangt nun eine Erregung an die Zellmembran der Muskelzelle, so kommt es zu einer sog. Depolarisation bzw. einer Änderung des Membranpotentials. Den zeitlichen Ablauf dieser Änderung nennt man *Aktionspotential*. Solche Erregungen werden beispielsweise durch Kraftübungen ausgelöst, wobei der eigentliche Erregungsprozeß, wie bereits erwähnt, vom ZNS aus über die Motoneurone und deren Nervenbahnen (Neuriten) zu den Muskelfasern verläuft.

Die Zeitspanne, die zwischen dem Setzen des überschwelligen Reizes und der Muskelkontraktion vergeht, heißt *Latenzzeit*, sie dauert ca. 0.004-0.01 s. Wärme verkürzt sie, Kälte verlängert sie (Aufwärmeeffekt!).

Wann arbeitet der Muskel mit maximaler Kraft?

Erreicht der Erregungsreiz (Innervation) einen bestimmten Schwellenwert, bedeutet dies für die einzelne Muskelfaser bereits einen maximalen Reiz. Die Kontraktion einer einzelnen Muskelfaser ist also immer maximal, und die Kontraktionskraft der Einzelfaser lässt sich durch Verstärkung des Reizes über den Schwellenwert nicht steigern. Gleiches gilt auch für die motorische Einheit, auch sie folgt dem „Alles-oder-Nichts-Gesetz“.

Nun ergibt sich durch anhaltende oder wiederholte Nervenimpulse eine Kontraktionswelle, die mit einer Geschwindigkeit von 10-15 m/s über die Faser hinwegläuft. Erhöhte Muskeltemperatur erhöht diese Geschwindigkeit. Trifft ein erneuter Reiz dieselbe Faser in der Latenzzeit, so kommt er infolge der momentanen Unerregbarkeit nicht zur Wirkung. Die Zeitspanne, in der auf nervalem Wege keine Kontraktion ausgelöst werden kann, bezeichnet man als *Refraktärzeit*. Laufen mehrere Kontraktionswellen gleichzeitig über den Muskel ab - und das ist ja bei Kraftübungen der Fall -, kommt es infolge der Summierung zu einer verstärkten Verkürzung. Der gesamte Muskel reagiert also nicht wie die Einzelfaser, sondern hier werden mit steigender Reizstärke - in der Praxis: höhere oder wiederholte Reizsetzung - immer mehr Einzelfasern erfasst, bis schließlich die Erregung nahezu alle Fasern betroffen hat und es zur maximalen Kontraktion des Gesamtmuskels kommt.

Von den in einem Muskel vorhandenen Fasern können willkürlich in der Regel nur 45-85% gleichzeitig innerviert werden. Ein höherer Prozentsatz ist unwillkürlich jedoch über einen Eigenreflex, über besondere Motivationslagen (Todesangst), über Hypnose, Elektrostimulation und Doping möglich. Für höhere willkürliche Innervationen ist ein intensives jahrelanges Training notwendig. Es besteht auch die Möglichkeit einer Abstufung der Muskelkontraktion bei Belastungen; sie kommt durch den Einsatz einer wechselnden Zahl von motorischen Einheiten zustande. Außerdem wird ein langes Aufrechterhalten einer statischen Muskelbeanspruchung oder wiederholter hoher dynamischer Anspannungen durch wechselweise Erregung verschiedener motorischer Einheiten möglich.

Für die Abstufbarkeit der Muskelkraft ist die Fähigkeit zur asynchronen Kontraktion unter Beteiligung einer beschränkten Anzahl von Muskelfasern entscheidend. Im Zuge eines Krafttrainings gelingt es, immer mehr Muskelfasern beim Einsatz der maximalen Kraft heranzuziehen. Ferner resultiert intramuskulär eine Ökonomisierung, indem für eine gegebene submaximale Leistung nur eine solche Anzahl von motorischen Einheiten beansprucht wird, wie sie für die betreffende Aufgabe optimal ist. Der trainierte Muskel erbringt somit eine gleiche submaximale Muskelkraft mit der Innervation einer geringeren Anzahl motorischer Einheiten. Es erwächst somit eine Reservekapazität.

Wird die Ermüdung einzelner **motorischer Einheiten** zu groß, so übernehmen ihre Funktion andere, falls Art, Umfang und Intensität der Arbeit diese Kompensation gestatten. Andernfalls muss im Laufe zunehmender Ermüdung die Impulsfrequenz wachsen, und damit wird es erst möglich, dass

1. eine große Zahl (eventuell 85%) motorischer Einheiten synchron aktiviert wird (auslösende Faktoren sind hierbei auch Angst, Hypnose, intramuskuläres Training), und dass
2. bei entsprechend trainierten Sportlern 5-8 Wiederholungen mit 85% der momentan geringeren Maximalkraft über mehrere Sätze hinweg realisiert werden können.

In der Muskulatur des Menschen befinden sich **verschiedenartige Fasern**, und zwar sog.

- „weiße“, dicke, schnellzuckende (FT-Fasern) (für Schnellkraft),
- „rote“ dünne, langsame (ST-Fasern) (für Ausdauer- und Halteleistungen) und
- gemischte (intermediäre).

Die unterschiedliche Anzahl der Faserverteilungen im Muskel ist anlagebedingt und kann durch Training wenig beeinflusst werden. Nach dem heutigen Wissensstand ist eine Annäherung der FT-Fasern an die intermediären und ST-Fasern möglich.

Wann werden rote, wann werden weiße Muskelfasern erregt?

Beispiel 1:

Bei einer mit geringem Widerstand von ca. 20% beginnenden muskulären Beanspruchung ohne besondere Geschwindigkeit werden diese Beanspruchungen von motorischen Einheiten mit niedriger Reizschwelle getragen, sie innervieren vorwiegend die langsamen, **roten Muskelfasern** (ca. 5-15 Hz, d. h. 5-15 Impulse pro Sekunde). Erneuert sich nach einer Pause der qualitativ und quantitativ identische Kraftaufwand, so werden erneut dieselben motorischen Einheiten aktiv. Nimmt nun der Kraftaufwand zu, steigern die betreffenden Motoneurone ihre Entladungsfrequenz bis zu einem Maximum von ca. 25 Hz. Dann werden neue motorische Einheiten eingesetzt, die mit einer höheren Frequenz (z. B. 30 Hz) starten und maximal etwa 65 Hz erreichen. Ein schließlich bis zur maximalen statischen Kraft gesteigerter Kräfteinsatz lässt immer neue motorische Einheiten hinzutreten.

Beispiel 2:

Bei einer Beanspruchung mit geringem Widerstand, jedoch sehr hoher Geschwindigkeit kann der Kräfteinsatz allein nur durch den Einsatz der **weißen Muskelfasern** gewährleistet werden. Voraussetzung ist jedoch, dass von vornherein die Impulsfrequenz hoch ist (das bedeutet z. B. hohe Konzentration). Nimmt nun der Widerstand zu, können die betreffenden Motoneurone ihre Entladungsfrequenz nicht mehr steigern. Um jedoch ein erhöhtes Kraftniveau zu erreichen, müssen weitere motorische Einheiten zugeschaltet werden, die jedoch eine geringere Kontraktionsgeschwindigkeit haben (es sind intermediäre und rote Fasern) und dadurch die Gesamtgeschwindigkeit der Bewegung verringern.

Beispiel 3:

Bei explosiven Kräfteinsätzen (z. B. Sprung) werden vorwiegend **weiße Fasern** innerviert, wobei je nach benötigtem Kraftniveau auf den Einsatz weiterer nicht weißer Fasern nicht verzichtet werden kann. Gut Trainierte schaffen es hierbei, diese letzteren mit einer hohen Impulsfrequenz anzusprechen.

Beispiel 4:

Bei Kräfteinsätzen mit sehr hoher Intensität (z. B. Armcurl mit 90%) müssen offensichtlich **alle Fasertypen** zur Kraftentfaltung beitragen. Die Geschwindigkeit der Bewegung leidet natürlich darunter. Die normale *Verteilung von Fasern in der Muskulatur* ist annähernd ausgeglichen. Bei einigen Muskeln gibt es Abweichungen (z. B. hat der Triceps ca. 10-30% mehr FT-Fasern).

Zur Energieversorgung

Grundlage der Muskelkontraktion und -erschaffung ist, wie bereits erwähnt, das ATP (Adenosintriphosphat), das eine hochenergetische Verbindung darstellt.

ATP ist in geringem Maße in der Muskelzelle gespeichert (= 5 µmol/g Muskelfeuchtmasse), es reicht für ca. 3-4 maximale Muskelkontraktionen bzw. einer Arbeitsdauer bei starker Belastung von 1-2 Sekunden.

Mit dem Kreatinphosphat (KP) ist im Muskel eine weitere energiereiche Verbindung vorhanden, die die unmittelbare Resynthese (Wiederherstellung) des verbrauchten ATP garantiert, allerdings bei hoher Belastungsintensität nur bis zu 6-8 Sekunden (ca. 20-40 Muskelkontraktionen), bei submaximaler Belastung eventuell auch bis zu 20 Sekunden. Bei weiterer Muskularbeit müssen die notwendigen Energiespeicher ATP und KP über verschiedene biologische Oxidationswege schrittweise aufgefüllt werden, und zwar:

- über die anaerobe Spaltung der Kohlenhydrate (Glucose) ohne Sauerstoffverbrauch und
- über die aerobe Oxidation der Nährstoffe unter Sauerstoffverbrauch.

Beim Muskeltraining wird vorwiegend auf die vorhandenen und sich sehr schnell erneuernden Energiedepots (ATP und KP) zurückgegriffen. Hierbei kommt es nahezu zu keiner Milchsäurebildung (Laktat) im Muskel (anaerob-alaktazider Stoffwechselfvorgang). Somit kann sich der Trainierende auch relativ schnell zwischen den Übungen erholen. Wie bereits erwähnt, werden bei Muskelkontraktionen mit hohen Geschwindigkeiten zunächst die **schnellen Fasern** mobilisiert; sie sind biochemisch auf eine hohe anaerobe Leistungsfähigkeit eingestellt (= hoher Kreatinphosphat- und Glykogengehalt). Die **langsamen** verfügen über ein großes aerobes Potential (= hoher Gehalt an freien Fettsäuren, Mitochondrien und aerob wirksamer Enzyme).

Jedoch sind jenseits von 50% der maximalen statischen Kraft aerobe Stoffwechselfvorgänge aufgrund mangelnder Muskeldurchblutung praktisch bedeutungslos, weil die versorgenden Blutgefäße durch die hohe Muskelkontraktion "abgedrückt" werden.

Energieliefernde Stoffwechselfvorgänge (vereinfacht dargestellt)

Anaerob-alaktazid	1. ATP > ADP+Pi+freie Energie 2. KP+ADP > Kreatin+ATP	~2"-6-8"(-20")
Anaerob-laktazid	3. Glykogen/Glukose+Pi+ADP > Laktat+ATP	ca. 20-40"
Aerob	4. Glykogen/Glukose, freie Fettsäuren +Pi+ADP+O ₂ > CO ₂ +H ₂ O+ATP	Stunden

An dieser Stelle muss erwähnt werden, dass eine gute allgemeine aerobe Ausdauer und eine lokale aerobe dynamische und statische Ausdauer die Muskelentwicklung hinsichtlich Querschnitt und Maximalkraft äußerst günstig beeinflussen. Damit ergibt sich nämlich

- eine bessere und schnellere Versorgung der Muskelzelle mit Nährstoffen,
- eine schnellere Wiederauffüllung (Resynthese) von ATP und KP und
- eine schnellere und bessere Erholungsfähigkeit in Belastungspausen und nach längeren Belastungen, also auch zwischen den Trainingseinheiten.

Zur Muskelfaserquerschnittsvergrößerung

Die Muskelfaserquerschnittsvergrößerung (auch Hypertrophie genannt) beruht auf einer Vergrößerung der Myofibrillenzahl (bedingt durch eine Vermehrung der Sarkomere) innerhalb der einzelnen Muskelfasern. Ausgelöst wird sie durch entsprechend hohe Reize, wobei das eigentliche physiologische Geschehen noch nicht geklärt ist. Die hohen Reize lösen offensichtlich eine Reaktion aus, die, um erneuten hohen Belastungen besser gewappnet zu sein, eine Vermehrung der

kontraktilen Proteine nach sich zieht. Die Hypertrophie beruht offensichtlich letztlich auf einer Verstärkung der Nukleinsäuren- und Eiweißsynthese. Im Zusammenhang mit der Hypertrophie treten auch morphologische und funktionelle Veränderungen des versorgenden Nervensystems ein (z. B. zusätzliche Aufzweigung motorischer Nerven). Umstritten ist bis heute, ob es auch zu einer Vermehrung der Zahl der Muskelfasern kommt (Hyperplasie).

Wie muss trainiert werden?

Die in der Muskulatur vorhandenen weißen, schnellen (FT-Fasern) und roten, langsamen (ST-) Fasern hypertrophieren offensichtlich auf Trainingsreize unterschiedlich:

- Bei Bewegungen gegen hohe Widerstände mit hierfür höchstmöglicher Geschwindigkeit hypertrophieren mehr die **schnellen Fasern**. Wenn beim Krafttraining die Geschwindigkeit nicht beibehalten werden kann, werden die hohen Widerstände geringfügig reduziert, wenn man beabsichtigt, die schnellkontrahierenden Fasern weiter anzusprechen.
- Bei langsamen langen bzw. hohen Beanspruchungen oder bei dynamisch-negativer Arbeit hypertrophieren mehr die roten, **langsamen Fasern**.

Zur intramuskulären Koordinationsverbesserung

Wie bereits erwähnt, kommt es bei kurzzeitigen Muskelbelastungen mit geringem und/ oder hohem Widerstand (z. B. nur der Widerstand von Sportgeräten und höchstens dem eigenen Körpergewicht)

- vorwiegend zum Einsatz der schnellen Fasern,
- bei hierbei gleichzeitig erhöhtem Widerstand - wie dies beim sog. Tiefsprung oder bei einem Schlagstoß der Fall ist - zu einer gleichzeitigen Innervation von bis zu 85% aller Muskelfasern. Diese synchrone Aktivierung der höchstmöglichen Zahl von Muskelfasern nennt man **intramuskuläre Koordination (IK)**.

Voraussetzung für eine optimale Erhöhung der IK ist eine große Querschnittsfläche der kontraktilen Muskelfasern, in diesem Fall v. a. der schnellen Fasern.

D.h. für die Praxis z. B. von Sprung-, Wurf-, Schlag-, Stoß- u. ä. Training, dass zuerst ein entsprechendes Muskelaufbau-Training (MA-Training) zur Vergrößerung der Querschnittsflächen betrieben werden muss.

Die Aneinanderreihung bzw. sinnvolle Ergänzung von MA- und IK-Training erst ergibt die eigentliche Maximalkraft (MK).

Wie muss trainiert werden?

Zunächst muss gesagt werden, dass es bei den maximalen Belastungen im IK-Training, bedingt durch die nur wenig möglichen Wiederholungszahlen von 1-3 und somit auch der nur kurzen Reizdauer, zu keiner oder nur sehr geringen Muskelfaserverdickung kommt. Mangels Muskelzuwachs kann in diesem Fall der zu erwartende Kraftgewinn nur auf eine Verbesserung neuraler und biochemischer Faktoren zurückgeführt werden.

Eine IK-Steigerung wird nur mit Intensitäten über 85% der momentanen Maximalkraft erreicht, wobei offensichtlich die günstigste Verbesserung der synchronen Aktivierung motorischer Einheiten mit Übungen, bei denen es zu einer optimalen Vorspannung bzw. Vorinnervation der Muskulatur kommt, erlangt wird. Diese Übungen sind z. B. Sprünge, v. a. Tiefsprünge, Schlagstöße u.a.

Trainingsprinzipien für alle Zielbereiche

Die Wirkungen eines Muskeitrainings resultieren aus den biologischen Anpassungsmechanismen. D. h.: Reizt man den Muskel mittels richtig dosierter Kraftübungen, so verändert er sich strukturell und funktionell - er wird kräftiger. Für die Trainingspraxis müssen hinsichtlich einer optimalen Anpassung von allen Krafttrainierenden folgende 3 Trainingsprinzipien berücksichtigt werden:

1. Prinzip der optimalen Relation von Belastung und Erholung;
2. Prinzip der progressiven und variierenden Belastungen;
3. Prinzip der Periodisierung.

Zum Prinzip der optimalen Relation von Belastung und Erholung

Beim Muskeltraining kommt es stets darauf an, das im Sinne einer Muskelkräftigung richtige zeitliche Verhältnis von Trainingsreizen und Erholungsphasen zu setzen. Zunächst erfährt die Muskulatur durch Trainingsbelastungen eine starke Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit (= Ermüdung). In der jetzt notwendig einzuhaltenden Erholungsphase passt sich die Muskulatur dergestalt an, dass die Leistungsfähigkeit über das ursprüngliche Niveau hinaus erhöht wird (= Superkompensation).

Wichtig sind hierbei in der Praxis:

1. Richtig dosierte Reizsetzungen (in Bezug auf Belastungsintensität und Übungswiederholungen) und
2. die entsprechenden Erholungs- bzw. Regenerationszeiten.

Mögliche Regenerationszeiten nach Kraftbelastungen:

	zwischen den Sätzen	zwischen Trainingseinheiten
Anfänger	2-5 Min.	24-36 Std.
Leistungssportler	1-2 Min	3-12 Std.

Anmerkung: Diese Zeiten gelten für eine ca. 90%ige Regeneration; vollständige Erholungen dauern z. T. wesentlich länger, bei Anfängern z. B. nach einer anstrengenden Trainingseinheit bis zu 84 Stunden.

Zum Prinzip der progressiven und variierenden Belastungen

Das Prinzip der *allmählich steigenden (progressiven) Belastung* ist im Krafttraining insbesondere im Fitneß- und Nachwuchsbereich anzuwenden, da es dem Organismus Zeit zur kontinuierlichen Anpassung an Belastungssteigerungen läßt. Also zum einen eine ungehinderte Körpergewichtsentwicklung erlaubt, zum anderen Schädigungen von Gelenksystem, Bindegewebe, Sehnen usw. einschränkt. Des weiteren ist es auch im Spitzenbereich anzuwenden, solange noch ausreichende Leistungssteigerungen möglich sind. Für ein Krafttraining empfiehlt sich bezüglich einer allmählichen Steigerung nachstehende methodische Reihenfolge:

1. Erhöhung der *Trainingshäufigkeit* von 1-2 mal pro Woche bis zum täglichen Training (soweit dies **für** die Sportart erforderlich ist);
2. Erhöhung des *Trainingsumfanges*, z. B. durch höhere Wiederholungszahlen bzw. mehr Sätze.
3. Erhöhung der *Reizintensität* und somit gleichsam Erhöhung des Trainingsumfanges.

Weiterhin sollten keine einförmigen, monotonen Trainingssituationen geschaffen, sondern ab einem bestimmten Leistungsniveau die Trainingsübungen variiert werden. Somit wird gleichzeitig auch eine vielfältigere Muskelbeanspruchung erreicht.

Zum Prinzip der Periodisierung

Hiermit ist ausgedrückt, dass planmäßig über einen längeren Zeitraum hinweg trainiert werden muss, wobei Tages-, - Wochen-, Perioden- und Jahreszyklen jeweils mit ganz spezifischen Belastungs- und Erholungsphasen im Krafttraining gestaltet werden müssen. (Das bedeutet konkret, dass z.B. während der Wettkampfsaison das Krafttraining so organisiert sein muss, dass die Wettkampfleistung nicht beeinträchtigt wird. Vgl.)

Welche Trainingsmethoden werden wann angewendet?

Es gibt im wesentlichen 4 Erscheinungsformen der Muskelausbildung:

1. Erhöhung der aeroben/anaeroben Energiebereitstellung,
2. Muskelfaserquerschnittsvergrößerung,
3. intramuskuläre Koordinationsverbesserung und
4. Erhöhung der Muskelkontraktionsgeschwindigkeit.

Zum Muskelaufbautraining

Die methodisch erste Trainingsart zur Maximalkraftsteigerung ist das Muskelaufbautraining. Es wird vorwiegend im Fitnesstraining (mit 40-60%) und Bodybuilding (mit 40-80%) angewendet und ist vorzüglich zur Erreichung der Zielstellung Muskelquerschnittsvergrößerung geeignet. Im **Fitnesssport** wird mit einer querschnittsvergrößerten Muskulatur die Zielstellung Gewichtszunahme und Kraftsteigerung realisiert. Im **Bodybuilding** hingegen werden über eine Muskelquerschnittsvergrößerung die Zielstellung Muskelzunahme und entsprechende Proportionen zwischen bestimmten Muskelgruppen erreicht.

Des Weiteren ist das Muskelaufbautraining auch eine Krafttrainingsmaßnahme im **Grundlagen- und Aufbautraining** des Leistungs- und Hochleistungssports und des **Rehabilitationstrainings**. So werden z. B. im **Leistungssport** in vielen Sportarten wie Ringen, Judo, Gewichtheben usw. Körperteile der Sportler auf Biegung und Knickung beansprucht. Als Konsequenz muss ein entsprechendes Verhältnis von Körperteillänge zu Körperteilquerschnitt vorliegen. In Fällen, in denen dieses Verhältnis nicht stimmt, kann eine schnelle Körperteilquerschnittsvergrößerung aufgrund von Muskelzuwachs vor gesundheitlichen Schäden, z. B. Schädigung der Wirbelsäule, schützen. In Sportarten oder Disziplinen mit Gewichtsklasseneinteilung muss in der Regel das Gewichtslimit voll ausgeschöpft werden, um maximale Leistungen zu erbringen. Nimmt der Sportler zu einem Zeitpunkt an einem Wettbewerb teil, an dem er diese Forderung nicht erfüllen kann, da er z. B. in eine höhere Gewichtsklasse wechselt und seine Körpergewichtsentwicklung für diese Klasse noch nicht vollständig vollzogen ist, hat er mit erheblichen Nachteilen gegenüber der Konkurrenz zu rechnen. Auch hier kann eine schnelle Körpergewichtsentwicklung aufgrund von Muskelzuwachs vor Nachteilen schützen.

Trainingsmethode

Voraussetzung für eine Muskelquerschnittsvergrößerung ist eine entsprechend lange Reizdauer, d. h., es muss mit hohen Wiederholungszahlen, die aber nur geringe bis mittlere Widerstandsgrößen zulassen, trainiert werden. Im einzelnen:

Intensitätsbereiche: 40 - 60% der jeweiligen maximalen Übungsbestleistung.

Wiederholungszahlen: 12 - 8

Bewegungstempo: langsam und ohne Unterbrechung für extremen Muskelzuwachs, ansonsten mittleres Bewegungstempo.

Sätze (= Serien): 3-5 für wenig Geübte, 5-8 für Leistungssportler.

Pausen zwischen den Sätzen: 1,5 - 4 Minuten

Zum intramuskulären Koordinationstraining

Wie bereits erläutert, ist der untrainierte Mensch nicht in der Lage, eine sehr hohe Anzahl seiner motorischen Einheiten in der Muskulatur synchron zu aktivieren. Durch intramuskuläres Koordinationstraining kann dies jedoch erreicht werden. Dies führt bei Sportlern, die mit Krafttraining bereits vertraut sind, zu einem hohen und schnellen Kraftzuwachs. dass es bei dieser Trainingsart zu keinem bzw. eventuell nur zu geringem Muskelzuwachs kommt, ist durch die submaximalen und maximalen Belastungen bedingt, die nur geringe Wiederholungszahlen und somit auch nur eine kurze Reizdauer zulassen. Mangels Muskelzuwachs kann in diesem Fall der zu erwartende Kraftgewinn nur auf eine Verbesserung von nervalen und biochemischen Faktoren zurückgeführt werden.

Trainingsmethoden

Voraussetzung für eine Aktivierungs- bzw. Innervationserhöhung motorischer Einheiten ist ein Krafttraining mit Belastungen ab 75-100 und mehr % der aktuellen maximalen Krafftähigkeiten (über 100% ist nur möglich bei exzentrischer Muskularbeitsweise).

Um einen Anpassungseffekt des neuromuskulären Systems bzw. eine Leistungssteigerung zu gewährleisten, muss z. B. die Belastungsgröße von 75% in 5-8 Sätzen mit 4-5 Wiederholungen trainiert werden. Für Ungeübte kommt daher ein intramuskuläres Koordinationstraining nicht in Frage. Im einzelnen unterscheidet man zwei Methoden

1. Methode hoher und höchster Intensitäten

Intensitätsbereiche: 75-95% der jeweiligen maximalen Übungsbestleistung. Wiederholungszahlen: 5-1, d. h., bei 75% -5 x, 80% -4 x, 85% -3 x, 90% -2 x, 95% -1 x.

Anwendungsbeispiel: Planziel 6 Sätze beim Bankdrücken mit 75%, d. h. 6 x 5 Wiederholungen mit 75 kg = 30 Wiederholungen. Bewegungstempo: langsam-zügig (bedingt durch die sehr hohen Lasten). Sätze: 5-8 (je geringer die Wiederholungszahl, desto mehr Sätze).

Pausen zwischen den Sätzen: 1-4 Minuten.

2. Methode reaktiver Belastungen (plyometrisches Training)

Trainingsübungen:

Tiefsprünge, Beinstöße, Schlagstöße u. ä.

Intensitätsbereich: 100 und mehr %.

Wiederholungszahlen: 6-10

Bewegungstempo: explosiv.

Sätze: 4-8.

Pausen zwischen den Sätzen: 2-4 Minuten.

Zum kombinierten Maximalkrafttraining

Basis dieser Trainingsart ist eine Kombination beider biologischer Möglichkeiten zur Maximalkraftsteigerung, nämlich zum einen durch Hypertrophie der Muskulatur als Folge eines Trainings mit geringen Widerständen und hoher Wiederholungszahlen und zum anderen durch Verbesserung der intramuskulären Koordination als Folge eines Trainings mit hohen Widerständen und geringen Wiederholungsfolgen.

Trainingsmethoden

Abhängig von der Zielstellung werden beim Pyramidentraining 4-5 Übungen mit 5-10 Sätzen pro Übung, also etwa 30-40 Sätze (Serien) pro Trainingseinheit durchgeführt. Bezüglich der Zielstellung kann einmal der Kraftzuwachs primär durch Hypertrophie der Muskulatur angestrebt werden, zum anderen primär durch Verbesserung der intramuskulären Koordination. Wird der Kraftzuwachs primär durch Hypertrophie der Muskulatur angestrebt, stehen die hohen Wiederholungszahlen (längere Reizdauer) im Vordergrund. D. h. die Wiederholungszahlen 1-2 oder 1-3 entfallen. In diesem Fall spricht man von einem abgestumpften Pyramidentraining.

Wird hingegen der Kraftzuwachs primär durch Verbesserung der intramuskulären Koordination angestrebt, stehen die niedrigen Wiederholungszahlen (hohe Reizintensität) im Vordergrund. D. h. die Wiederholungszahlen 5-8 oder 6-8 entfallen. Hier spricht man von einem normalen Pyramidentraining.

Nach den Periodisierungsprinzipien wird ein Krafttraining mit Maßnahmen zur Muskelhypertrophie begonnen. Stehen z. B. 4 Wochen für ein Pyramidentraining zur Verfügung, wird 2 Wochen ein abgestumpftes und 2 Wochen ein normales Pyramidentraining angewendet.

Die hohe Differenz in der Satzzahl erklärt sich aus der Tatsache, dass für die Effektivität eines Krafttrainings nicht nur die Höhe der Widerstände und die Anzahl der Sätze, sondern auch die Anzahl der Wiederholungen ausschlaggebend ist.

Werden beim Pyramidentraining z. B. nur die Sätze 1-4 trainiert, ist die dabei realisierte Wiederholungszahl von $(4 + 3 + 2 + 1) = 10$ zu gering, um einen entsprechenden Trainingseffekt zu erzielen. In diesem Fall muss die Pyramide wiederholt werden, um eine ausreichende Anzahl von Wiederholungen (hier z. B. 20) zu erreichen.

Zum Schnellkrafttraining

Zielstellung des Schnellkrafttrainings ist die Erhöhung der Kontraktionsgeschwindigkeit und des koordinativen Zusammenspiels (mittels disziplinspezifischer Technikabläufe) derjenigen Muskulatur, die für die Wettkampfdisziplin leistungsbestimmend ist. Voraussetzung hierfür ist ein Training mit Widerständen,

- die leichter sind oder
- denen gleich sind, die in der jeweiligen Sportart/Sportdisziplin angewendet werden;
- des Weiteren sind die Widerstände so schnell wie möglich zu bewegen.

Ist die maximale Kontraktionsgeschwindigkeit einmal erreicht, lassen sich die Schnellkraftfähigkeiten durch ein weiteres isoliertes Schnellkrafttraining nicht mehr verbessern. Dies ist zum einen darin begründet, dass durch die schnellen Bewegungsausführungen die Belastungsreize zu kurz sind, um Anpassungen bezüglich Muskelquerschnittsvergrößerungen zu erreichen, zum anderen, dass die Widerstände bei schnellen Bewegungsausführungen zu gering sind, um Anpassungen bezüglich höheren intramuskulären Fähigkeiten zu erzielen. In Sportarten, in denen schon als Folge sportartspezifischer Beanspruchung ein hohes Niveau bezüglich Kontraktionsgeschwindigkeit vorhanden ist, kann ein isoliertes Schnellkrafttraining, von Ausnahmen abgesehen, nur wenig wirksam sein. Ausnahmen sind Sportarten wie z. B. Gewichtheben, in denen aufgrund des permanenten Trainings mit hohen Widerständen die leistungsbestimmenden Faktoren der Schnellkraft - hohe Muskelinnervationsfähigkeit und entsprechende Querschnittsfläche schneller Muskelfasern - zwar vorhanden sind, die Kontraktionsgeschwindigkeit, bedingt durch die langsamen Bewegungsausführungen als Folge der hohen Widerstände, aber nicht trainiert wird.

Trainingsmethoden

Die volle Wirksamkeit des Schnellkrafttrainings wird nur erreicht in Kombinationen mit den Maximalkrafttrainingsarten. Somit ergibt sich für das Schnellkrafttraining stets folgende methodische Reihenfolge:

- Zuerst Maximalkraftsteigerung,
- dann technisches Schnellkrafttraining zur Wiedererlangung des vorher vorhandenen bzw. zur Steigerung des Kontraktionsgeschwindigkeitsniveaus.

In der Praxis haben sich hierbei zwei Möglichkeiten bewährt:

1. innerhalb einer Trainingseinheit unmittelbar nach dem (IK-) Maximalkrafttraining schnellkräftige Übungen;
2. nach Abschluß der Periode des Maximalkrafttrainings dann isoliert Schnellkrafttraining.

Methode 1:

Ausführen von Bewegungsformen der Wettkampfdisziplin nur mit dem eigenen Körpergewicht bzw. den erforderlichen Wettkampfgeräten.

Methode 2:

Ausführen von Bewegungsformen der Wettkampfdisziplin mit erleichtertem Körpergewicht bzw. leichteren Geräten. Beispiele: Im Sprint Bergabläufe oder Zugläufe; beim Werfen leichtere Geräte; bei Vertikalsprüngen Erleichterung des Körpergewichtes durch zugunterstützende Geräte (z. B. Longe).

Für beide Methoden gilt:

Bewegungstempo: explosiv. Wiederholungszahlen: 6-10. Sätze: 6-10.

Pausen zwischen den Sätzen: 2 Minuten.

Wird in Sportarten, die mit leichten Geräten betrieben werden, z. B. Tennis, ein Maximalkrafttraining durchgeführt, ist in der Regel ein anschließendes Schnellkrafttraining nicht erforderlich, da die Anpassung der neuromuskulären Funktionen hier allein durch die sportartspezifischen Bewegungen schnell wieder zur vorher vorhandenen Kontraktionsgeschwindigkeit führt.

Zum Kraftausdauertraining

Wie bereits erwähnt, ist das Kraftausdauervermögen eine Kombinationseigenschaft aus Kraft- und Ausdauerfähigkeiten. Abhängig von den sportartspezifischen Erfordernissen können für Kraftausdauerleistungen einmal Kraft- und Ausdauerfähigkeiten in gleichen, zum anderen aber auch in unterschiedlichen Ausprägungen erforderlich sein.

Werden hohe Kraftfähigkeiten bei nur geringen Ausdauerfähigkeiten benötigt, spricht man von Kurzzeitkraftausdauer. Etwa gleiche Anforderungen an Kraft- und Ausdauerfähigkeiten bezeichnet man als Mittelzeitkraftausdauer; sind hingegen hohe Ausdauerfähigkeiten und nur geringe Kraftfähigkeiten erforderlich, spricht man von Langzeitkraftausdauer.

Kurzzeitkraftausdauer

Da die Energiebereitstellung für Kraftausdauerleistungen mit hoher Kraftbeanspruchung fast ausschließlich anaerob erfolgt, ist ein spezielles Kraftausdauertraining hier nicht erforderlich.

Begründung: Ist die anaerobe Energiebereitstellung ausreichend zur Realisierung einer 100%igen Leistung, so ist sie nach sportpraktischen Erkenntnissen auch ausreichend, um in allen zu trainierenden Sätzen z.B. eine 90%ige Leistung 2x, 80%ige Leistung 4x, 75%ige Leistung 5x, 50%ige Leistung 10x usw. zu wiederholen.

Trainingsmethode

Eine Steigerung der Kurzzeitkraftausdauer erfolgt durch die Trainingsmaßnahme zur Maximalkraftsteigerung, wobei dieselbe Methode bezüglich Trainingshäufigkeit, Trainingsdauer, Trainingsumfang (Intensität x Wiederholungen), Anzahl der Sätze usw. angewendet wird.

Mittelzeitkraftausdauer

Da hier Ausdauerfähigkeit und Kraftfähigkeit gleichrangig sind, d. h. die Energiebereitstellung anteilig aerob und anaerob erfolgt, sind neben dem Maximalkrafttraining spezielle Kraftausdauertrainingsmaßnahmen zur Steigerung der aeroben Kapazität erforderlich.

Trainingsmethoden

1. Phasenhaftes oder komplexes Training der sportartspezifischen Bewegungsabläufe mit Zusatzlasten in höheren Wiederholungszahlen (dynamisch) oder in längerer Belastungszeit (statisch) als wettkampfmäßig erforderlich ist bzw. mit kürzeren Pausen zwischen den Sätzen,

Intensitätsbereiche: 20-50%.

Wiederholungszahlen: 10 und wesentlich mehr (bis 100). Hierbei ist zu beachten, dass diese Sportler nicht Maximalkraft-trainiert sind, d. h. die intramuskulär-koordinative Kapazität ist nicht ausgeschöpft, so dass die angewendeten 50% den Muskel lediglich in einem Bereich von ca. 30% der möglichen Leistungsfähigkeit belasten.

Sätze: 4-10.

Pausen zwischen den Sätzen: 1 Minute.

2. Circuittraining: Je nach Alter und Leistungsfähigkeit wird die für die Sportdisziplin leistungsbestimmende Muskulatur an 6 bis 12 Stationen trainiert.

Stationen: 6-12, pro Station eine andere Muskelgruppe. Belastungszeiten: 20 Sekunden für Anfänger, 40 Sekunden für Leistungssportler.

Pausen zwischen Stationen: 40-80 Sekunden bei Anfängern, 20-40 Sekunden für Leistungssportler. Serien: 2-6.

Pausen zwischen den Serien: 2-4 Minuten.

Langzeitkraftausdauer

Da bei der Langzeitkraftausdauer die Ausdauerfähigkeit leistungsbestimmend ist, d. h. die Energiebereitstellung fast ausschließlich aerob erfolgt, sind nur Trainingsmaßnahmen zur Steigerung der aeroben Kapazität wie Circuittraining und ein phasenhaftes oder komplexes Training der sportartspezifischen Bewegungsabläufe in Intensitäten um 20-50% (s. Mittelzeitkraftausdauer) erforderlich.

Aufwärmen, Muskeldehnung, Regenerationsmaßnahmen und Ernährung

Vor, während und nach einem richtigen Muskeltraining sollten *verschiedene trainingsbegleitende Maßnahmen* durchgeführt werden. Einige ausgewählte sind im folgenden beschrieben.

Vor dem Muskeltraining Aufwärmen

Die von einem Krafttraining erwartete Leistungssteigerung (Anpassung) setzt eine entsprechende Belastung (Reiz) auf den Organismus voraus. Um aber von Beginn an entsprechende Belastungen tolerieren zu können, muss der Organismus in eine höhere Leistungsbereitschaft versetzt werden. Diese soll eine höhere Reaktionsbereitschaft des Zentralnervensystems, eine höhere Muskeltemperatur und einen intensiveren Stoffwechsel bewirken.

Letzterer gewährleistet eine bessere Ver- und Entsorgung der Muskulatur mit Sauerstoff und Nährstoffen (energiereiche Substrate) bzw. Kohlendioxid und Stoffwechselabfallprodukten. Eine höhere Reaktionsbereitschaft des Zentralnervensystems, z. B. durch eine erhöhte Leitfähigkeit der Nervenbahnen, beeinflusst positiv das Koordinationsvermögen. Ein gutes Koordinationsvermögen kann wiederum die Gefährdung durch Verletzungen, vor allen Dingen beim Trainieren mehrgelenkiger Kraftübungen wie Kniebeugen, Bankdrücken, Zugübungen usw., einschränken. Die höhere Körper- bzw. Muskeltemperatur bewirkt eine abnehmende Viskosität (innerer Reibungswiderstand) der Muskulatur. Die Höhe der Abnahme ist vom Grad der Erwärmung, dieser wiederum von Art, Intensität, Umfang und Dauer des Aufwärmens abhängig. Eine abnehmende Muskelviskosität erhöht die Dehnfähigkeit und Kontraktionsgeschwindigkeit der Muskulatur. Die erhöhte Dehnfähigkeit der Muskulatur schränkt ebenfalls die Verletzungsgefährdung ein und trägt zu einem effektiveren Krafttraining bei.

Hinweis: Da bekanntlich bei erhöhter Muskeldehnfähigkeit (Muskelvordehnung) eine größere Kraftentwicklung möglich ist, kann sofort nach dem Aufwärmen mit optimalen Gewichtsbelastungen trainiert werden.

Das Versetzen des Organismus in eine höhere Leistungsbereitschaft ist durch passive und aktive Aufwärmmaßnahmen möglich.

Passive Maßnahmen sind z. B. Dusch- oder Wannenbäder, Bestrahlungen, Einreibungen mit durchblutungsfördernden Mitteln, Massagen oder mentales Aufwärmen. Selbst wenn die Anwendung passiver Aufwärmmaßnahmen in der Trainingspraxis möglich ist (was man z. B. bei Massage, Bestrahlung oder Wannenbad nicht voraussetzen kann), sind sie weniger effektiv als aktive Maßnahmen. Aus diesem Grunde sind sie nur als Ergänzung zum aktiven Aufwärmen zu sehen.

Beim **aktiven Aufwärmen** unterscheiden wir zwischen allgemeinem und speziellem Aufwärmen. Durch das allgemeine Aufwärmen werden, unabhängig von den spezifischen Anforderungen der Sportart, die Funktionen von Herz, Lunge, Kreislauf und Muskulatur erhöht, was den bereits erwähnten intensiveren Stoffwechsel und die höhere Muskeltemperatur bewirkt.

Zum Erzielen optimaler Funktionen sind Übungen notwendig, die den Einsatz großer Muskelgruppen wie Bein- und Armmuskulatur bedingen, z. B. Übungen wie Laufen, Hüpfen und Springen mit Armbewegungen, Seilspringen usw. Das dem allgemeinen Aufwärmen sich anschließende spezielle Aufwärmen erfolgt sportartspezifisch. Es werden hier nur Übungen durchgeführt, die solche Muskeln, Muskelgruppen und Gelenke ansprechen, die zur Realisierung der sportartspezifischen Zielstellung notwendig sind.

Da beim Krafttraining die Gelenke einer hohen Beanspruchung unterliegen, sind beim speziellen Aufwärmen als erstes Übungen mit Kreisbewegungen um jedes Gelenk, beginnend mit den Fuß-, endend bei den Handgelenken, durchzuführen. Erst danach erfolgen die notwendigen Dehnübungen, da wir nun voraussetzen können, dass sich durch die vorangegangenen Anteile des Aufwärmens die Körpertemperatur soweit erhöht hat, dass die dadurch bewirkte Senkung der Viskosität von Muskulatur und Bindegewebe Verletzungen durch die Dehnübungen ausschließt.

Vor, während und nach dem Muskeltraining - Muskeldehnung

Auf die elastischen Eigenschaften des Muskels in Verbindung mit Kraftübungen haben wir bereits hingewiesen. In der Praxis werden diese elastischen Vorteile und die damit gekoppelten herabgesetzten Hemmfunktionen in und zwischen mehreren Muskeln durch Dehnübungen erreicht.

So sollten nicht nur im *Aufwärmen*, sondern auch *zwischen* den Trainingssätzen und auch *nach* einer Programmdurchführung (also als *sog. Ausklang*) einfache Dehnübungen für diejenigen Muskelgruppen, die gerade belastet wurden, absolviert werden. Solche Übungen fördern außerdem die Regenerationsmechanismen, so dass man einerseits schneller erholt ist, andererseits allzu starken Muskelkater vermeiden kann.

Nach dem Muskeltraining Regenerationsmaßnahmen

Um nach Belastungen entsprechende Anpassungen zu erzielen, sind Erholungsphasen erforderlich. Sinn der Erholungsphase ist die Wiederherstellung der beanspruchten Körpersysteme bis über das Ausgangsniveau hinaus. Beim Krafttraining handelt es sich hierbei insbesondere um das Zentralnervensystem, die Energiebereitstellung und die Muskulatur. Nach sportpraktischen Erkenntnissen ist beim Krafttraining zur vollständigen Wiederherstellung eine Erholungspause von 24-48 Stunden erforderlich; z. B., um die Energiespeicher (ATP, Kreatinphosphat, Glykogen) wieder aufzufüllen und Eiweißstrukturen zu resynthetisieren oder Elektrolytverluste auszugleichen. Eine ungenügende Berücksichtigung von entsprechenden Erholungsphasen gestattet keine vollständige Wiederherstellung und führt zu einem Abfall der Leistungsfähigkeit sowie zu möglichen Verletzungen.

Die Wiederherstellungsvorgänge können durch einen Komplex von verschiedenen Maßnahmen unterstützt bzw. beschleunigt werden. Dies ist vor allen Dingen für den Spitzensport von Bedeutung, in dem in vielen Fällen aufgrund des Absolvierens von zwei oder mehreren Trainingseinheiten pro Tag die notwendige Erholungsphase nicht gegeben ist.

Bei diesen Maßnahmen handelt es sich in erster Linie um sportpraktische, ernährungsphysiologische und physiotherapeutische.

Sportpraktische Maßnahmen

Auslaufen, Dehnübungen

Die nach einem Belastungsende durch Auslaufen bewirkte höhere Kreislauffähigkeit sorgt für einen schnelleren Abtransport von Stoffwechselschlacken, einen intensiveren Gasaustausch (Aufnahme von Sauerstoff und Abgabe von Kohlendioxyd) und eine schnellere Ergänzung verbrauchter Nährstoffe in den Muskelzellen. Da Muskelkater auch durch eine Anhäufung von Stoffwechselschlacken bedingt sein kann, unterstützen Auslaufen und Dehnübungen (wie bereits erwähnt) nicht nur eine schnellere Wiederherstellung, sondern verhindern auch allzu starken Muskelkater.

Schwimmen

Schwimmen hat zum einen eine entspannende Wirkung auf den Bewegungsapparat, zum anderen fördert es den Lymphstrom und den venösen Rückstrom des Blutes. Jedoch sollte ein ermüdendes Schwimmen (Schwimmen auf Leistung) und ein Schwimmen bei Wassertemperaturen unter 26° Celsius vermieden werden.

Physiotherapeutische Maßnahmen

Massage

Bedingt durch unterschiedliche Zielstellungen werden verschiedene Massageformen praktiziert. Im Zusammenhang mit der Regeneration interessiert uns hier die Wiederherstellungsmassage und ihre Einwirkung auf Blut- und Lymphstrom sowie auf die Muskulatur. Die Wiederherstellungsmassage soll, ebenso wie schon das Auslaufen, einen beschleunigten Blut- und Flüssigkeitsumlauf und den damit verbundenen schnelleren Abtransport von Stoffwechselschlacken bzw. den intensiveren

Gasaustausch bewirken sowie die Behebung von Verspannungen, Schmerzzuständen, Steifheit, Müdigkeit und Leistungsunfähigkeit unterstützen.

Die Wiederherstellungsmassage ist sowohl manuell wie auch mittels Vibrationsmassagegeräten möglich. Bei letzterer Methode ist der Effekt bezüglich Durchblutungserhöhung gegenüber der Handmassage bedeutend geringer. Da eine Durchblutungserhöhung und die damit verbundenen Effekte auch beim Aufwärmen angestrebt werden, kann eine Massage auch vor dem Krafttraining als Ergänzungsmaßnahme zur Aufwärmarbeit erfolgen.

Ernährungsphysiologische Maßnahmen

Hierbei handelt es sich in erster Linie um die entsprechende Zufuhr von Vitaminen, Elektrolyten, Kohlenhydraten und Eiweiß, um kurzfristig Mangelzustände abzustellen bzw. Energiedepots wieder aufzufüllen.

Ernährung

Unter Ernährung versteht man die optimale Zufuhr der Nahrungsstoffe wie Eiweiß, Kohlenhydrate, Fett, Wasser, Vitamine und Mineralstoffe, um die Bedürfnisse des Körpers zu erfüllen. Die Vorgänge des Abbaues und der Umwandlung von Substraten aus Nahrungsmitteln und Sauerstoff in Energien, neue Körperzellen, Hormone und Enzyme nennt man Stoffwechsel. Grundsätzlich unterscheidet man zwischen einem Energie- und einem Baustoffwechsel. Aufgabe des Energiestoffwechsels ist es, die Energien bereitzustellen, die zur Erhaltung der Lebensfunktionen bzw. für alltägliche, berufliche und sportliche Aktivitäten erforderlich sind; Aufgabe des Baustoffwechsels ist dagegen der Aufbau neuer Körperzellen.

Substrate des Energiestoffwechsels sind primär Kohlenhydrate und Fette; Eiweiß ist für die Energiegewinnung von zweitrangiger Bedeutung. Nur wenn dem Organismus nicht ausreichend Kohlenhydrate und Fette zur Verfügung stehen, greift er zur Ergänzung auch auf Eiweißstoffe zurück. Substrate des Baustoffwechsels sind die Eiweiße (Proteine). Da sie z.T. nicht umgewandelt werden können, wie z. B. Kohlenhydrate in Fette oder Fette in Kohlenhydrate, sind sie nicht ersetzbare Stoffe. Wie verschiedene Untersuchungen nachgewiesen haben, ermöglicht die dem Organismus durch Mischkost zugeführte Eiweißmenge von 1 g pro kg Körpergewicht und Tag keinen zusätzlichen Eiweißaufbau.

Eiweiß

Für ein effektives Krafttraining bezüglich Muskelaufbau ist es unbedingt erforderlich, dem Organismus neben einem erhöhten Eiweißangebot auch ein ausreichendes Angebot von Kohlenhydraten und Fetten zur Verfügung zu stellen, um die Energiebilanz ohne Verbrennung von Eiweiß auszugleichen, da das Eiweiß ja für den Zellen- bzw. Muskelaufbau benötigt wird. Unter einem erhöhten Eiweißangebot versteht sich sportartabhängig eine Zufuhr von 1,5-2 g pro kg Körpergewicht und Tag. Wobei Sportler, deren Sportarten hohe Kraftanforderungen stellen (bedingt durch höhere Trainingsintensität und Trainingshäufigkeit) auch der höheren Eiweißzufuhr bedürfen. Der Mehrbedarf von 0,5-1 g muss entweder durch zusätzliche eiweißreiche Nahrung wie Quark, Eier, Steaks usw. oder Eiweißkonzentrate gedeckt werden. Um den Verdauungsapparat zu entlasten, empfiehlt es sich jedoch, auf die von den Sportnahrungsmittelherstellern angebotenen Eiweißkonzentrate zurückzugreifen, da diese in der Regel alle zum Zell- bzw. Muskelaufbau erforderlichen Aminosäuren (Bausteine des Eiweißes) in optimalem Verhältnis aufweisen. Die biologische Qualität des Eiweißes hängt von der Anzahl essentieller Aminosäuren ab, wie z. B. Glutamin, Isoleucin, Leucin, Lysin, Methionin, Phenylalanin, Threonin, Tryptophan und Valin.

Man unterscheidet zwischen tierischem und pflanzlichem Eiweiß. Für den Menschen ist tierisches Eiweiß hochwertiger als pflanzliches. Setzt man die Wertigkeit des tierischen Eiweiß gleich 100%, dann liegt grob gerechnet die Wertigkeit von Pflanzeneiweiß bei 50%. Bei der zusätzlichen Aufnahme von Eiweiß soll das Verhältnis von tierischem zu pflanzlichem Eiweiß 3:2, am besten jedoch 2:1 betragen, d.h. Konzentrate mit nur pflanzlichem oder tierischem Eiweiß sollten gemischt werden. Des Weiteren sollte die zusätzliche Aufnahme von Eiweiß nicht erst nach, sondern auch schon vor dem Training erfolgen. Begründung: Die durch Training zerstörten Eiweißstrukturen werden nicht erst nach Beendigung, sondern schon während des Trainings erneuert. Dies setzt aber ein entsprechendes

Eiweißangebot bereits vor dem Training voraus. Wir warnen jedoch ausdrücklich vor einem Zuviel an Eiweißzufuhr (maximal 2-2,5 g pro kg Körpergewicht), da der Organismus nur eine begrenzte Menge nutzbringend verarbeiten kann.

Die Stoffwechselvorgänge, die Umwandlung von Substraten in Energie, der Abbau von Schlackstoffen usw. werden durch Katalysatoren wie Vitamine und Enzyme beschleunigt. Die Katalysatoren, die dem Normalverbraucher durch Mischkost zugeführt werden, reichen in der Regel aus. Beim Sportler besteht jedoch aufgrund des höheren Stoffwechsels und der Wasserlöslichkeit einiger Vitamine (die mit dem Körperschweiß vermehrt ausgeschieden werden) ein Mehrbedarf an Katalysatoren.

Vitamine und Enzyme

Die in den Stoffwechsel eingreifenden Vitamine sind Vitamin A, E, B1, B2, B6, B12 und C. Für Krafttrainierende sind insbesondere die Vitamine B (B-Komplex) von Bedeutung; nicht zuletzt auch wegen ihres Einflusses auf das Nervensystem. Für eine bessere Eiweißverdauung und -verwertung sind die Enzyme Bromelaine und Pepsin wichtig.

Im Kraftsport werden zur Deckung des Mehrbedarfes an Vitaminen und Enzymen täglich eingenommen: 1 Kapsel Multivitamin, 1 Kapsel Vitamin-B-Komplex (forte) vor und nach dem Krafttraining, sowie 1 Tablette Verdauungsenzyme zusammen mit dem ersten Eiweißkonzentrat.

Mineralstoffe

Als Aktivoren für den Stoffwechsel, für die Funktion der Nervenzellen, für die Erregbarkeit von Muskeln, für den Knochenaufbau und das Verhindern von Muskelkrämpfen und -verletzungen sind die Mineralstoffe besonders wichtig. Beim Krafttraining handelt es sich hierbei vor allem um Calcium, Kalium, Natrium und Magnesium. Zur Deckung des Mehrbedarfes (allein schon durch Schweißverlust) empfiehlt es sich, auf die von den Sportnahrungsmittelherstellern angebotenen Mineralstoffpräparate zurückzugreifen.