



16 Krafttraining

Begriffsbestimmung

Die Formulierung einer präzisen Definition von „Kraft“, die sowohl ihre physischen als auch psychischen Aspekte erfasst, bereitet im Gegensatz zur physikalischen Bestimmung erhebliche Schwierigkeiten, da die Arten der Kraft, der Muskelarbeit, der Muskelanspannung bzw. der differenzierte Charakter der Muskelanspannung, außerordentlich vielfältig sind und von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst werden.

Eine definitorische Klärung des Kraftbegriffs wird deshalb jeweils nur im Zusammenhang mit den nachfolgenden Arten der Kraftmanifestation möglich sein.

Arten der Kraft

Bevor auf eine spezielle Unterteilung der *Arten* der Kraft eingegangen wird, muss prinzipiell festgestellt werden, dass sich die Kraft bzw. ihre verschiedenen Manifestationsformen stets unter dem Aspekt der *allgemeinen* und *speziellen* Kraft betrachten lassen.

Unter der *allgemeinen* Kraft wird dabei die sportartunabhängige Kraft aller Muskelgruppen verstanden, unter *spezieller* die für eine bestimmte Sportart typische Manifestationsform sowie ihr spezifisches Muskelkorrelat (d. h. die an einer bestimmten sportlichen Bewegung beteiligten Muskelgruppen).

Die Kraft tritt in den verschiedenen Sportarten niemals in einer abstrakten „Rein-

form“, sondern stets in einer Kombination bzw. mehr oder weniger nuancierten Mischform der konditionellen physischen Leistungsfaktoren auf.

Aus Abb. 175 lassen sich drei Hauptformen ableiten: die *Maximalkraft*, die *Schnellkraft* und die *Kraftausdauer*.

Diese drei Hauptformen werden neuerdings noch durch die *Reaktivkraft* – sie ist eng mit der Schnellkraft verbunden – ergänzt.

Abb. 176 zeigt die verschiedenen Subkategorien und Erscheinungsformen der *Maximalkraft*, der *Schnellkraft*, der *Reaktivkraft* und der *Kraftausdauer*.

Maximalkraft

Die Maximalkraft stellt die höchstmögliche Kraft dar, die das Nerv-Muskel-System bei maximaler *willkürlicher* Kontraktion auszuüben vermag.

Höher als die Maximalkraft ist nur noch die *Absolutkraft*. Sie stellt die Summe aus Maximalkraft und Kraftreserven dar, die nur unter besonderen Bedingungen (Todesangst, Hypnose etc.) mobilisiert werden kann (s. S. 405). Die Differenz zwischen Absolutkraft und Maximalkraft nennt man „Kraftdefizit“, das je nach Trainingszustand zwischen 30 % (Untrainierte) und 10 % (Trainierte) betragen

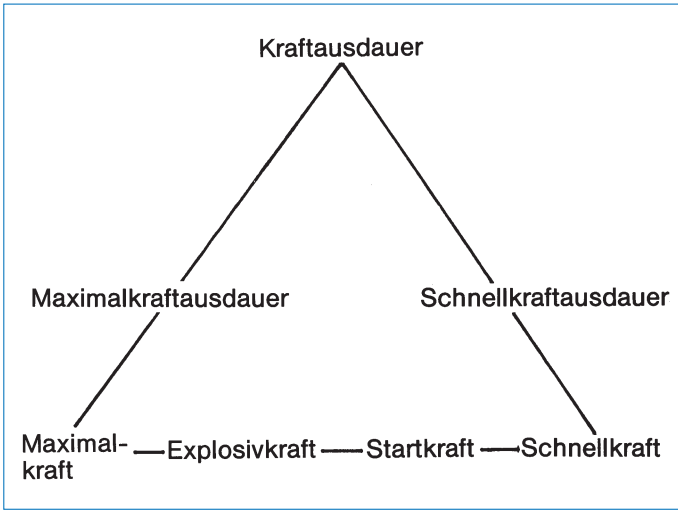


Abb. 175: Die Wechselbeziehungen der drei Hauptformen der Kraft

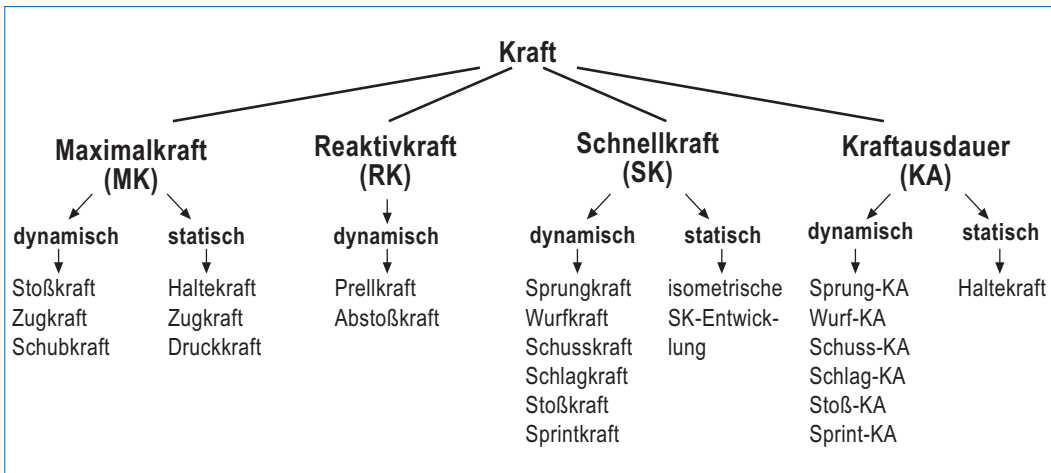


Abb. 176: Die Kraft und ihre verschiedenen Kraftfähigkeiten und Erscheinungsformen

kann. In der Trainingspraxis lässt es sich über die Differenz der Kraftleistungen bei maximaler isometrischer und exzentrischer Muskelkontraktion (vgl. *Letzelter* 1986, 67) bzw. über den Vergleich der Kraft bei maximaler isometrischer Kraft und maximaler Elektrostimulation (vgl. *Duchateau* 1993, 52) bestimmen: Je mehr die exzentrische bzw. durch Elektrostimulation ausgelöste Kraft die

isometrische übersteigt, desto größer ist das Kraftdefizit bzw. desto geringer ist der „Aus-trainiertheitsgrad“ des Sportlers.

Maximale konzentrische Kraftwerte liegen etwa 5 bis 20 % unter den isometrisch erreichbaren. Maximale exzentrische Kraftwerte übersteigen die isometrischen bis zu 45 % (vgl. *Bührle* 1985).

Bei der Maximalkraft unterscheidet man eine *statische* und *dynamische* Maximalkraft. Die *statische* Maximalkraft ist dabei die höchste Kraft, die das Nerv-Muskel-System bei willkürlicher Kontraktion gegen einen unüberwindlichen Widerstand auszuüben vermag; die *dynamische* Maximalkraft hingegen ist die höchste Kraft, die das Nerv-Muskel-System bei willkürlicher Kontraktion innerhalb eines Bewegungsablaufes zu realisieren vermag. Die *statische* Maximalkraft ist stets größer als die *dynamische*, denn eine maximale Kraft kann nur dann auftreten, wenn sich die Belastung (Grenzlast) und die Kontraktionskraft des Muskels das Gleichgewicht halten.

Die *Maximalkraft* ist von folgenden Komponenten abhängig:

- vom physiologischen Muskelquerschnitt,
- von der *intermuskulären* Koordination (Koordination zwischen den Muskeln, die bei einer gegebenen Bewegung zusammenarbeiten),
- von der *intramuskulären* Koordination (Koordination innerhalb des Muskels).

Über jede dieser drei Komponenten kann eine Verbesserung der Maximalkraft erreicht werden.

Kurzfristige maximale konzentrische und exzentrische Krafteinsätze (s. S. 402) bewirken vor allem einen Kraftzuwachs durch Verbesserung der *intramuskulären* Koordination. Die Kontraktionskraft der einzelnen motorischen Einheit wird hingegen nur geringfügig verbessert (*Bührle/Schmidtbleicher* 1981, 266).

Mit Hilfe der intramuskulären Koordinationsverbesserung wird damit eine Kraftzunahme ohne wesentliche Querschnitts- und Gewichtszunahme möglich, was vor allem

in den Sportarten von Bedeutung ist, in denen das eigene Körpergewicht beschleunigt werden muss, wie z. B. beim Hochspringen.

Energetisch spielen bei der Entwicklung der Maximalkraft die energiereichen Phosphate (ATP, KP) die entscheidende Rolle, da der Zeitraum der maximalen Kraftentwicklung nur im Bereich von Sekundenbruchteilen bzw. von wenigen Sekunden liegt: Eine bis zur Erschöpfung durchgeführte Maximalbelastung führt schnell zu einer intrazellulären Übersäuerung (Laktatanstieg) und damit zum Leistungsabfall in submaximale Bereiche (Abb. 177).

Seit durch die vermehrte Gabe von Kreatin kurzfristige Stoffwechselprozesse, dies betrifft insbesondere das Kreatinphosphat (KP), im Sinne einer Steigerung von intermittierenden Schnelligkeits- bzw. Schnellkraftleistungen optimiert werden können, befasst man sich auch wieder vermehrt mit Adensinriphosphat (ATP), das in der Stoffwechselkette dem KP vorausgeht und nur in sehr geringen Mengen in der Muskulatur gespeichert werden kann (etwa 80 g im gesamten Körper). *Jordan/Jurca/Abraham* et al. (2004, 983) konnten zeigen, dass durch die hochdosierte Gabe von ATP (250 mg) die Maximalleistung im Bankdrücken um 8 kg höher lag als vor der ATP-Gabe; desgleichen verbesserte sich der Wingate-Test (Test zur Bestimmung der anaeroben Kapazität = 30 Sekunden maximale Leistung auf dem Fahrradergometer) hochsignifikant. Alle Probanden fühlten sich zudem frischer und leistungsfähiger.

Konsequenzen für die Trainingspraxis: ATP wird als Nahrungsergänzung in den Kraft-, Schnellkraft- sowie Kraftausdauer-Sportarten

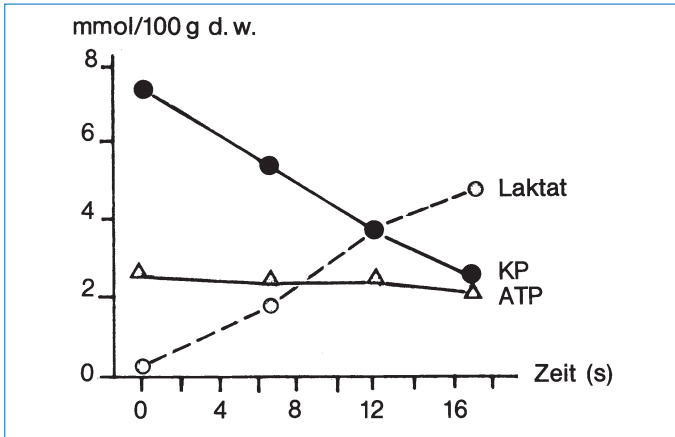


Abb. 177: Konzentrationsänderungen von ATP, KP und Laktat im M. vastus lateralis nach maximalen Kontraktionen (nach Bergström et al. 1971 in Asmussen 1979, 316)

ten in der Zukunft eine immer wichtigere Rolle spielen.

Schnellkraft

Die Schnellkraft beinhaltet die Fähigkeit des Nerv-Muskelsystems, den Körper, Teile des Körpers (z. B. Arme, Beine) oder Gegenstände (z. B. Bälle, Kugeln, Speere, Disken etc.) mit maximaler Geschwindigkeit zu bewegen.

Bei ein und derselben Person kann dabei die Schnellkraft in unterschiedlichen Extremitäten (Arme, Beine) verschieden ausgeprägt sein. Ein Sportler (z. B. ein Boxer) kann über schnelle Arm-, aber langsame Beinbewegungen verfügen (vgl. Smith in Hollmann/Hettinger 1980, 275).

Die Schnellkraft kann gut durch die Kennwerte des Kraftverlaufs in Kraftzeitkurven dargestellt werden (vgl. Abb. 178).

Die *Startkraft* (Kraftkurve in den ersten 30 ms; K_{30}/t_{30}) kennzeichnet den Kraftan-

stieg zu Beginn der Kraftentfaltung. Der steilste Anstieg der Kraft-Zeit-Kurve ($\Delta K/\Delta t$) charakterisiert die *Explosivkraft*. Als *Schnellkraft* wird der Kraftanstieg bis zum Erreichen des Kraftmaximums bezeichnet (K_{\max}/t_{\max}). Schnellkraft ist somit abhängig von Start-, Explosiv- und Maximalkraft. Je nach Sportart ist das Kraftanstiegsverhalten unterschiedlich (Steinhöfer 2003, 8).

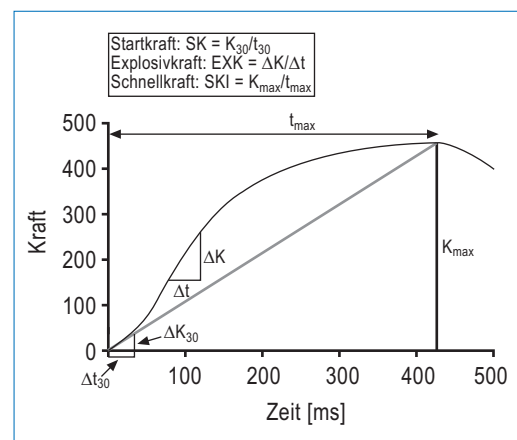


Abb. 178: Die Kraft-Zeit-Kurve mit ihren charakteristischen Kennwerten bei maximaler isometrischer Kontraktion (nach Bührle 1985, 86)

Die Steilheit der Kraftanstiegskurve als Parameter für das Schnellkraftvermögen – sie lässt sich auch als azyklische Schnelligkeit bezeichnen – hängt hauptsächlich von drei Faktoren ab:

1. Vom vorliegenden Zeitprogramm

Die Zeitprogramme – sie stellen zeitlich abgestimmte (elektrische) Impulsfolgen des Muskeleinsatzes der für die entsprechende Bewegung notwendigen Muskeln dar (s. S. 376) – sind „kraftunabhängige“ elementare Bewegungsmuster, die vor allem bei ballistischen Bewegungen von Bedeutung sind. Ballistische Bewegungen beinhalten explosive Krafteinsätze, die dadurch gekennzeichnet sind, dass sie eine kurze Startzeit, ein maximales Tempo sowie die Unmöglichkeit der Korrektur während der Ausführung aufweisen. Es handelt sich demnach um schnellstmögliche Kontraktionen, die vorprogrammiert ablaufen (vgl. auch *Tidow/Wiemann* 1993, 93).

Bei Absprüngen – wie z. B. beim Nieder-Hoch-Sprung – spiegeln sich die Qualitätsunterschiede darin wider, dass das kurze Zeitprogramm Bodenkontaktzeiten unter 140 ms, das lange hingegen Werte darüber aufweist (*Bauersfeld/Voss* 1992, 18).

2. Vom Typ der aktivierten Muskelfasern

Wie biochemische Untersuchungen zeigen, ist der Ausprägungsgrad des anfänglichen Kraftimpulses direkt mit dem prozentualen Anteil an FT-Fasern korreliert – im Gegensatz zur Entwicklung des Kraftmaximums, bei dem sowohl FT- als auch ST-Fasern beteiligt sind (vgl. *Bosco/Komi* 1979, 275).

Wie Abb. 36 zeigt, weisen innerhalb der schnellzuckenden Muskelfasern (Typ-II-Fa-

sern) – sie lassen sich unterteilen in II c-, II a- und II x-Fasern – die II x-Fasern die schnellste Kontraktionszeit und damit auch die höchste Kontraktionsgeschwindigkeit auf. Durch ein entsprechendes Training können die II x-Fasern selektiv trainiert (s. S. 399) und damit spezifisch für bestimmte schnellkräftige Bewegungen gemacht werden.

Wie bereits dargestellt (s. S. 145) besitzen Schnellkraftsportler, vor allem aber „geborene“ Sprinter/Springer von Haus aus einen erhöhten Prozentsatz an FT-Fasern und sind dadurch besonders geeignet für Schnelligkeits- bzw. Schnellkraftleistungen. Der größte Sprinter/Springer des 20. Jahrhundert, Carl Lewis, soll in seiner unteren Extremitätenmuskulatur einen FT-Faser-Anteil von 90 % besessen haben. Es kann aber auch vorkommen, dass ein Ausnahmetalent die Fähigkeit besitzt, seine vorhandenen FT-Fasern so stark zur Hypertrophie zu bringen, dass sich ihr Querschnittsanteil um ein Mehrfaches erhöht. Wie die Untersuchung von *Billeter et al.* (2003, 203 und 206) zeigt, war der Ex-Weltmeister im Kugelstoßen, Werner Günthör, genetisch hierzu in der Lage. Obwohl er vor Beginn seines langjährigen Trainingsprozesses nur einen FT-Anteil von 40 % besaß, konnte er seine Typ-II-Fasern selektiv so weit durch Krafttraining hypertrophieren, dass ihr Querschnitt auf das Dreifache der ST-Fasern anstieg und schließlich knapp 70 % des Gesamtquerschnittes ausmachte. Damit wurde er nicht nur Kugelstoßweltmeister, sondern konnte im Hochsprung auch Höhen über 2,01 m überspringen.

3. Von der Kontraktionskraft der eingesetzten Muskelfasern, d. h. vom Querschnitt der für maximale schnelle Bewegungen erforderlichen schnellzuckenden Muskelfasern, insbesondere der II x-Fasern

Trainingsmethodisch lassen sich im Schnellkraftbereich die Startkraft und die Explosivkraft unterscheiden.

Unter *Startkraft* – einer Subkategorie der Explosivkraft – versteht man die Fähigkeit, einen möglichst hohen Kraftanstiegsverlauf zu Beginn der muskulären Anspannung realisieren zu können. Die *Startkraft* ist bei Bewegungen leistungsbestimmend, die eine hohe Anfangsgeschwindigkeit erfordern (Beispiel: Boxer, Karateka und Fechter); sie basiert auf der Fähigkeit, zum Kontraktionsbeginn möglichst viele motorische Einheiten und damit eine hohe Anfangskraft einsetzen zu können. Die *Startkraft* basiert vor allem auf einem schnellen Bewegungsprogramm (s. Punkt 1) und weist eine gewisse Kraftunabhängigkeit auf.

Unter *Explosivkraft* wird die Fähigkeit verstanden, einen möglichst steilen Kraftanstiegsverlauf realisieren zu können: Der Kraftzuwachs pro Zeiteinheit steht im Vordergrund. Die *Explosivkraft* ist abhängig von der Kontraktionsgeschwindigkeit der motorischen Einheiten der FT-Fasern, der Zahl der kontrahierten motorischen Einheiten und der Kontraktionskraft der rekrutierten Fasern.

Die Explosivkraft profitiert zwar ebenso von einem schnellen Zeitprogramm, ist aufgrund der zu beschleunigenden hohen Zusatzlast jedoch in starkem Maße abhängig vom Niveau der Maximalkraft.

Demnach gilt:

Bei niedrigen Widerständen dominiert die Startkraft, bei zunehmender Last und damit verlängertem Krafteinsatz die Explosivkraft, bei sehr hohen Lasten schließlich die Maximalkraft.

Die Schnellkraft ist in hohem Maße von sportart- bzw. trainingsspezifischen Faktoren abhängig (vgl. *Duchateau* 1992, 45 f.).

Schnellkräftige Bewegungen sind programmgesteuert, das heißt, sie laufen nach einem im Zentralnervensystem gespeicherten Programm ab. Für schnellkräftige Bewegungen weisen talentierte Sportler ein sogenanntes „kurzes“, weniger begabte ein „langes“ Bewegungs- bzw. Zeitprogramm auf (vgl. *Bauersfeld/Voss* 1992, 18; s. Abb. 179). Durch Training sind diese Zeitprogramme in einem gewissen Rahmen beeinflussbar.

Zeitprogramme sind bewegungsspezifisch. Strukturähnliche Bewegungen werden auf der Grundlage gleicher Zeitprogramme gesteuert (*Bauersfeld/Voss* 1992, 18).

„Kurze Zeitprogramme zeichnen sich dadurch aus, dass ein direkter schneller Impuls an die Hauptmuskeln erfolgt. Das Innervationsmuster ist gekennzeichnet durch ausgeprägte Vorinnervationsphasen, durch einen steilen Anstieg der Hauptaktivität und eine Aktivitätskonzentration in der ersten Hälfte der Arbeitsphase sowie durch eine gute „Kokaktivierung“ (Zusammenwirken) zwischen den Hauptmuskeln. Infolge der Vorinnervation kommt es zur Verbesserung der Ansprechbarkeit der Muskelspindeln bzw. zu einer erhöhten Steifness und Elastizität des Muskels. Der steile Aktivitätsanstieg (Aktivitätskonzentration in der ersten Hälfte der Arbeitsphase) schafft die Voraussetzungen für eine schnelle und kräftige Kontraktion.

Das Innervationsmuster des langen Zeitprogramms zeigt keine schnelle Ansteuerung der Hauptmuskeln. Die Vorinnervationsphasen sind deutlich geringer ausgeprägt bzw. fehlen völlig, und der weitere Verlauf der Aktivität wird von Phasen verringerter Aktivität, langen Plateauphasen bzw. Einsattelungen unterbrochen“ (vgl. Abb. 179, *Bauersfeld/Voss* 1992, 18).

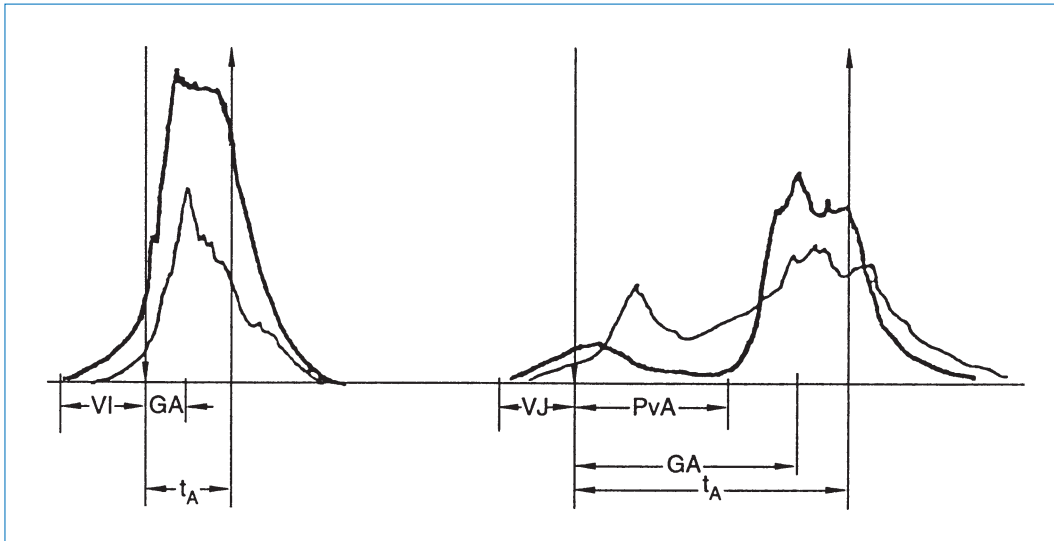


Abb. 179: Exemplarische Darstellung des Innervationsmusters eines kurzen (links) und eines langen Zeitprogramms (nach *Bauersfeld/Voss* 1992, 19).

VI (ms) = Dauer der Vorinnervation
 PvA (ms) = Phase verringerter Aktivität
 GA (ms) = Aktivitätszeit bis zum 1. Gipfel

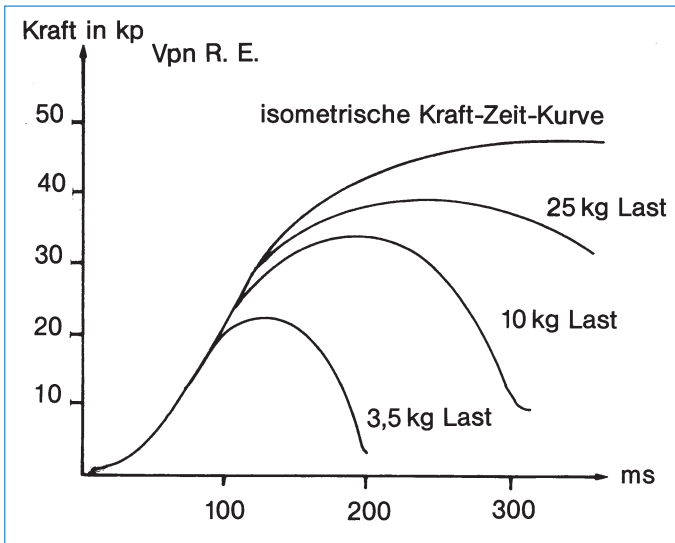
t_A (ms) = Hauptaktivitätsphase
 — = M. gastrocnemius
 — = M. rectus femoris

Wurde früher ein enger Zusammenhang zwischen isometrischer Maximalkraft und Bewegungsgeschwindigkeit postuliert (vgl. *Bührele/Schmidtbleicher* 1981, 262) – ein Zuwachs an isometrischer Kraft wurde stets mit einer Verbesserung der Bewegungsgeschwindigkeit verbunden –, so wird heute der Einfluss der Maximalkraft auf die Schnellkraft und ihre Subkategorien wesentlich differenzierter und kritischer gesehen. Die Maximalkraft als relativ unspezifische Grundkraft wird zurückgedrängt zugunsten einer sehr speziellen Schnellkraft, die nicht nur die Muskelstruktur, sondern auch die intra- und intermuskuläre Koordination und die entsprechenden Innervationsmuster sowie die Bewegungsgeschwindigkeit, den Arbeitswinkel und die Art der muskulären Beanspruchung berücksichtigt (vgl. *Reiss/Pfeiffer* 1991, 186 f. und *Duchateau* 1993, 25 f.).

Nimmt die zu überwindende Last zu, dann nimmt die Bedeutung der Maximalkraft für die Schnellkraft zu. Während zum Beispiel beim Beugen des Ellbogens mit einem Gewicht von 13 % des Maximums die Hebe-geschwindigkeit einer Last um 39 % von der Maximalkraft abhängt, erhöht sich dieser Prozentsatz beim Heben einer Last von 51 % des Maximums bereits auf 71 % (vgl. *Werchoshanskij* 1978, 60).

Der Korrelationsgrad zwischen Maximal-kraft und Bewegungsgeschwindigkeit erhöht sich mit der Vergrößerung der Last.

Abb. 180 verdeutlicht, dass die Kraft-Zeit-Kurven bei verschiedenen dynamischen Belastungen bzw. bei isometrischer Kraftentwicklung den gleichen Anstieg aufweisen, was bedeutet, dass sich das Schnellkraftver-

**Abb. 180:**

Kraft-Zeit-Kurven bei verschiedenen dynamischen Belastungsstufen sowie bei isometrischer Anspannung (Bührlé/Schmidtbleicher 1981, 267)

mögen in gleicher Weise bei der dynamischen wie auch bei der isometrischen Kontraktion realisiert.

Reaktivkraft

Als reaktives Bewegungsverhalten bezeichnet man die Fähigkeit des Organismus aus einer abbremsenden (exzentrischen) Bewegung heraus, in kürzester Zeit einen möglichst hohen konzentrischen Kraftstoß realisieren zu können“ (Schmidtbleicher/Gollhofer 1985, 271).

Unter Reaktivkraft versteht man demnach die Muskelleistung, welche innerhalb eines Dehnungs-Verkürzungszyklus (DVZ) einen erhöhten Kraftstoß generiert (vgl. Martin/Carl/Lehnertz 1991; Neubert 1999, 7; Steinhöfer 2003, 8).

Die Reaktivkraft wird wegen neuraler und mechanischer Besonderheiten gegenüber der

Schnellkraft inzwischen als relativ eigenständige Erscheinungsform der Kraft betrachtet. Sie ist im Wesentlichen abhängig von drei Faktoren: dem morphologisch-physiologischen, dem koordinativen und dem motivationalen Faktor (vgl. Neubert 1999, 175).

Zu den *morphologisch-physiologischen* Faktoren gehören vor allem die anthropometrischen Voraussetzungen (Gewicht, Größe, Fußlänge), die Muskelmasse, die willkürliche Aktivierungsfähigkeit, die muskuläre Stiffness und die Muskelfaserzusammensetzung. Diese Faktoren werden mittels der Kennwerte der Maximal- und Schnellkraftdiagnose abgeschätzt. Die *koordinativen Faktoren* stellen die intra- und intermuskuläre Koordination dar. Die *motivationalen Faktoren* beruhen auf Leistungsbereitschaft, Willensstärke und Konzentration.

Innerhalb des für das Reaktivverhalten charakteristischen DVZ setzt die Kraft-Längenveränderung während der Dehnungsphase einen steilen Anstieg der Kraftkomponente

voraus, bei gleichzeitig nur geringer Längenveränderung (vgl. *Komi* 1985).

Der DVZ spielt bei allen Sprüngen, beim Sprint, bei den leichtathletischen Würfen, aber auch beim Start der Rodler oder beim Spezialsalom eine wichtige Rolle. Physiologisch hängt der DVZ vor allem von der Elastizität des Sehnengewebes ab. Je „stiffer“ bzw. kräftiger die Sehne bzw. die bindegewebigen muskulären Begleitstrukturen, desto mehr Energie kann im Moment der exzentrischen Dehnung gespeichert und anschließend in der konzentrischen Phase freigesetzt bzw. weitergegeben werden. Der Leistungsunterschied bei Sprüngen mit bzw. ohne DVZ beträgt um 17 % und lässt sich durch den unterschiedlichen Grad der Elastizität der Sehnen erklären (vgl. *Kubo/Kanesho/Fukunaga* 2005, 851 f.).

Maximale Kraftimpulse setzen neben optimalen Lasthöhen auch optimal lange Kraftentwicklungszeiten (> 120 ms) voraus, damit alle Fasern „feuern“ können. *Güllich/Schmidtbleicher* (2000) unterscheiden in einen *kurzen DVZ* (< ca. 200 ms) und einen *langen DVZ* (> ca. 200 ms).

Ein *kurzer DVZ* liegt für die untere Extremität z. B. bei der Stützphase im Sprint und bei den Sprüngen, bei der oberen Extremität z. B. bei Stoß und Wurf vor.

Lange DVZ sind charakteristisch für Absprungbewegungen mit geringer horizontaler Geschwindigkeit oder für Sprünge mit starker Kniebeugung, wie dies typischerweise im Volleyball und Basketball der Fall ist. Die Leistungen im langen DVZ werden überwiegend durch das dynamisch realisierte Kraftmaximum und somit durch die Maximalkraft bestimmt (vgl. *Güllich/Schmidtbleicher* 2000).

Als Testform zur Abschätzung dieser Fähigkeit werden in der Sprungkraftdiagnose Dropjumps (DJ) eingesetzt (s. S. 522). Quantifizierbar wird das reaktive Bewegungsverhalten – es handelt sich um eine Komplexfähigkeit – zum einen über die Erfassung der beim DJ erzielten *Sprunghöhe*, zum anderen über die Berechnung der erbrachten *Sprungleistung*, welche sich aus dem Quotienten aus geleisteter Arbeit (Sprunghöhe) pro Zeitdauer (Bodenkontaktzeit beim Niederhochsprung) ergibt (vgl. auch *Neubert* 1999, 7). Dieser Quotient wird auch als *Leistungsindex* bezeichnet.

Die Untersuchungen von *Neubert* (1999, 124) legen nahe, dass mit dem DJ nicht eine vorwiegend konditionell determinierte Fähigkeit, sondern eine zu großen Anteilen von koordinativen Komponenten bestimmte Leistung ermittelt wird (Existenz eines motorischen Programms, Aktivitätsreduktion im EMG mit ansteigender Dehnungsbelastung, optimale Kooperation von Agonist und Antagonist).

Kraftausdauer

Die Kraftausdauerleistungsfähigkeit lässt sich als Ermüdungswiderstandsfähigkeit gegenüber Belastungen größer 30 % des individuellen isometrischen Kraftmaximums definieren.

Hinsichtlich einer empirischen Absicherung der Begriffe Muskelausdauer und Kraftausdauer liegen bis heute keine nennenswerten sportwissenschaftlich haltbaren Definitionen vor. Dies zeigt sich in den bisweilen erheblichen Abweichungen hinsichtlich der Belastungsgestaltung und den jeweils empfohlenen Trainingsmethoden (vgl. *Klein/Fröhlich*

2001, 216). *Ehlenz/Grosser/Zimmermann* (1998) unterscheiden aus trainingsmethodischen Gründen in eine *Maximalkraftausdauer* (= „hochintensive Kraftausdauer“ mit über 75 % der Maximalkraft), eine *submaximale Kraftausdauer* (= „mittelintensive Kraftausdauer“ mit über 75 bis 50 % der Maximalkraft), und eine *aerobe Kraftausdauer* (= „Ausdauerkraft mit 50 bis 30 % der Maximalkraft). Allerdings fehlt bei dieser Definition die Angabe der Belastungszeit.

Die Belastungszeit wird in der Begriffsbestimmung von *Schmidtbleicher* (1989, 14) und *Klein/Fröhlich* (2001, 217) berücksichtigt. *Schmidtbleicher* versteht unter *Kraftausdauer* die Fähigkeiten des neuromuskulären Systems, eine möglichst große Impulssumme in einem definierten Zeitraum (längstens 2 Minuten bei maximaler Auslastung) gegen höhere Lasten (mehr als 30 % der Maximalkraft) bewältigen zu können. *Klein/Fröhlich* heben zur Gestaltung der Kraftausdauer die besondere Bedeutung der Belastungszeit hervor, da sie letztlich die zu wählende Last bestimmt. Sie geben eine Belastungszeit von 45 bis 60 Sekunden an und empfehlen eine konstante Wiederholungszahl zwischen 25 und 30 Wiederholungen bei relativ gleichbleibendem Bewegungstempo. Die Last sollte dabei in jeder Serie so gewählt werden, dass die Wiederholungszahl ohne große Abweichungen einzuhalten ist.

Nach *Güllich/Schmidtbleicher* (1999, 223 f.) setzt sich die Kraftausdauer aus zwei Komponenten zusammen, nämlich der Größe des Einzelkraftstoßes und der Fähigkeit, die Reduktion der Kraftstoßsumme möglichst gering zu halten.

Die *Größe des Einzelkraftstoßes* wird hierbei vor allem von der Maximalkraft bestimmt. Die Fähigkeit, die *Reduktion der Kraftstoßsumme* möglichst gering zu halten, hängt ins-

besondere vom neuronalen Antrieb und der intramuskulären Pufferkapazität ab.

Wie in Abb. 181 verdeutlicht, nimmt mit der Erhöhung der zu überwindenden Last die Zahl der möglichen Wiederholungen ab.

Da bereits ab 20 % der maximalen isometrischen Kontraktionskraft eine Behinderung der arteriellen Blutversorgung im Muskel beginnt – ab 50 % kommt es zu einem völligen Verschluss der Gefäße –, wird die *Kraftausdauer* je nach Intensität der entwickelten Kontraktionskraft mehr aerobe oder anaerobe bzw. gemischte Stoffwechselanteile aufweisen (vgl. *Hollmann/Hettinger* 1980, 335). In der Trainingspraxis ist demnach der jeweiligen sportartspezifischen Belastungssituation

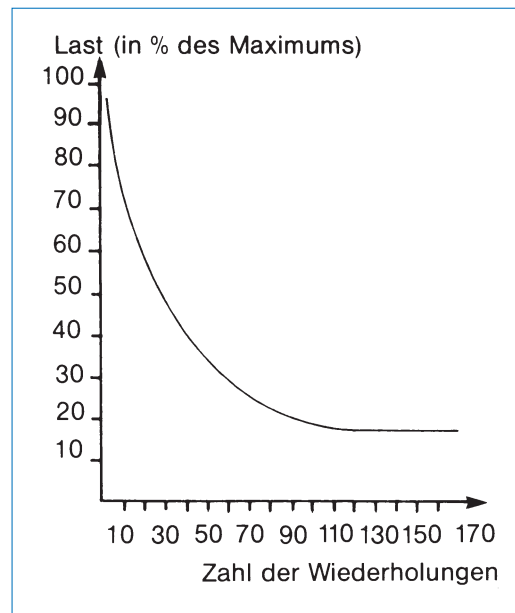


Abb. 181: Graphische Darstellung der Abhängigkeit zwischen Lastgröße und Wiederholungszahl (nach *Zaciorskij/Wolkow/Kulik* in *Matwejew* 1981, 52)

durch ein entsprechendes Training Rechnung zu tragen.

Bei der Entwicklung der Kraftausdauerfähigkeiten ist auf nachfolgende Grundforderungen zu achten (Reiß 1992, 18):

- Kraftausdauerfähigkeiten sind ein leistungsbestimmender Faktor in allen Ausdauersportarten mit klarer disziplinspezifischer Abgrenzung und wachsendem Stellenwert.
 - Effektives Kraftausdauertraining muss vor allem eine differenzierte Entwicklung der disziplinspezifischen Kraftfähigkeiten für hohe (Vortriebs-)Leistungen im Start-, Strecken- und Endspurtabschnitt gewährleisten.
 - Hauptkriterien für ein wirkungsvolles Kraftausdauertraining sind:
 - höhere Widerstände als im Wettkampf,
 - die vielfache Wiederholung der Trainingsreize,
 - die Annäherung/Übereinstimmung der Trainingsformen mit den Kraft-Zeit-Verläufen der Bewegungsstruktur des Wettkampfs,
 - die Gerichtetheit auf Hauptmuskelgruppen (Agonisten und Antagonisten),
 - eine gesteuerte physiologische Wirkung,
 - eine Blockbildung im Mikrozyklus.
 - Die disziplinspezifischen Kraftfähigkeiten bedürfen der ganzjährigen Entwicklung/Stabilisierung bis relativ nahe an die entscheidenden Wettkämpfe. Das erfordert die Steigerung der Krafttrainingsreize im Verlauf der Mesozyklen und Makrozyklen des Jahres.
 - Wirkungsvolles Kraftausdauertraining verlangt die Einhaltung einer Entwicklungssystematik im Einsatz der Trainingsmittel im Jahresverlauf.
- Der Hauptinhalt des Krafttrainings muss übereinstimmen (abgestimmt sein) mit der Hauptaufgabenstellung des Trainings im jeweiligen Mikrozyklus und Mesozyklus.
 - Der Entwicklungsstand der disziplinspezifischen Kraftfähigkeiten (die Trainingswirkung) muss regelmäßig kontrolliert und die Reproduzierbarkeit des realisierten Krafttrainings durch eine entsprechende Trainingsdokumentation gewährleistet sein.

Eine Sonderform der *Kraftausdauer* stellt die *Schnellkraftausdauer* dar. Sie ist in all den Sportarten von außergewöhnlicher Bedeutung, in denen über einen längeren Zeitraum schnellkräftige Extremitäten- oder Rumpfbewegungen leistungs(mit)-bestimmend sind, wie z. B. beim Boxer, Fechter, Eiskunstläufer sowie bei allen Spielern (Fußballer, Volleyballer u. a.).

Die *Schnellkraftausdauer* ist maßgeblich von einer schnellen Erholungsfähigkeit der beteiligten Muskulatur und somit von einer gut entwickelten allgemeinen und lokalen aeroben und anaeroben Ausdauerleistungsfähigkeit abhängig.

Man unterscheidet zwischen *allgemeiner* und *lokaler* sowie zwischen dynamischer und statischer Kraftausdauer. Dabei versteht man unter *allgemeiner* Kraftausdauer die Ermüdungswiderstandsfähigkeit der Körperperipherie unter Einsatz von mehr als einem Siebtel bis einem Sechstel der gesamten Skelettmuskulatur, unter *lokaler* Kraftausdauer die Ermüdungswiderstandsfähigkeit der Körperperipherie unter Einsatz von weniger als einem Siebtel bis einem Sechstel der gesamten Skelettmuskulatur.

Sonderformen

- Der Maximalkraft, der Schnellkraft und der Kraftausdauer stellt Frey (1977, 347)

noch die nachfolgenden Spezialformen der Kraft an die Seite:

- **Absolutkraft:** Darunter ist die willkürlich-maximale Kraft *plus* durch (Pharmaka und) psychische Komponenten freisetzbare Leistungsreserve zu verstehen.
- **Absolute Kraft:** Sie stellt die vom Körpergewicht unabhängige Kraftentwicklung dar.
- **Relative Kraft:** Sie stellt die auf das Körpergewicht bezogene Kraftentwicklung dar.

Arten der Muskularbeit

Man unterscheidet *überwindende*, *nachgebende*, *verharrende* und *kombinierte* Arten der Muskularbeit.

- a) Die *überwindende* Muskularbeit – sie überwiegt bei der Mehrzahl der sportlichen Bewegungsabläufe – ermöglicht durch Muskelverkürzung, das eigene Körpergewicht bzw. Fremdgewichte zu bewegen oder Widerstände zu überwinden.
- b) Die *nachgebende* Muskularbeit – sie dient dem Abfangen von Sprüngen bzw. der Ausführung von Auftaktbewegungen – ist gekennzeichnet durch die Längenzunahme des Muskels, bei aktiver Gegenwirkung.
- c) Die *verharrende* Muskularbeit dient der Fixierung bestimmter Körper- bzw. Extremitätenhaltungen. Sie ist gekennzeichnet durch die Kontraktion, nicht aber durch die Verkürzung des Muskels.
- d) Die *kombinierte* Muskularbeit schließlich ist gekennzeichnet durch Elemente überwindender, nachgebender oder verharrender Art.

Arten der Muskelanspannung

Man unterteilt in *isotonische*, *isometrische* und *auxotonische* Arten der Muskelanspannung.

Wie Abb. 182 erkennen lässt, setzt sich der Muskel aus *elastischen* und *kontraktilen* Elementen zusammen. Je nach Art der Muskelanspannung kommt es zu einem unterschiedlichen Kontraktions- bzw. Dehnungsverhalten der beteiligten Elemente.

Bei der *isotonischen* Muskelanspannung werden die kontraktilen Elemente des Muskels kontrahiert, die elastischen verändern ihre Länge nicht. Somit kommt es zu einer Verkürzung des Muskels.

Bei der *isometrischen* Muskelanspannung kommt es ebenfalls zu einer Kontraktion der kontraktilen Elemente, die elastischen werden dabei jedoch gedehnt, sodass äußerlich keine sichtbare Muskelverkürzung zu erkennen ist.

Die *auxotonische* Muskelanspannung stellt eine Kombination von isometrischer und isotonischer Beanspruchung dar. Das Nerv-Muskel-System gleicht sich dabei durch ein sehr differenziertes Zu- und Abschalten neuromuskulärer Einheiten an wechselnde Lastkraftmomente und bewegungsspezifische Geschwindigkeitsveränderungen an.

Die auxotonische Muskelanspannung ist die im Sportbereich häufigste Form.

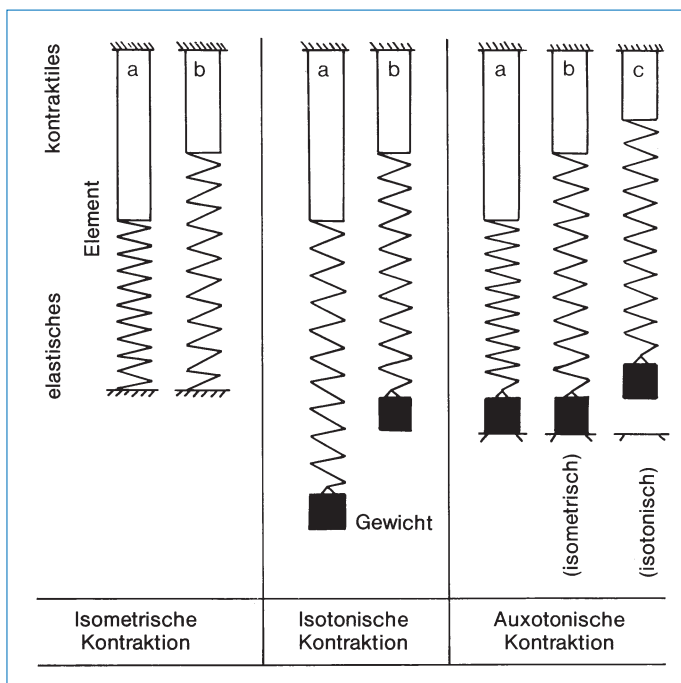


Abb. 182: Verhalten der kontraktiles und elastischen Elemente in Abhängigkeit von der Art der Muskelanspannung (a = Ruhezustand, b + c = Zustand nach bzw. während der Kontraktion)

Bedeutung der Kraft

Zur Steigerung der sportartspezifischen Leistungsfähigkeit

Da die Kraft in ihren verschiedenen Manifestationsarten – Maximalkraft, Schnellkraft und Kraftausdauer – in irgendeiner Form fast in jeder Sportart einen mehr oder weniger ausgeprägten leistungsbestimmenden Faktor darstellt, ist ihrer sportartspezifischen Entwicklung eine bedeutende Rolle beizumessen.

Neben seiner Bedeutung für die unmittelbare sportartspezifische Leistungsfähigkeit hat ein gezieltes Krafttraining auch noch für andere Bereiche eine wichtige Funktion:

- Zur Effektivierung bzw. Perfektionierung technisch-konditioneller Fähigkeiten. Vor allem in den Spielsportarten spielt dies

eine besondere Rolle, wie z. B. beim Rempeln, Tackeln, Dribbeln u. Ä. im Fußball;

- Zur allgemeinen athletischen Durchbildung im Sinne eines verbesserten Durchsetzungsvermögens bzw. erfolgreichen Zweikampfverhaltens;
- Als Voraussetzung für eine bessere Belastungsverträglichkeit bzw. als Basis für die Durchführung effektiver Trainingsmethoden (wie z. B. des plyometrischen Trainings, s. S. 444) zur Schnellkraftverbesserung;
- Als Zusatztraining: zur Kräftigung kleinerer Muskelpartien, die als Synergisten (sie arbeiten im gleichen Sinne wie die Hauptmuskeln) beim Vollzug der Wettkampfbewegung (z. B. Sprung, Schuss) bedeutsam sind, aber durch die üblichen Belastungsformen oder durch das Spiel nicht entwicklungswirksam gefordert und gefördert werden (vgl. Harre/Hauptmann 1983, 209);

- Als Kompensationstraining zur Kräftigung von Muskeln, die zur Abschwächung neigen (wie z. B. die Bauchmuskeln oder der große Gesäßmuskel (s. S. 539);
- Als Ausgleichs- bzw. Ergänzungstraining zur Kräftigung der Antagonisten (Gegenspieler der eigentlichen Leistungsmuskeln) bzw. zur Schulung ansonsten vernachlässigter Muskelgruppen.

Die meisten Sportarten haben trotz ihrer scheinbaren Vielfältigkeit an verschiedenen Anforderungen eine sehr begrenzte bzw. einseitige Belastungsstruktur. Für die Sportspiele z. B. gelten folgende typische Beanspruchungsformen (vgl. *Medler* 1990, 27):

- Belastungen der bremsenden Muskulatur im Fuß-, Bein- und Hüftbereich, wie sie jede andere Spiel-Sportart auch auszeichnen („Fußgängersport“)
- Scher- und Drehbewegungen bei Richtungswechseln und schnellen Reaktionen
- Belastungen der Streckmuskulatur bei Lauf-, Spring und Sprungbewegungen
- Schnellkräftige Belastungen der Hüftbeugemuskulatur bei allen Antritten und Sprüngen.

Diese einseitigen muskulären Beanspruchungen führen zu einer einseitigen muskulären Kraftentwicklung und damit zu einem Missverständnis zwischen der immer stärker werdenden Antriebs- bzw. Leistungsmuskulatur und der vernachlässigten Muskulatur der Antagonisten bzw. der nur wenig beachteten Haltemuskulatur, was langfristig zu mannigfaltigen Leistungseinbußen, Verletzungen und Beschwerdebildern führen kann (vgl. *Spring* et al. 1986, 114; *Knebel/Herbeck/Hamsen* 1988, 29; *Medler* 1990, 28).

Wie die Untersuchungen von *Gorostiaga* et al. (2006, 363) zeigen, nimmt bei Handbal-

lern der Spitzenklasse bei einem kombinierten Training (Krafttraining, Handballtraining und spezielles Techniktraining) während der Wettkampfperiode die maximale Oberkörperkraft, die Standweitwurfleistung und der Weitwurf aus 3 Anlaufschritten signifikant zu. Vor allem die Zunahme der Handballwurf-Geschwindigkeit ist von besonderer Bedeutung, da sich gerade die Topspieler im Vergleich zu den niederklassigen Spielern in dieser Hinsicht unterscheiden, und die Wurfkraft und die Wurfpräzision entscheidende Faktoren für ein erfolgreiches Handballspiel darstellen. Dass es im Bereich der unteren Extremitäten nicht zu einer vergleichbaren Verbesserung kam, wird darauf zurückgeführt, dass das entsprechende Krafttraining mit zu geringen Intensitäten durchgeführt wurde und parallel dazu einem kontinuierlichen aeroben Ausdauertraining zu viel Zeit gewidmet wurde, was zu negativen Interferenzen bezüglich der Ausdauerleistungsfähigkeit einerseits und den Schnelligkeits- bzw. Schnellkraftfähigkeiten andererseits führte (vgl. *Hickson* 1980, 255; *Dudley/Djamil* 1985, 1446; *Häkkinen* 1988, 119; *Gorostiaga* et al. 1999, 485; *Gorostiaga* et al. 2006, 363).

Als Verletzungsprophylaxe:

Eine gut bzw. ausreichend entwickelte Muskulatur bildet den effizientesten Schutz des Bewegungsapparates. Kapseln und Bänder sind ohne die Unterstützung der Muskulatur niemals in der Lage, die enormen Kräfte, die im Wettkampf auf den Bewegungsapparat einwirken, aufzufangen (vgl. *Jenoure/Segesser* 1987; *Denner* 1987, 12 *Bisanz/Gerisch* 1988, 88).

Benedict/Walker (1968) fanden bei kräftigeren Muskeln – dokumentiert am Beispiel der

Beinstrecker im Vergleich zu den Beugern – eine um 20 % höhere Rissfestigkeit. Missverhältnisse in der Kraft antagonistisch (gegeneinander) arbeitender Muskelgruppen – hier sind insbesondere auch die Bauch- und Rückenmuskeln anzusprechen – sind oftmals Ursachen für Verletzungen, die einen langfristigen Leistungs- und Belastungsaufbau gefährden können (vgl. *Lehmann* 1991, 16).

Krafttraining im Sinne einer Haltung prophylaxe:

Nachdem in unserer bewegungsarmen Zeit und aufgrund der langen Sitzzeiten (in Schule und Beruf) ein Großteil der Schüler mangels ausreichend entwickelter Rumpfmuskulatur an Haltungsschwäche leidet (vgl. *Wasmund-Bodenstedt/Braun* 1983, 17/18), ist im Training der Kinder und Jugendlichen nicht nur auf eine Optimierung der Leistungs- bzw. Funktionsmuskulatur, sondern in ganz besonderem Maße auch der Haltemuskulatur zu achten. Damit lässt sich frühzeitig und effektiv dem für viele Sportler (u. a. Spilsportler) typischen „Kreuzschmerz“ – er hat seine Ursache u. a. in einer unzureichend ausgebildeten Bauch- und Rückenmuskulatur – entgegenwirken.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass es eine Vielzahl von Gründen für die Durchführung eines Krafttrainings gibt. Ohne ein Mindestmaß an Kraft (abhängig vom Alter des Sportlers, seinem Leistungsvermögen und seinem Anspruchsniveau) ist eine optimale individuelle Leistungsfähigkeit nicht realisierbar. Das vorhandene bzw. erworbene Kraftniveau wirkt unmittelbar auf die Effektivität des Trainings im langfristigen Trainingsprozess ein und unterstützt bzw. hemmt die Entwicklung der sportlichen Leistungsfähigkeit.

Wechselbeziehungen der Kraft zu den anderen motorischen Hauptbeanspruchungsformen

Kraft und Schnelligkeit

Wie bereits im Kapitel Schnellkraft (s. S. 375) ausgeführt wurde, steht Schnelligkeit (azyklische und zyklische) in enger Korrelation zu einem kurzen Zeitprogramm sowie einem entsprechenden Muskelfaserspektrum (Anteil und Kraft der schnellzuckenden Muskelfasern, vor allem der II x-Fasern). Schnellkraft und Schnelligkeit sind also in hohem Maß von den gegebenen Kraftverhältnissen abhängig (vgl. *Röcker et al.* 1971, 281; *Stoboy* 1973, 157; *Zanon* 1973, 269; *Adam/Werchoshanskij* 1974, 174; *Bührle/Schmidtbleicher* 1981, 11 f.).

Die Erhöhung der Kontraktionsgeschwindigkeit bei erhöhter Kraft ergibt sich aus folgendem muskelphysiologischem Zusammenhang: Beim Kontraktionsvorgang gehen die kontraktilen Elemente (s. S. 140) vorübergehend Brückenbindungen miteinander ein, die es ihnen ermöglichen, teleskopartig ineinanderzugleiten und den Muskel zu verkürzen. Je größer nun zum einen die Zahl der Brückenbindungen pro Zeiteinheit ist, umso größer ist – als *eine* der Basisvoraussetzungen für eine schnelle Kontraktion – die entwickelte Muskelkraft. Zum anderen ist die Kontraktionsgeschwindigkeit nach *Karl* (1972, 275) auch noch vom schnell wechselnden Anheften und Ablösen der Brückenbindungen, also von der Asynchronität der Brückenbindungen, abhängig. Durch eine trainingsbedingte, spezifische, vor allem auf die II x-Fasern bezogene Querschnittszunahme des Muskels (durch Einlagerung kontraktiler Proteine) kann aber durch die erhöhte Zahl der potenziell möglichen Brückenbindungen auch die Anzahl der asynchronen

Brückenbindungen und damit die Kontraktionsgeschwindigkeit gesteigert werden.

Kraft und Beweglichkeit

Die Beweglichkeit erfährt durch eine Zu- bzw. Abnahme der Kraft keine signifikante Veränderung (Kos 1970, 121 f.). Eine Zunahme der Beweglichkeit bei gleichzeitiger starker Entwicklung der die Gelenke umgebenden Muskeln (wie z. B. beim Geräteturner) verlangt jedoch ein gesteigertes Maß an Dehnungs- und Lockerungsübungen. Nur bei einer außergewöhnlichen Muskelmassenzunahme (wie z. B. beim Gewichtheber) und unter Vernachlässigung von entsprechenden Ausgleichsübungen kann es zu einer teilweise mechanisch bedingten Bewegungseinschränkung kommen.

Kraft und koordinative Fähigkeiten

Die koordinativen Fähigkeiten werden durch Kraftzunahme nicht negativ beeinflusst. Allerdings muss unmittelbar nach einem Krafttraining mit einer Beeinträchtigung der muskulären Feinsteuerung durch den erhöh-

ten Muskeltonus gerechnet werden. Darüber hinaus ist vor einem ausschließlichen Krafttraining ohne begleitende disziplinspezifische Koordinationsschulung zu warnen.

Kraft und Ausdauer (Langzeit)

Bei vergrößertem Muskelquerschnitt ist aufgrund der ungünstigen Diffusionsverhältnisse für den Substrate-, Sauerstoff- und Stoffwechselschlackenaustausch bzw. -abtransport die Ausdauerleistung herabgesetzt. Die der Kraft bzw. der Ausdauer zugrunde liegenden organismischen Korrelate lassen sich simultan nicht maximal entwickeln. Die Redensart „er kann vor lauter Kraft nicht mehr laufen“ weist darauf hin, dass es für das Ziel einer hochgradigen konditionellen Fähigkeitsausprägung nur eine Alternative gibt (vgl. Israel 1991, 338).

Nicht herabgesetzt jedoch ist die Fähigkeit, gegen hohe Widerstände (50 % und mehr der Maximalkraft) Wiederholungsarbeit leisten zu können: Da hierbei mehr die Kraftausdauer im Vordergrund steht, realisiert derjenige Sportler eine höhere Zahl an Wiederholungen, der im Besitz der größeren Maximalkraft ist (vgl. Shaver 1970, 170, s. S. 380).