

Krafttraining

Kraft und ihre Erscheinungsformen

Kraft

Sportliche Leistungen sind ohne motorische Kraft nicht zu verwirklichen. Grundlage aller Kraftbetrachtungen ist die physikalische Gesetzmäßigkeit,

$$\text{nämlich Kraft als das Produkt aus Masse (kg) und Beschleunigung (m/s}^2\text{)} \\ F = m a$$

Neben dem physikalischen Kraftbegriff, der für biomechanische Untersuchungen von Bedeutung ist, interessiert im Rahmen des Trainings vor allem die **biologische Definition von Kraft**:

Kraft im Sport ist die Fähigkeit des Nerv-Muskelsystems, durch Innervations- und Stoffwechselprozesse mit Muskelkontraktionen Widerstände zu überwinden (konzentrische Arbeit), ihnen entgegenzuwirken (exzentrische Arbeit) bzw. sie zu halten (statische Arbeit).

Im einzelnen ergeben sich im Sport folgende Kraftsituationen: Es müssen

- der Schwerkraft und dem eigenen Körpergewicht entgegengewirkt werden (z. B. Kreuzhang beim Turnen);
- die eigene Körpermasse oder zugeschaltete Lasten beschleunigt werden (z. B. Sprung, Wurf, Gewichtheben);
- die Reibungs-, Luft- oder Wasserkraft überwunden werden (z. B. Rudern, Schwimmen);
- die Kräfte des Gegners überwunden werden (z. B. Judo, Ringen);
- die elastischen Kräfte von Gegenständen überwunden werden (z. B. Expander, Gummiband).

Erscheinungsformen (Kraftarten)

Die Trainingspraxis und Trainingswissenschaft fassen die unterschiedlichen Erscheinungsformen der Muskeltätigkeit bei sportlichen Bewegungen mit den Begriffen **Maximalkraft, Schnellkraft, Reaktivkraft und Kraftausdauer** zusammen.

Seit den Untersuchungen von SCHMIDTBLEICHER (1980) zur Bedeutung der Maximalkraft sind die **Schnellkraft, Reaktivkraft und Kraftausdauer als Subkategorien der Maximalkraft** zu verstehen; sie sind folglich in ihrer Ausprägung stark von der Maximalkraft abhängig. Die Maximalkraft stellt quasi die Basiskraft dar. Diese Tatsache ist auch für die Trainingsmethodik von Bedeutung.

In der Tabelle 8 ist die hierarchische Gliederung der Kraft in die verschiedenen Kraftarten und ihre Komponentendargestellt. Im folgenden erhalten die wissenschaftsorientierten Kraftbegriffe eine kurze Erklärung.

Tabelle 8 Hierarchische Gliederung der Kraft in verschiedene Kraftarten und ihre Komponenten.

Basisfähigkeit	Maximalkraft		
Subkategorien	Schnellkraft (statisch, konzentrisch)	Reaktivkraft (exzentrisch-konzentrisch)	Kraftausdauer (statisch, dynamisch)
Komponenten	<ul style="list-style-type: none"> - Maximalkraft - Explosivkraft - Startkraft 	<ul style="list-style-type: none"> - Maximalkraft - Explosivkraft - Startkraft - reaktive Spannungsfähigkeit 	<ul style="list-style-type: none"> - Maximalkraft - anaerob-alktazider Stoffwechsel - anaerob-laktazider Stoffwechsel - aerob-glykolytischer Stoffwechsel

Maximalkraft

Die **Maximalkraft** ist die höchstmögliche Kraft, die willkürlich gegen einen unüberwindlichen Widerstand erzeugt werden kann.

Gemessen wird die Maximalkraft in statischer Arbeitsweise, weil hier willkürlich die höchsten Kräfte entwickelt werden können. Die **konzentrische Maximalkraft** (Kraftfähigkeit bei überwindender Beanspruchung, dynamisch positiv) nähert sich in ihrer Größe der **statischen Maximalkraft** (bei statischer Beanspruchung kontrahiert die Muskulatur isometrisch, verkürzt sich aber nicht / durch die Muskelanspannung wird einer äußeren Kraft Widerstand geleistet / innere und äußere Kraft entsprechen einander), wenn sie gegen die Last entfaltet wird, die gerade noch bewegt werden kann. Die quantitativen Unterschiede (ca. 5-20%) sind darauf zurückzuführen, daß neben der Gegenkraft zur Last ein bestimmter Kraftbetrag für die Beschleunigung benötigt wird. Grundsätzliche Unterschiede zwischen konzentrischer und statischer Maximalkraft existieren nicht. In der Trainingspraxis wird zur Bestimmung der aktuellen Maximalkraft nach wie vor von der Grenzlast für die Einer-Wiederholung ausgegangen.

Die **exzentrische Maximalkraft** (Kraftfähigkeit bei nachgebender Beanspruchung, dynamisch-negativ, äußere Kraft größer als die innere, Beanspruchungsweise vornehmlich bei Landungen, Muskel brems die Bewegung ab → Bremskraft), die bei Dehnung eines maximal kontrahierten Muskels vorliegt, zeigt höhere Werte als die statische Maximalkraft (5-40% je nach Muskelgruppe und Trainingszustand). Der Unterschied wird in erster Linie auf die zusätzliche reflektorische Kraftentfaltung aus dem Dehnungsreflex (= Muskelspindelreflex) zurückgeführt.

Die willkürlich aktivierbare maximale Muskelkraft ist nicht identisch mit dem absoluten Kraftpotential (**Absolutkraft**) eines Muskels oder einer Muskelgruppe. Unter Hypnose, bei elektrischer Reizung und unter exzentrischen Bedingungen (z.B. beim Abbremsen eines Niedersprungs) werden höhere Kraftwerte erreicht. IKAI und STEINHAUS (bei HETTINGER 1968, S. 51) haben festgestellt, daß die Muskelkraft untrainierter Personen unter Hypnose um etwa 30 % und die von Trainierten um 10 % im Vergleich zur willkürlich aktivierbaren Kraftfähigkeit anstieg. Diese Unterschiede verdeutlichen, daß man durch Krafttraining offensichtlich in einen Reservebereich des Organismus vordringen und das absolute Kraftpotential willkürlich erheblich stärker ausschöpfen kann.

Nach Angaben von BÜHRLE (1985) kann die **Differenz zwischen der absoluten und der maximal aktivierbaren Kraftfähigkeit** - auch als **Kraftdefizit** bezeichnet- bis zu 45 % betragen. Durch explosives Maximalkrafttraining ist dieses Defizit auf 10 bis 5% zu reduzieren. Der höhere Aktivierungsgrad wird auf eine Verbesserung von *Rekrutierung* (Zuschaltung von motorischen Einheiten) und *Synchronisation* (Erhöhung der gleichzeitig aktivierten motorischen Einheiten) zurückgeführt. Es verbleibt aber eine dem Willen nicht zugängliche, autonom geschützte Restreserve.

Die **Absolutkraft** ist das höchstmögliche Kraftpotential, das ein Muskel aufgrund seines physiologischen Querschnitts und seiner Qualität zur Verfügung hat. Sie setzt sich zusammen aus der willkürlich entwickelbaren Maximalkraft und der willkürlich nicht erfaßbaren Kraftreserve (autonom geschützte Reserven). Meßmethodisch wird die Absolutkraft durch die *exzentrische Maximalkraft* oder durch *Elektrostimulation* erfaßt.

Die **relative Kraft** ist das Verhältnis der Maximalkraft zum Körpergewicht. Sie ist von Bedeutung, wenn in sportlichen Bewegungen die Kraft gegenüber dem eigenen Körpergewicht bzw. Körperteilen zu entfalten ist (z. B. beim Turnen, in Sprüngen).

Schnellkraft(fähigkeit)

Die **Schnellkraft** kann zunächst *übergreifend als Kraftanstieg pro Zeiteinheit (Kraftgradient) angesprochen werden.*

Bei zahlreichen azyklischen sportlichen Bewegungen, z.B. beim Springen, Werfen, Stoßen, Schlagen, aber auch beim Sprinten kommt es darauf an, dem Körper oder dem Sportgerät *eine möglichst hohe Endgeschwindigkeit* zu erteilen. Dazu muß die Kraft auf dem zur Verfügung stehenden Beschleunigungsweg schnell mobilisiert werden. Diese Fähigkeit wird als Schnellkraftfähigkeit bezeichnet. Sie wird durch den **Schnellkraftindex (SKI)** bestimmt.

$$\text{SKI} = \text{Fmax} : \text{tmax}$$

(Fmax = Kraftmaximum;

tmax = die für das Erreichen von Fmax benötigte Zeit)

Die Schnellkraftfähigkeit ist immer disziplinspezifisch ausgeprägt, was zu definitorischen Unterschieden bei verschiedenen Autoren führt. Differenziert werden zwei Komponenten: **Start- und Explosivkraftfähigkeit.**

Startkraftfähigkeit. Mit der Einführung dieses Begriffes hatte VERCHOSANSKI (1971) jene Fähigkeit bezeichnet, die in der Anfangsphase der Muskelanspannung einen hohen Kraftanstieg bewirkt. Die Startkraftfähigkeit wird leistungsbestimmend, wenn in kürzester Zeit eine hohe Geschwindigkeit erreicht werden muß, wie z. B. bei einem Boxstoß oder der Reaktion eines Torwartes in den Sportspielen. BÜHRLE (1985), der das Niveau der Startkraftfähigkeit

mit dem Quotienten einschätzt, der auf die ersten 30 - 50 ms des Kontraktionsvorganges bezogen ist (vgl. Abb. 3.3.-3), stellte bei Boxern auffällig höhere Startkraftwerte fest als bei langjährig trainierten Kugelstoßern. Die Startkraftfähigkeit verlangt einen hohen Anteil schneller Muskelfasern und hängt von der Fähigkeit ab, bei Kontraktionsbeginn viele Muskelfasern zu rekrutieren.

Explosivkraftfähigkeit. Sie charakterisiert wesentlich das schnellkräftige Verhalten der Muskulatur und wird von BÜHRLE (1985) durch den steilsten Anstieg der Kraft-Zeit-Kurve bestimmt. (Abb. 3.3.-4)

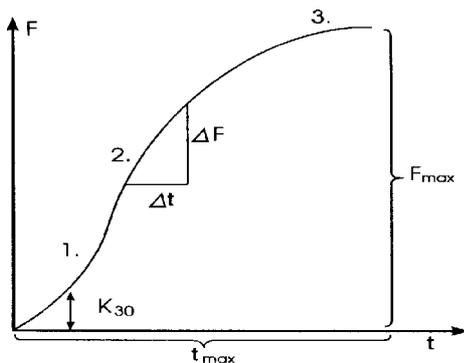


Abbildung 3.3.-3 Die Schnellkraftfähigkeit und ihre Komponenten Start- und Explosivkraftfähigkeit (nach BÜHRLE/SCHMITDTBLEICHER 1981)

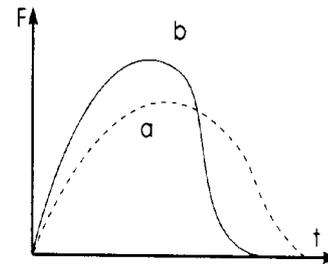


Abbildung 3.3.-4 Kraft-Zeit-Charakteristik bei einem „explosiven“ Krafteinsatz eines Trainingsanfängers (a) im Vergleich zu einem leistungsfähigeren Sportler (b)

Sportartspezifische Aspekte

Schnellkraft-, Startkraft- und Explosivkraftfähigkeit und ihre Parameter sind Ausdruck der Fähigkeit, maximal schnell Kraft entwickeln zu können, d. h. viel Kraft in der Zeiteinheit. Unter sportartspezifischem Aspekt ist zu prüfen, in welchem Maße diese einzelnen Fähigkeiten beansprucht werden und auszuprägen sind.

So verweist LEHNERTZ (1985) darauf, daß der Einsatz der maximal verfügbaren Start- und Explosivkraftfähigkeit durchaus nicht in jedem Falle die höchste Endgeschwindigkeit und damit die bestmögliche Leistung sichert. Vielmehr kommt es auch bei der Kraftentfaltung auf ein optimales Timing an. Das gilt auch für Sportarten mit zyklischer Bewegung und relativ langer Kontraktionsdauer (Zu B. Rudern, Kanurennsport). Hier kommt es bei überzogener Startund Explosivkraftleistung nach anfänglich hohen Kraftspitzen zu einer erheblichen Einsattelung in der Kraft-Zeit-Kurve und zu verringerter Vortriebseffizienz.

Schnellkraftleistungen hängen entscheidend von der Maximalkraftfähigkeit und dem Niveau der Kontraktions- und Verkürzungsgeschwindigkeit der bewegungsspezifisch beanspruchten Muskulatur ab. Je höher die Maximalkraftfähigkeit ausgebildet ist, desto steiler kann der Kraftanstieg verlaufen.

Die Fähigkeit, mittels des neuromuskulären Systems Widerständen (z.B. dem eigenen Körper, Körperteilen oder Sportgeräten) "auf einem vorgegebenen Weg oder einer festgelegten Zeit einen möglichst hohen Kraftstoß" zu erteilen (BÜHRLE 1986,18), wird als **Schnellkraft** bezeichnet.

Reaktivkraft

Die Reaktivkraft selbst kann als eine Sonderform der Schnellkraft gesehen werden. Definitiv ist folglich die

Reaktivkraft die *exzentrisch-konzentrische Schnellkraft* bei kürzest möglicher Kopplung (< 200 ms) beider Arbeitsphasen, also in einem Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus.

Bei einer reaktiven Kraftäußerung geht der konzentrischen Muskelanspannung eine exzentrische voraus. Muskeln, die in der Arbeitsbewegung die Kraftleistung zu erbringen haben, werden bei der Bremsbewegung, z. B. beim Landevorgang nach einem Absprung aus erhöhter Position, gedehnt und kontrahieren dabei. Derartige Kombinationen von exzentrischer (nachgebender) und konzentrischer (überwindender) die als **Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus** definiert werden (KAMI 1985), treten ausgeprägt bei allen Sprüngen in der Leichtathletik (Hoch-, Weit-, Dreisprung) und im Volleyballspiel sowie beim leichtathletischen Sprint auf. Im Vergleich zur konzentrischen Kraftentfaltung ohne vorgehende exzentrische Muskelanspannung kann eine höhere Kraft erreicht werden. Es wird das biomechanische Prinzip der **Anfangskraft** (HOCHMUTH 1982, S. 190) genutzt. Höhere Kraftwerte entstehen allerdings nur bei einem schnellen Ablauf des Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus, d. h. bei geringem Zeitaufwand für die Dehnung und einer

schnellen Übergangsphase: Dehnung -Aufhebung der Dehnung-Verkürzung des Muskels durch konzentrische Kontraktion, wie z. B. bei Absprüngen und Ausholbewegungen. Dauert diese Phase jedoch zu lange, so verringert sich der potenzierende Effekt der Dehnungsphase. (VERCHOSHANSKI) 1995, S.60)

Die Ursachen der Verstärkung des Krafteinsatzes im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus bestehen einmal in der höheren Anfangsspannung der Muskulatur zu Beginn der konzentrischen Kontraktion, weil deren zentrale Innervation, reflektorisch verstärkt, bereits in der Bremsphase einsetzt. (MEINEL/SCHNABEL 1987, S. 95) Außerdem kann die bei der Dehnung des angespannten Muskels und der Abbremsung des Körpers entstehende Energie kurzzeitig in den elastischen Komponenten des Muskels und der Sehnen gespeichert und bei schnell einsetzender konzentrischer Kontraktion zu einem großen Teil wieder genutzt werden. (KOMI 1985)

Die Qualität des reaktiven Kraftverhaltens hängt vom Ausprägungsgrad der Maximalkraft, den elastischen Eigenschaften der beanspruchten Muskeln und den an ihnen befestigten Sehnen sowie vom Innervationsverhalten der Muskulatur ab (SCHMIDTBLEICHER/GOLLHOPFER, 1985)

Kraftausdauer

Allgemein und unspezifisch wird die Kraftausdauer als *Ermüdungswiderstandsfähigkeit* bei statischen und dynamischen Krafteinsätzen (mit mehr als 30% der Maximalkraft) bezeichnet.

Damit ist jedoch keine Festlegung auf Höhe und Dauer des Krafteinsatzes getroffen. Folgedessen wird aus trainingsmethodischen Gründen nach dem Kriterium "Größe des Krafteinsatzes" unterteilt in:

- **Maximalkraftausdauer** (auch: hochintensive Kraftausdauer): über 75% der Maximalkraft bei statischer und dynamischer Arbeitsweise.
- **(Submaximale) Kraftausdauer** (auch: mittelintensive Kraftausdauer): 75 - 50% der Maximalkraft bei dynamischer Arbeit, bis 30% bei statischer Arbeit.
- **(Aerobe) Kraftausdauer** (auch: Ausdauerkraft): 50 - 30% der Maximalkraft bei dynamischer Arbeitsweise.

In dieser Gliederung (nach Kraftgröße und Arbeitsweise) sind indirekt auch die unterschiedlichen Stoffwechsellvorgänge und damit typischen Zeitverhältnisse für Kraftausdauerleistungen berührt. Will man insgesamt dem Aspekt der Quantifizierung Rechnung tragen, so können die Definitionen für Kraftausdauer lauten:

Dynamische Kraftausdauer ist die Fähigkeit, bei einer bestimmten Wiederholungszahl von Kraftstößen (= Kraft mal Zeit) innerhalb eines definierten Zeitraums die Verringerung der Kraftstöße möglichst gering zu halten (nach MARTIN et al. 1991, 109).

Statische Kraftausdauer ist die Fähigkeit, bei einer bestimmten Muskelspannung (= statischen Kraft) über eine definierte Anspannungszeit den Spannungsverlust möglichst gering zu halten.