

# Krafttraining und Belastungsfähigkeit des Halte-Stützapparates

von *Bernd. A. Kasprzak*

Aus der Abteilung ÜJ [Traumatologie  
des Klinikums der  
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg  
(Ärztl. Direktor: Prof. Dr. A. Klümper)

## Einleitung

Die Entwicklung der Kraft ist die Voraussetzung für die Überwindung der Schwerkraft und zur Fortbewegung des Körpers. Dabei ist die maximal mögliche Kraftentwicklung genetisch prädestiniert. Die erblich fixierten Kraftkomponenten entwickeln sich jedoch nicht im Selbstlauf, sondern nur durch Training. Dabei sind genetisch zwei Muskelfasertypen zu unterscheiden, die eine besondere Leistungsfähigkeit für Ausdauerbelastungen (aerobe langsame Muskelfasern) oder für Schnellkraft und Maximalkraft (anaerobe schnelle Muskelfasern) entwickeln können. Ob es darüber hinaus noch einen dritten Muskelfasertyp mit bivalenten Eigenschaften gibt, kann noch nicht endgültig beantwortet werden. Diese erblichen Faktoren bedeuten eine besondere Veranlagung zu Spitzenleistungen auf den Gebieten der Kraftausdauer und der Schnellkraft sowie Maximalkraft in Abhängigkeit vom prozentualen Anteil der verschiedenen Muskelfasern.

Für die Erreichung von sportlichen Höchstleistungen sind natürlich noch andere Fähigkeiten und Eigenschaften notwendig.

Es gibt keine Sportart, in der die Kraft nicht einen leistungsbestimmenden Faktor darstellt. In Abhängigkeit von der Bedeutung der einzelnen Kraftformen für die entsprechende Sportart ist auch die Gefahr von Verletzungen in den einzelnen Sportarten unterschiedlich. Je größer die Bedeutung der Maximalkraft für den Athleten ist, um so größer wird auch die Gefahr von Verletzungen im Trainingsprozeß, wenn trainingsmethodische Fehler gemacht werden.

Die häufige Annahme, daß mit zunehmendem Krafttraining auch der Verschleiß von Knochen, Bändern und Gelenken ansteigt, kann eindeutig verneint werden. Wenn es derartige negative Beispiele gab oder gibt, so ist das ein Ausdruck schlechter Trainingsmethodik oder unzureichender sportmedizinischer Betreuung. Obwohl von Frauen im Durchschnitt nur 70 % der Kraftentwicklung im Vergleich zum männlichen Durchschnitt erreicht werden können, gilt diese Feststellung für das Krafttraining von Frauen und Männern gleichermaßen.

## Krafttraining im Kindes- und Jugendalter

Zu einer harmonischen Entwicklung des kindlichen Körpers gehört auch die Entwicklung der körperlichen Fähigkeit Kraft. In den Phasen eines verstärkten Längenwachstums ist ein physiologisches Krafttraining von besonderer Bedeutung, denn gerade in diesen Phasen ist die Gefahr eines muskulären Defizits besonders groß. Auch in der Schule, wo körperliche Inaktivität und statische Belastungen dominieren, wird diese Tendenz verstärkt und führt sehr häufig zu Haltungsfehlern und später zu Haltungsschäden. Nicht Schonung, sondern eine regelmäßige sportliche Belastung bewirkt eine Stabilisierung der Schwachpunkte des Halte-Stützapparates und hilft in diesen Entwicklungsphasen, spätere Schäden zu verhindern. Wenn der Begriff Schonung des Halte-Stützapparates im Kindesalter überhaupt eine Bedeutung hat, dann im Hinblick auf die Verringerung von statischen Belastungen. Diese sportmedizinische Position beginnt sich immer mehr durchzusetzen, was am Beispiel des Morbus Scheuermann demonstriert werden soll.

In früheren Jahren erhielt ein Sportler oder Patient mit Morbus Scheuermann ein absolutes Sportverbot und wurde im Gipsbett ruhiggestellt. Die Folge war die endgültige Fixierung des Rundrückens und damit die Manifestation eines Körperschadens. Gegenwärtig beginnt sich eine aktive Behandlung mit Gymnastik und der Verabreichung von Elektrolyten und Spurenelementen sowie Vitaminen immer mehr durchzusetzen, da die Behandlungsergebnisse entschieden besser sind.

Grundlage dieser Änderung der Behandlung ist nach *Klümper* der biologische Grundsatz: »Die Funktion erhält die Form und nicht umgekehrt«. Das bedeutet, daß sich die morphologischen Strukturen bei entsprechender Funktion durch Übung oder Training entwickeln; umgekehrt gehen optimale Strukturen durch fehlende Funktionen verloren.

Für die Entwicklung morphologischer Strukturen durch Adaptation benötigt der Körper natürlich einen bestimmten Zeitraum, der nicht unbeachtet bleiben darf.

Wird die Belastung zu schnell gesteigert, so kann das — wie bei der Inaktivität — ebenfalls zum Untergang von morphologischen Strukturen führen. Daher ist es eine der Hauptaufgaben einer leistungsfähigen Sportmedizin durch sportmedizinische Untersuchungen dem Trainer und Athleten eine richtige Trainingssteuerung zu ermöglichen

die eine optimale Leistungsentwicklung garantiert und einen Übertrainings- bzw. Unterforderungszustand vermeidet.

Eine Gefahr im Kinderleistungssport besteht nicht in der Durchführung eines physiologisch möglichen Krafttrainings, sondern in einer zu frühen Spezialisierung in verschiedenen Sportarten mit der Konsequenz einer einseitigen Belastung und einer Unterentwicklung der wichtigen Hilfsmuskulatur sowie in der Vernachlässigung der physischen Fähigkeiten Flexibilität, Koordination und Ausdauer. Die Entwicklung dieser physischen Fähigkeiten ist für spätere Jahre der Leistungssportdurchführung eine entscheidende Voraussetzung für die Vermeidung von Verletzungen des Halte-Stützapparates und der Muskulatur, für das schnelle und exakte Erlernen von neuen technischen Elementen und für eine hohe Belastungsfähigkeit bzw. schnelle Regenerationsfähigkeit im Trainingsprozeß.

Die Flexibilität ist im Kindesalter am besten entwickelt und bildet sich bereits im Vorschulalter ohne Training langsam zurück. Für die Erhaltung dieser physischen Fähigkeit kann daher nicht früh genug mit einem entsprechenden Training begonnen werden. Die koordinative Fähigkeit ist bereits mit 9—10 Jahren optimal entwicklungsfähig. Versäumnisse auf diesem Gebiet können im Erwachsenenalter nur teilweise nachgeholt werden. Die Ausdauerfähigkeit ist mit der Entwicklung des Herz-Kreislauf-Systems verbunden. Eine gute Entwicklungsfähigkeit besteht etwa ab dem 12. Lebensjahr mit dem Beginn der Kreislaufanpassungsfähigkeit durch die Regulation des Blutdrucks — zusätzlich zu der im früheren Alter allein möglichen Herzfrequenzanpassung an Belastungen. Eine optimale Kraftentwicklung ist erst mit dem Einsetzen der Pubertät und der damit verbundenen erhöhten hormonellen Androgenproduktion möglich. Ein optimales Krafttraining mit entsprechender Leistungsentwicklung ist also vor der Pubertät nur bedingt möglich. Trotzdem ist zur Vermeidung von Haltungsschäden und zur Heranführung an Krafttrainingsformen ein kindgemäßes Krafttraining durchaus empfehlenswert, auch wenn im Kindesalter die Erhaltung der Flexibilität und die Entwicklung des Koordinationsvermögens sowie der Ausdauer im Vordergrund stehen sollten.

Mit dem Einsetzen der Pubertät und dem Beginn des Jugendalters können Sportarten

mit hoher Kraftkomponente systematisch und zielgerichtet trainiert werden. Vorher sollte jedoch eine sportmedizinische Untersuchung des Halte-Stützapparates zur Erkennung oder zum Ausschluß von anatomischen Fehlformen erfolgen. Sportmedizinische Versäumnisse in diesem Zeitraum führen sehr häufig zu späteren Sportschäden beim Halte-Stützapparat, die bei Ausschluß dieser körperlichen Schwachstellen und bei systematischem und gezieltem Krafttraining mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit hätten vermieden werden können.

Die teilweise vertretene Meinung, daß es durch gezieltes Krafttraining in der Phase des pubertären Wachstumsschubes zu einem vorzeitigen Verschleiß der Wachstumsfugen, einer Epiphysiolyse oder zu Apophysenabrisen kommen kann, wird aufgrund unserer Erfahrungen nicht geteilt. Obwohl Gewichtheber zum Teil bereits mit 12 Jahren ein regelmäßiges Krafttraining absolvieren, ist es bei den von uns sportmedizinisch betreuten Gewichthebern im Verlauf von 20 Jahren nicht ein einziges Mal zu einer Epiphysiolyse oder zu einem Apophysenabriß gekommen. Demgegenüber können wir jedoch auf 26 Fälle von Epiphysiolyse bei 7 NichtSportlern, 12 S... 3 Fußballspielern sowie 4 Athleten aus anderen Sportarten wie Eiskunstlauf, Tischtennis und Tischtennis verweisen und gleichzeitig relativ zahlreiche Fälle von Sitzbeinapophysenabrisen bei Fußballspielern, Kunstturnern und Eiskunstläufern belegen. Im Gegensatz zu den Gewichthebern wurde in diesen Fällen jedoch kein systematisches und zielgerichtetes Krafttraining absolviert. In Auswertung unseres Patientengutes kann gezeigt werden, daß eine Gefährdung der Epiphysenfugen im Alter zwischen 13 und 17 Jahren besteht und wir die meisten derartigen Schäden im Alter von 14 bis 15 Jahren registrieren. Aus dem Auftreten von Epiphysiolysen auch bei Nichtsportlern und dem Fehlen derartigen Schäden bei optimal trainierenden Gewichthebern wird gefolgert, daß solche Schäden nicht als Folge eines sportlichen Krafttrainings betrachtet werden können, sondern eher das Gegenteil, nämlich ein Mangel an zielgerichtetem Krafttraining bei Turnern und Eiskunstläufern angenommen werden muß. Hinzukommen bei diesen Sportarten zum Teil extreme Stoß- und Stauchungsbelastungen, die nicht mit Krafttrainingsbelastungen verwechselt oder gleichgesetzt werden dürfen. Insbesondere diese von hohen Stoß- u. Stauchungsbelastungen ausgehenden Gefahren einer Verletzung des Halte-Stützapparates können im Trainingsprozeß durch ein zielgerichtetes Krafttraining wesentlich vermindert werden. Nach S... (3) werden die Epiphysenfugen als feiner Para-

meter eines intakten Stoffwechsels gesehen und ihre Schädigung als passagere Stoffwechselstörung mit verminderter Belastungsfähigkeit betrachtet. Unterstützt wird diese Betrachtungsweise von Jäger und Wirth (2) die pathogenetisch die atraumatische Gefügelockerung im epimetaphysären Grenzbereich maßgeblich ist und Traumen keinesfalls erforderlich sind. Aus dem bevorzugten Krankheitsbeginn während des präpuberalen Wachstumsschubes aus Hormonbestimmungen und wegen der Bevorzugung auffälliger Konstitutionstypen (Typus Adiposo-genitalis und eunuchoider Hochwuchs) folgern die Autoren (2), daß endokrine Faktoren eine wichtige Rolle spielen. Bestätigt wird diese



Abb. 1: Ablösung der Sitzbeinapophyse bei einem 14-jährigen Kunstturner



Abb. 2: Epiphysiolysis imminens der distalen Tibia mit unregelmäßiger Verbreiterung der Wachstumsfuge und bogenförmigen Defekten in der Ossifikationszone

Schlußfolgerung auch von Ö... (1), der Epiphysiolysen bei diencephal. hypopituitärer und hypogonadaler Stigmatisation sowie ein

wesentlich häufigeres Auftreten bei Knaben im Vergleich zu Mädchen beschreibt und gleichzeitig daraufhinweist, daß Epiphysiolysen nach der Menarche praktisch nicht mehr auftreten.

Diese Darlegungen zur Pathogenese der Epiphysiolysis sollen durch ein Beispiel aus unserem Patientengut verdeutlicht werden:

Ein 14-jähriger Turner (Landesjugendmeister) stellte sich wegen Beschwerden im Lendenwirbelbereich vor. Die Röntgenuntersuchung der LWS zeigte eine Knorpel-Verknöcherungsstörung im Sinne einer epimetaphysären Dysostose von BWK 12 und LWK 2. Eine in diesem Zusammenhang durchgeführte Röntgenuntersuchung als Beckenübersichtsaufnahme im Stehen zeigte einen Beckentiefstand und Beinverkürzung links von einem halben Zentimeter sowie einen Sitzbeinapophysenabriß links (Abb. 1). Trotz des deutlichen Röntgenbefundes im Bereich der Apophysenregion konnte der Athlet keine genauen anamnestischen Angaben über frühere Beschwerden in dieser Region machen. Gleichzeitig bestand ein Zustand nach Distorsion des li. Fußes mit Schrägfraktur des Fibulascaptes und Lockerung der distalen Tibiaepiphyse (Abb. 2). Diese Befunde deuteten auf eine systemische Knorpel-Verknöcherungsstörung hin. Es erfolgten Röntgenuntersuchungen des rechten oberen Sprunggelenkes beider Handgelenke und beider Schultergelenke. Die Ergebnisse der Untersuchung bestätigten unseren Verdacht einer systemischen Knorpel-Verknöcherungsstörung mit multipler Epiphysenlockerung u. Epiphysiolysis (Abb. 3-5). Es muß hinzugefügt werden, daß in den röntgenologisch dargestellten



Abb. 5: Keilförmige Verbreiterung der proximalen Wachstumsfuge des Humerus und unscharfe Konturierung der Ossifikationszone

Körperregionen zum Zeitpunkt der Untersuchung vom Athleten noch keine Beschwerden angegeben wurden. Diese Befunde sollen verdeutlichen, daß Sitzbeinapophysenabrisse



**Abb. 3: Typische Epiphysiolysis imminens des distalen Radius und der distalen Ulna links mit deutlicher Verbreiterung der Wachstumsfuge und Verbreiterung sowie unregelmäßiger Konturierung bzw. Defektbildung in der Ossifikationszone**

nicht nur lokal gesehen werden dürfen, sondern daß stets auch auf systemische Zusammenhänge geachtet werden muß. Es besteht sonst leicht die Gefahr einer Fehlbeurteilung der Pathogenese, und damit können falsche Voraussetzungen zu falschen Konsequenzen führen. Um sprachlich-fachliche Mißverständnisse auszuschließen, wird auf Rê<sup>+</sup>Wirth (2), Debrunner (1) und Pöschl/Diethelm (4) verwiesen, die eine Epiphysiolysis imminens (Erweichung) Epiphysiolysis incipiens (Frühstadium der Lösung) und eine Epiphysiolysis progrediens (Vollstadium der Lösung) unterscheiden.

Bei den 26 Patienten, die sich mit Schmerzen in den Gelenkregionen bei Belastung infolge einer Epiphysiolyse in unserer Ambulanz vorstellten, fand sich ausschließlich die Epiphysiolysis imminens. Zu einer der fortgeschrittenen Verlaufsformen kam es bei der



**Abb. 4: Epiphysiolysis imminens des distalen Radius und der distalen Ulna rechts (weniger deutlich ausgeprägt als links, vgl. Abb. 3)**

angegebenen konservativen Therapie nicht. Derartige fortgeschrittene Befunde sehen wir nur als Zufallsbefunde bei degenerativen Gelenkschäden.

Die Einleitung einer optimalen Therapie besteht in der oralen Medikation von verschiedenen Vitaminen und Mineralien. Hierbei handelt es sich nicht um eine diätetische Maßnahme oder mögliche therapeutische Zugabe, sondern um eine ernstzunehmende effektive Therapieform. Die Richtigkeit dieses Standpunktes soll am Beispiel eines weiteren 14jährigen Kunstturners demonstriert werden. Am 08. Februar stellt er sich wegen stechender Schmerzen beim Turnen — insbesondere in Stützphasen — im Bereich beider Unterarme u. Handgelenke (rechts stärker als links) in unserer Ambulanz vor. Die Beschwerden hatten vor einem halben Jahr begonnen und waren zunehmend stärker gewor-

den. Eine regelrechte Trainingsbelastung konnte trotz wiederholter Trainingspausen seit ca. zwei Monaten nicht mehr durchgeführt werden (Abb. 6). Der Athlet erhielt als orale Medikation tägl. 1000 mg Vitamin C, 10.000 IE Vitamin D2 (nach 3 Monaten 5000 IE D2) 1000 IE Vitamin ÖH 220 mg Vitamin E sowie Kalzium und Magnesium. Die Beschwerden der linken Hand waren nach ca. zwei Wochen und die an der rechten Hand nach ca. acht Wochen verschwunden. Der Athlet konnte nach vierwöchiger Vermeidung von Stützbelastungen zunehmend besser trainieren und war nach einem Vierteljahr wieder voll belastungsfähig und beschwerdefrei. Es erfolgte eine Röntgenkontrolle am 17.05. (Abb. 7), die diesen Befund bestätigte. Die orale Medikation wurde fortgeführt. Beschwerden traten trotz intensiven leistungssportlichen Trainings nicht mehr auf. Eine Röntgenkontrolle nach 11 Monaten zeigte eine Normalisierung des Befundes (Abb. 8).

Bei den so behandelten Athleten traten auch keine Rezidive in späteren Trainingsjahren auf.

#### **Gefahren und Prävention von Verletzungen beim Krafttraining**

Die optimal mögliche Kraftentwicklung eines Athleten kann nur durch einen Trainingsprozeß über mehrere Jahre erreicht werden. Erfolgt der Entwicklungsprozeß zu schnell, so kommt es zu einem Mißverhältnis zwischen der Belastungsfähigkeit von Muskeln Sehnen Bändern Gelenken und Knochen.



**Abb. 6 Anderer 14jähriger Kunstturner mit Epiphysiolysis imminens des distalen Radius (8.2.84)**



**Abb. 7 Deutliche Verschmälierung der Wachstumsfuge, Glättung und Verschmälierung der Ossifikationszone und somit Normalisierung sowie Stabilisierung**

(Kontrollaufnahme vom 17.5.84)



**Abb. 8 Vollständige Normalisierung der Epiphysenfuge sowie der Ossifikationszone (Kontrollaufnahme vom 22.1.85)**

und Verletzungen sind die Folge. Während sich die Muskulatur schnell entwickeln kann, laufen die Anpassungsvorgänge an Belastungen im Bereich des Sehnen-Bandapparates langsamer und im Bereich der Gelenke und der Knochen wesentlich langsamer ab. Ein zu forciertes oder einseitiges Training führt daher in den meisten Fällen zuerst zu Überlastungsschäden im Sehnen-Bandapparat und später an den Gelenken sowie im Knochenbereich. Beim Auftreten solcher Verletzungen genügt es nicht, wenn der Sportarzt derartige Schäden erfolgreich behandelt. Zur Prophylaxe dieser Verletzungen ist es unbedingt erforderlich, den Trainingsprozeß in Zusammenarbeit mit dem Trainer und Athleten zu verändern. Eine weitere Gefahr für das Auftreten von Verletzungen liegt im unterschiedlichen Anpassungsverhalten verschiedener Muskelgruppen begründet. So neigen die Beugermuskeln zur Verkürzung und die Streckermuskeln zur Abschwächung. Diese Erkenntnis bedingt für die Gestaltung des Trainings unterschiedliche Belastungsumfänge und Intensitäten für die Beuger- und Streckermuskeln. Das heißt, daß die Streckermuskeln wesentlich mehr trainiert werden müssen als die Beugermuskeln. Geschieht das nicht, so kann es zu einem erheblichen muskulären Ungleichgewicht kommen, und Muskelverletzungen sind die Folge. Die Verhütung solcher Muskelverletzungen durch Mißverhältnisse zwischen Beugern und Streckern, aber auch durch muskuläre Differenzen zwischen den Körperseiten, ist durch exakte Messung und den Vergleich der Kraftwerte an computergesteuerten Kraftmaschinen und ihre gezielte Veränderung möglich.

Ein wichtiger Gesichtspunkt beim Krafttraining ist die Erhaltung der Flexibilität. Das ist jedoch nicht einfach, da mit zunehmender Kraftentwicklung die Flexibilität abnimmt

und umgekehrt. Eine Abnahme der Flexibilität bedeutet jedoch eine zunehmende Verletzungsgefahr der Muskulatur. Durch tägliche Gymnastik muß dieser Tendenz energisch entgegengewirkt werden.

Die Gelenke und Bänder sind beim Krafttraining nicht automatisch mit höherwerdender Belastung mehr gefährdet. Ihre Gefährdung erhöht sich vielmehr bei häufigen Stoß- und Schlag- sowie statischen Belastungen. Bei Sportarten, bei denen derartige Belastungen verstärkt auftreten, ist es empfehlenswert, Kompensationstrainingsmaßnahmen durchzuführen. So sind leichte dynamische Belastungen wie z.B. lockerndes/entspannendes Radfahren, Schwimmen, Skilanglauf, Wandern oder Übungen mit geringen Gewichten sehr geeignet, die Regenerationsprozesse in den Gelenken zu fördern. Unabhängig davon sollten Sprung- und Stauchungsbelastungen im Trainingsprozeß nur in Ausnahmefällen auf hartem Grund durchgeführt werden, und das Springen mit Gewichten sowie die Verwendung von Gewichtswesten beim Sprungtraining ist aus sportmedizinischer Sicht verantwortungslos gegenüber der Gesundheit des Athleten.

In Sportarten mit einseitiger körperlicher Belastung ist es im Trainingsprozeß unbedingt erforderlich, beidseitig zu trainieren, um Fehlbelastungen des Halte-Stützapparates durch verstärkte einseitige Muskelentwicklung zu verhindern.

Nicht zuletzt soll noch auf die große Bedeutung einer guten Durchblutung der Muskulatur in Folge ausgeprägter Sauerstoffversorgung der Muskelfasern und eines stabilen venösen Rückflusses hingewiesen werden. Das bedeutet, daß auch in Sportarten mit vorwiegender Kraftkomponente ein regelmäßiges aerobes Ausdauertraining zur Stabilisierung des Kreislaufs erforderlich ist.

Zur erfolgreichen Durchführung von Krafttrainingsbelastungen gehören auch Maßnahmen zur Unterstützung der Regenerationsvorgänge:

- Aktive Erholung in Form einer lockeren Nachbelastung von ca. 20 Minuten Dauer nach jeder Trainingseinheit.
- Wärmebäder mit Zusatz von ätherischen Ölen nach intensiven Belastungen.
- Massagen, physiotherapeutische Maßnahmen.
- Sportlergerechte Ernährung.
- Gezielte zusätzliche Gabe von Vitaminen und Elektrolyten sowie Spurenelementen in besonders harten Trainingsphasen.

Gleichzeitig sind diese Maßnahmen zur Optimierung der Regenerationsvorgänge auch eine wichtige Prophylaxe von Verletzungen.

#### Literatur

1. Debrunner, H.U.: Orthopädisches Diagnostikum. Stuttgart: Thieme, 1982. S. 126
2. Jäger, M., Wirth C.J.: Praxis der Orthopädie. Stuttgart: Thieme, 1986, S. 924
3. Klümper, A.: Die Belastbarkeit des Knochens aus radiologischer Sicht. In: Cotta, H., H. Krahl, K. Steinbrück: Die Belastungstoleranz des Bewegungsapparates. Stuttgart: Thieme, 1980. S. 107-115
4. Pöschl, M., Diethelm L: Handbuch der medizinischen Radiologie: Teil 4: Röntgendiagnostik der Skeletterkrankungen. Berlin: Springer, 1971. S. 191.

Anschrift des Verfassers:

*Dr. med. Bend A. Kasprzak*  
*Abt. Sporttraumatologie*  
*Waldhofstr. 6*  
*An den Heilquellen 6*  
*D-7800 Freiburg i. Br.*