

# Krafttraining im Kindes- und Jugendalter

## Wirkungen, Anpassungsmechanismen und Empfehlungen

Während noch in den Achtzigerjahren von einem Krafttraining für Kinder und Jugendliche abgeraten wurde, betrachtet man es heutzutage auch in diesem Lebensalter als eine zentrale Komponente körperlicher Aktivität. In diesem Artikel werden wichtige Aspekte für eine sichere und effektive Trainingsgestaltung diskutiert und altersspezifische Anpassungen im neuromuskulären System infolge des Krafttrainings vorgestellt.

Olaf Prieske<sup>1</sup>, Melanie Lesinski<sup>1</sup>, Susi Kriemler<sup>2</sup>, Urs Granacher<sup>1</sup>

**Gute Anleitung und gut geschulte Trainer sind unabdingbar.**

**D**ie Anwendungsfelder des Krafttrainings sind vielfältig und reichen vom Leistungs- über den Breiten- und Fitnesssport bis in den Gesundheits- und Rehabilitationssport hinein. Ebenso vielfältig wie die Anwendungsfelder sind die Ziele des Krafttrainings in den unterschiedlichen Settings. Sie reichen von der Leistungsentwicklung, Körperformung, Sicherung der Belastungsverträglichkeit, Wiederherstellung körperlicher Funktionen bis zur Gesunderhaltung durch mehr Muskelkraft und -masse (1–3).

Für das Kindes- und Jugendalter haben Experten und Fachgesellschaften den gezielten Einsatz von Krafttrainingsmassnahmen insbesondere in den Siebziger- und Achtzigerjahren abgelehnt. Aufgrund intensiver Forschungsarbeit der vergangenen 30 Jahre erfuhr das Krafttraining mit Kindern und Jugendlichen zunehmend Akzeptanz aus der Wissenschaft und Trainingspraxis. Vor diesem Hintergrund werden im vorliegenden Artikel wichtige Aspekte für eine sichere und effektive Trainingsgestaltung beim Krafttraining mit Heranwachsenden mit dem Ziel der Leistungssteigerung und Gesunderhaltung diskutiert. Darüber hinaus werden altersspezifische Anpassungen im neuromuskulären System durch Krafttraining vorgestellt.

### Anfängliche Kritik gegen ein Krafttraining mit Kindern und Jugendlichen

Seit mehr als 50 Jahren beschäftigen sich Sportpraktiker und Sportwissenschaftler mit der Frage, ob und wie ein Krafttraining im Kindes- und Jugendalter sinnvoll eingesetzt werden kann. Während heute die Weltgesundheitsorganisation (WHO) das Krafttraining als eine essenzielle Massnahme in ihren Richtlinien zur körperlichen Aktivität für Kinder und Jugendliche ausweist (4), wurde der gezielte Einsatz von Kräftigungs-

übungen bei Heranwachsenden über viele Jahre hinweg von Experten und Fachgesellschaften (z.B. American Academy of Pediatrics) als nicht empfehlenswert erachtet (3, 5, 6).

Zum einen wurde lange Zeit argumentiert, dass aufgrund der unzureichenden Entwicklung des Stütz- und Bewegungsapparates von Kindern und seiner reduzierten Belastbarkeit im Jugendalter die Intensitäten eines Krafttrainings mit einem negativen Einfluss auf das Längenwachstum und einer erhöhten Verletzungsanfälligkeit der Epiphysenfugen, der Knochen und des Bindegewebes assoziiert seien (6–8). Die Bedenken über den Einsatz eines Krafttrainings bei Heranwachsenden beruhten dabei vorrangig auf retrospektiven Fallstudien (9–11). Zum Beispiel berichteten Ryan und Saliccioli (11) von einem 17-jährigen Jugendlichen, der bei der Übung «Military Press» (Schulterdrücken) ausrutschte und sich durch den Sturz eine bilaterale Fraktur der distalen Radiusepiphysen zuzog. In einer anderen Fallstudie verletzte sich ein 13-jähriger Junge ebenfalls die distalen Radiusepiphysen beim Schulterdrücken während des Trainings zu Hause in einem provisorischen Krafraum (10).

Diese Beispiele legen die Vermutung nahe, dass weniger das Krafttraining per se sondern eher Faktoren wie eine ungenaue Bewegungskorrektur, ungünstige Trainingslasten oder fehlende Supervision Ursache für trainingsbedingte Verletzungen sind. In Übereinstimmung mit dieser Annahme konstatieren Übersichtsartikel (6, 12) und eine Analyse von Daten aus amerikanischen Verbraucherschutzbefragungen (13), dass die Mehrzahl der Verletzungen im Krafttraining im Kindes- und Jugendalter durch verbesserte Supervision, adäquate Instruktionen und strengere Sicherheitsstandards vermieden werden können.

In diesem Zusammenhang verdeutlichen eigene Arbeiten, dass ein durch geschultes Personal angeleite-

<sup>1</sup>Abteilung für Trainings- und Bewegungswissenschaft der Universität Potsdam

<sup>2</sup>Institut für Epidemiologie, Biostatistik und Prävention der Universität Zürich

tes Krafttraining mit Kindern und Jugendlichen als sichere Trainingsmethode in unterschiedlichen Settings (z.B. Schulsport, Nachwuchsleistungssport) betrachtet werden kann (14–17). Darüber hinaus konnte in einer retrospektiven Studie zur Verletzungshäufigkeit bei Heranwachsenden gezeigt werden, dass die Verletzungsrate mit 0,012 Verletzungen pro 100 praktizierten Krafttrainingsstunden deutlich niedriger ist als in anderen Sportarten wie zum Beispiel Leichtathletik (0,03 Verletzungen pro 100 h) oder Fussball (0,14 Verletzungen pro 100 h) (18).

Ohnehin ist das postulierte Verletzungsrisiko durch hohe Belastungsspitzen bei einem Krafttraining für den sich entwickelnden Stütz- und Bewegungsapparat von Kindern und Jugendlichen zu relativieren: Im kindlichen Bewegungsalltag stellen Belastungen bis zu einem Vielfachen des eigenen Körpergewichts keine Seltenheit dar (z.B. bei Sprüngen, Landungen) und werden vom Bewegungsapparat problemlos toleriert (19–21). Studien nutzten gar im Rahmen von plyometrischen Trainingsprogrammen erfolgreich Sprungbelastungen mit maximalen Kraftwerten, die dem Fünf- bis Achtfachen des eigenen Körpergewichts entsprachen, um explizit das Knochenwachstum von Kindern und Jugendlichen zu stimulieren (22, 23). Demgegenüber stellen die Lasten im Krafttraining überwiegend nur einen Bruchteil des Körpergewichts dar.

Neben einem erhöhten Verletzungsrisiko wurde dem Krafttraining im Kindes- und Jugendalter insbesondere durch den Mangel an androgenen Hormonen (z.B. Testosteron) auch die Wirksamkeit und damit die Rechtfertigung durch Standesorganisationen und Fachgesellschaften abgesprochen (24). In der Tat konnten in frühen Studien aus den Siebziger- bis Achtzigerjahren keine oder nur geringfügige Kraftzuwachsrate durch ein Krafttraining bei den Heranwachsenden beobachtet werden (25–27). Jedoch werden bei genauerer Betrachtung dieser Studien erhebliche methodische Mängel offenbar. Es ist davon auszugehen, dass die gesetzten Trainingsreize möglicherweise nicht ausreichend waren (z.B. geringe Trainingsumfänge und/oder niedrige Trainingsintensitäten), um die gewünschten Leistungssteigerungen hervorzurufen (3).

## Wirkungen und Anpassungsmechanismen

Insbesondere seit den Achtzigerjahren ist eine Vielzahl von Studien zum Krafttraining mit Kindern und Jugendlichen verfügbar (*Abbildung 1*), die verschiedene Wirkungen von Krafttraining bei Heranwachsenden eindrücklich belegen. Die publizierten Arbeiten reichen von Expertenmeinungen über randomisierte kontrollierte Studien bis zu (systematischen) Übersichtsartikeln und Metaanalysen und decken damit die verschiedenen Ebenen der medizinischen Evidenzpyramide ab.

## Wirkungen auf Parameter der Muskelkraft und sportmotorischen Leistung

Heute ist gut belegt, dass ein Krafttraining mit Kindern und Jugendlichen sehr wohl Steigerungen der Kraft so-

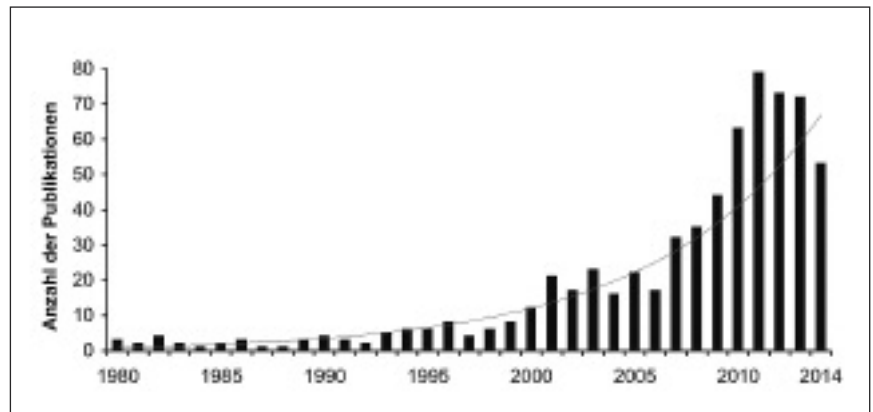


Abbildung 1: Anzahl der Publikationen zu Krafttrainingsprogrammen mit gesunden Kindern und Jugendlichen seit 1980 in der Online-Datenbank PubMed. Für die Suchstrategie kamen die Operatoren AND, OR und NOT sowie charakteristische MeSH-Terms (z.B. child, education, patients) zum Einsatz.

wie der körperlichen Leistungsfähigkeit in Sport und Freizeitaktivitäten bewirken kann, die über die reifebedingten Veränderungen hinausgehen (5, 14, 28–30). Auf der Grundlage von Ergebnissen aus Metaanalysen (höchste Evidenzstufe) geht hervor, dass ein altersgerechtes Krafttraining sowohl im präpubertären (Mädchen: 11–12 Jahre; Jungen: 13–14 Jahre) als auch im pubertären Alter (Mädchen: 12–18 Jahre; Jungen: 14–18 Jahre) zu Kraftsteigerungen im Bereich von 10 bis 40 Prozent führte (28, 21, 32). Einzelne Studien fanden sogar Kraftsteigerungsrate von 89 Prozent nach einem maschinenbasierten Krafttraining (33).

Diesbezüglich berichten Behringer und Kollegen (28) in ihrer Metaanalyse, dass die Effekte eines Krafttrainings bei Kindern und Jugendlichen zur Verbesserung des Kraftniveaus gegenüber einer vergleichbaren Kontrollgruppe als gross zu klassifizieren sind. Zu berücksichtigen sind hierbei jedoch Faktoren wie das biologische Alter, das Geschlecht, die Trainingsmethode, die Belastungsgestaltung (Häufigkeit, Intensität) oder die trainierten Muskelgruppen, die direkten Einfluss auf die entsprechenden Zuwachsrate haben können. Zum Beispiel untersuchten Pfeiffer und Francis (34) die Effekte eines fachmännisch angeleiteten Krafttrainings mit Maschinen und Freihanteln bei präpubertären, pubertären und postpubertären Jungen über einen Trainingszeitraum von 9 Wochen (3 Trainingseinheiten/Woche). Die Autoren fanden signifikant grössere Steigerungen der isokinetisch erfassten Drehmomente (Ellenbogenbeuger/-strecker und Kniebeuger/-strecker bei jeweils 30 und 120°/s) in den Trainings- gegenüber den Kontrollgruppen (10–21% vs. -10–4%). Zudem zeigten sich mit höherem Alter grössere absolute Kraftzuwächse. Die Steigerungsraten relativ zum Körpergewicht waren hingegen in den unterschiedlichen Altersgruppen vergleichbar. Hinsichtlich der Transferleistungen auf das alltägliche und sportliche Bewegungsverhalten im Kindes- und Jugendalter sind schliesslich Hinweise von verbesserten Lauf-, Sprung- und Wurfleistungen nach einem Krafttraining zu finden (29, 30).

**Bei Leichtathletik oder Fussball besteht ein höheres Verletzungsrisiko als beim Krafttraining.**



Abbildung 2: Die zentrale Rolle der (Maximal-)Kraft für Parameter der körperlichen Leistungsfähigkeit (mod. nach [46]; Fotos: Universität Potsdam [Mitte] und Fotolia.com)

### Wirkungen auf gesundheitsrelevante Parameter

Neben den Wirkungen von Krafttrainingsmassnahmen auf die Kraft und körperliche Leistungsfähigkeit sind vor allem auch gesundheitsförderliche Effekte bei Kindern und Jugendlichen in der Literatur zu finden. So ist inzwischen anerkannt, dass eine kontinuierliche Teilnahme von Heranwachsenden an angeleiteten Krafttrainingsprogrammen einen positiven Einfluss auf Knochengesundheit (Knochendichte), Körperzusammensetzung (Körperfettanteil), kardiovaskuläre Risikofaktoren (Blutdruck, Blutlipide) und das psychosoziale Wohlbefinden (Selbstkonzept, Selbstwertgefühl) hat (3, 5, 29, 35).

Darüber hinaus können sportlich engagierte Mädchen und Jungen auch aus verletzungspräventiver Perspektive von einem regelmässigen Krafttraining im Sinne einer Belastbarkeitssicherung profitieren (12). Tatsächlich tragen Nachwuchsathleten, die mehr Stunden in der Woche für ihr sportliches Training aufwenden als ihr kalendarisches Alter in Jahren beträgt, ein erhöhtes Verletzungsrisiko (36). Krafttraining wird hierbei als wichtige Massnahme angesehen, die Belastungsverträglichkeit nachhaltig zu sichern (37). Zum Beispiel demonstrieren Studien mit Nachwuchsathleten bedeutsame Reduktionen der Verletzungshäufigkeit über den Saisonverlauf in verschiedenen

Sportarten (z.B. Basketball, Fussball), wenn spezifische Kräftigungsübungen (z.B. Rumpfkraftigung, Sprungformen) entweder mittelfristig in der Vorbereitungsperiode oder langfristig im Rahmen der Aufwärmprogramme als Teil eines multimodalen Bewegungsprogramms integriert wurden (38–40). Zu beachten ist dabei, dass der Erfolg der verletzungspräventiven Massnahmen von der Compliance der Nachwuchsathleten abhängt (41). Bei Trainingsbeteiligungsraten unter 60 Prozent konnte beispielsweise kein präventiver Effekt des Krafttrainings auf die Verletzungsinzidenz festgestellt werden (42). Eine zusammenfassende Übersicht über die Auswirkungen von Krafttraining mit Kindern und Jugendlichen auf Komponenten der Leistungsfähigkeit und der Gesundheit ist in *Tabelle 1* dargestellt.

### Anpassungsmechanismen infolge von Krafttraining

Bezüglich der Mechanismen der Anpassung an ein kontinuierliches Krafttraining ist bekannt, dass bei Erwachsenen die Steigerung der Kräftigkeiten während der ersten 4 Wochen des Trainings primär auf neuronale Anpassungen (u.a. intra- und intermuskuläre Koordination) und dann zunehmend auf eine Vergrösserung der Muskelfaserquerschnittsfläche (Hypertrophie) zurückzuführen ist (43).

Diese Anpassungserscheinungen infolge von Krafttrainingsreizen stellen sich jedoch beim juvenilen neuromuskulären System in Qualität und Quantität offenbar anders dar. Ein entscheidender Aspekt ist die Verfügbarkeit des anabolen Hormons Testosteron, welches im Vergleich zu pubertierenden Jugendlichen oder Erwachsenen im präpubertären Organismus nur in geringem Mass zirkuliert (44). Im Allgemeinen werden trainingsbedingte Kraftsteigerungen im Kindes- und Jugendalter deshalb zu einem Grossteil neuronalen Anpassungen zugeschrieben, während auf rein muskulärer Ebene vermutlich nur geringe Adaptationen stattfinden (3, 5, 6, 44). Diesbezüglich konnten zum Beispiel Granacher et al. (14) zeigen, dass ein 10-wöchiges maschinenbasiertes Krafttrainingsprogramm für die unteren Extremitäten (2 Trainingseinheiten/Woche, 70–80% des Einer-Wiederholungs-Maximums) bei präpubertären Jungen und Mädchen zu einem statistisch signifikanten Zuwachs (12–19%) des maximalen isokinetischen Drehmoments (60 und 180°/s) der Kniestreck- beziehungsweise Kniebeugemusculatur geführt hat. Die Analyse der fettfreien Körpermasse des dominanten Beins und der Muskelquerschnittsfläche des M. quadriceps femoris mittels Magnetresonanztomografie zeigten jedoch keine signifikanten Veränderungen. Auch Ozmun et al. (45) fanden nach einem 8-wöchigen Krafttraining bei präpubertären Kindern signifikante Steigerungen der Kraft und Muskelaktivität der Ellenbogenflexoren, wohingegen Umfangmessungen des Oberarms keine Veränderungen ergaben.

### Krafttraining im Nachwuchsleistungssport

Unter Berücksichtigung der empirischen Befunde zum Krafttraining im Kindes- und Jugendalter sowie der physiologischen Voraussetzungen von Heranwachsenden postulierten Lloyd et al. (37) in einem aktuellen Überblicksbeitrag ein Modell zur Entwicklung der körperlichen Leistungsfähigkeit von speziell (leistungs-)sportlich engagierten Mädchen und Jungen, bei dem die Ausbildung der Kraft über alle Entwicklungsstufen hinweg (d.h. präpubertär, pubertär, postpubertal) eine grosse Bedeutung hat. Dieses Modell ist im Sinne des langfristigen Leistungsaufbaus (d.h. von der allgemeinen Grundausbildung bis zum Hochleistungstraining) für die systematische Vorbereitung von Nachwuchsathleten für spätere Höchstleistungen richtungsweisend. Das Niveau von Kraft und Schnellkraft scheint bei sportlich aktiven Kindern und Jugendlichen in vielen Sportarten eine zentrale Rolle der Leistungsfähigkeit einzunehmen (*Abbildung 2*), weshalb ein gezieltes Training dieser Komponenten als leistungsförderlich anzusehen ist (46).

Da gerade für diese spezielle Zielgruppe wesentliche Forschungsgrundlagen bezüglich alters-, geschlechts- und sportartspezifischer Belastungsnormative, der Inhalte der Krafttrainingsmassnahmen sowie der Validierung und Entwicklung von kraftdiagnostischen Verfahren fehlen, widmet sich zurzeit ein Expertenkonsortium an der Universität Potsdam der Entwicklung dieser Forschungsgrundlagen im Projekt «Krafttraining im Nachwuchsleistungssport (KINGS-Studie)» (47). Die

Tabelle 1:

### Auswirkungen des Krafttrainings mit Kindern und Jugendlichen auf Kraftdimensionen, Bewegungsfertigkeiten und Komponenten der Gesundheit

Komponente	Wirkung	Kinder	Jugendliche
Kraftdimensionen	Maximalkraft	↑	↑
	Schnellkraft	↑	↑
	Kraftausdauer	↑	?
	Sprungkraft	↑	↑
elementare Bewegungsfertigkeiten	Laufen (Sprint)	↑	↑
	Springen	↑	↑
	Werfen	↑	↑
sportartspezifische Bewegungsfertigkeiten	Baseball	?	↑
	Fussball	?	↑
	Handball	?	↑
	Schwimmen	?	↑
Verletzungsprävention	Verletzungsrate	↑	↑
Knochenstatus	Knochendichte	↑	↑
Körperzusammensetzung	Körperfettanteil	↑	↑
	Hautfaldendicke	↑	?
kardiovaskuläre Faktoren	Blutlipide	↑	↑
	Blutdruck	?	↑
psychosoziale Faktoren	Selbstkonzept	↔	↑
	Selbstwirksamkeit	↔	↑
	Selbstwertgefühl	?	↑

↑ = positive, signifikante Wirkung; ↔ = keine signifikante Wirkung; ? = fehlender Wirkungsnachweis; Angaben nach Mühlbauer et al. (3).

Tabelle 2:

### Entwicklungsphasen und Anpassungsmechanismen für ein Krafttraining mit sportlich aktiven Kindern und Jugendlichen

	Frühes Schulkindalter	Spätes Schulkindalter	Jugendalter
kalendarisches Alter	w: 6–9/10 Jahre m: 6–9/10 Jahre	w: 9/10–11 Jahre m: 9/10–13 Jahre	w: 12–18 Jahre m: 14–18 Jahre
biologisches Alter	Tanner: I	Tanner: I–II	Tanner: III–IV
Entwicklungsphase	präpubertär (vor PHV)	präpubertär (vor PHV)	pubertär (während PHV)
Etappen im langfristigen Leistungsaufbau	allgemeine Grundausbildung (6–9 Jahre)	Grundlagentraining (10–14 Jahre)	Aufbautraining (15–16 Jahre)
langfristiger Aufbau zur Kraftentwicklung	Kraftausdauertraining mit dem eigenen Körpergewicht und Zusatzgeräten (z.B. Medizinball)	spielerische Plyometrie*, Rumpfkrafttraining, Kraftausdauertraining mit dem eigenen Körpergewicht und Zusatzgeräten (z.B. Medizinball), Krafttraining unter Instabilität, Technik des Freihanteltrainings	Plyometrie (Tiefsprünge aus niedriger Höhe), Rumpfkrafttraining, Krafttraining unter Instabilität, Freihanteltraining mit leichten bis moderaten Lasten, exzentrisches Krafttraining, sportartspezifisches Krafttraining
trainingsbedingte Anpassungen	neuronal	neuronal	hormonell, neuronal, muskulär, tendinös

m = männlich; PHV = peak height velocity (Phase des schnellsten Längenwachstums); w = weiblich; \* unter Plyometrie wird die Durchführung von schnellkräftigen, reaktiven Übungen (z.B. Sprünge) verstanden.

**Krafttraining verbessert Faktoren wie Blutdruck, Lipidprofil und Knochendichte.**

entsprechenden Forschungsdefizite werden dabei von einem interdisziplinären, wissenschaftlichen Team in Kooperation mit ausseruniversitären Projektpartnern aus der Leistungssportpraxis über einen Zeitraum von 4 Jahren aufgearbeitet und in die Praxis transferiert. Aktuelle Informationen über Projekthinhalte und neue Erkenntnisse können auf einer eigenen Website ([www.uni-potsdam.de/krafttraining](http://www.uni-potsdam.de/krafttraining)) verfolgt werden. Basierend auf den Ergebnissen einer ersten Literaturanalyse können die für ein Krafttraining mit sportlich aktiven Kindern und Jugendlichen relevanten Entwicklungsphasen und die entsprechenden Anpassungsmechanismen differenziert werden (Tabelle 2). Im weiteren Projektverlauf gilt es, diesen Ansatz für den Nachwuchsleistungssport empirisch zu überprüfen.

### Empfehlungen zum Krafttraining mit Kindern und Jugendlichen

In der Literatur wird ein professionell betreutes und altersgerechtes Krafttraining mit Kindern und Jugendlichen als ungefährlich eingestuft (6, 12, 13). Dennoch können Verletzungen nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden. Datenbanken zu Verbraucherschutzbefragungen in den USA zeigen, dass zwischen 2002 und 2005 rund 47 Prozent der dokumentierten, krafttrainingsbedingten Verletzungen im Alter von 8 bis 18 Jahren auftraten (13). Interessant ist in diesem Zusammenhang die Tatsache, dass die Mehrzahl der berichteten Verletzungen in der Altersgruppe der

8- bis 13-Jährigen (77%) auf vermeidbare Unfälle zurückzuführen war. Rund zwei Drittel der Verletzungen konnten an Hand und Fuss lokalisiert werden, welche zumeist durch fallende Gewichte und Quetschungen hervorgerufen wurden. Mit zunehmendem Alter sank der Anteil der Unfälle mit Verletzungsfolge im Krafttraining kontinuierlich bis auf 27 Prozent in der Altersgruppe der 23- bis 30-Jährigen (13).

Schädigungen der Epiphysenfugen scheinen – wenn überhaupt – nur eine untergeordnete Rolle zu spielen. Die Epiphysenfugen könnten jedoch bei Sprung- und Landebelastungen mit einem Vielfachen des eigenen Körpergewichts einem höheren Risiko ausgesetzt sein (12). Nichtsdestoweniger ist stets die individuelle Belastungsverträglichkeit der Heranwachsenden zu beachten. Die Gestaltung der Krafttrainingsreize (z.B. Umfang, Intensität) sollte mit allen anderen Belastungen auf den Stütz- und Bewegungsapparat abgestimmt werden, um möglichen Überlastungsschäden frühzeitig vorzubeugen (12).

Die Effekte eines Krafttrainings werden bei Erwachsenen massgeblich von den belastungssteuernden Grössen Trainingsvolumen und -intensität bestimmt: Hohe Intensitäten und geringe Wiederholungszahlen erscheinen am effektivsten, um Muskeldickenwachstum (Hypertrophie) zu stimulieren und so die Kraft zu steigern. Geringe bis mittlere Lasten und höhere Wiederholungszahlen werden hingegen für die Entwicklung der Kraftausdauer empfohlen (2). Aufgrund der noch nicht vollständig ausgebildeten hormonellen Voraussetzungen für ein Muskeldickenwachstum scheint dieses Schema, welches Gültigkeit bei Erwachsenen besitzt, zumindest nur bedingt auf den heranwachsenden Organismus übertragbar zu sein. Tatsächlich fanden Faigenbaum et al. (48) grössere Steigerungsraten für Kraft und Kraftausdauer bei Kindern im präpubertären Alter von 5 bis 11 Jahren, wenn ein Krafttraining mit moderaten Intensitäten und höheren Wiederholungszahlen (13er- bis 15er-Wiederholungs-Maximum) durchgeführt wurde im Vergleich zu einem Training mit hohen Intensitäten und geringeren Wiederholungszahlen (6er- bis 8er-Wiederholungs-Maximum) sowie einer Kontrollgruppe.

Im weiteren Entwicklungsverlauf steigt vor allem bei pubertären männlichen Jugendlichen die Konzentration androgener Hormon, sodass bei dieser Zielgruppe unter Beachtung einer guten Bewegungstechnik zunehmend auch Hypertrophiemethoden einfließen können (Tabelle 3). Die Aufnahme eines regelmässigen Krafttrainings sollte allerdings erst dann erfolgen, wenn die Kinder den Instruktionen des Trainers folgen können und den Trainingsbelastungen gewachsen sind (ab einem Alter von ca. 5–6 Jahren) (5, 29).

Zur Umsetzung des Krafttrainings mit Kindern und Jugendlichen kommen Krafttrainingsgeräte, Freihanteln, Zusatzgeräte (z.B. Medizinball, Elastikband, Balance Pad) und das eigene Körpergewicht infrage, welche alle als sicher eingestuft werden können (3). Der Vorteil des maschinengestützten Trainings liegt in der exakten Belastungsdosierung und in der für Anfänger einfachen Umsetzung der Bewegungskoordination. Nachteilig sind der hohe Betreuungsaufwand, die teuren Anschaffungskosten und die zum Teil feh-

Tabelle 3:

#### Allgemeine Empfehlungen zur Belastungsgestaltung für das Krafttraining mit Kindern und Jugendlichen

Belastungs-normative	Empfehlungen für das Kindesalter (Präpubeszenz)	Empfehlungen für das Jugendalter (Pubeszenz)
Umfang	4–12 Wochen (optimal 8 Wochen) ca. 30 min pro Trainingseinheit 6–8 Übungen pro Trainingseinheit 1 Serie mit 15–20 Wiederholungen	4–12 Wochen (je nach Zielsetzung des Trainings) ca. 45 min pro Trainingseinheit 8–10 Übungen pro Trainingseinheit 1–3 Serien mit 6 bis 20 Wiederholungen (je nach Zielsetzung)
Serienpause	keine Angaben	1–2 min (je nach Zielsetzung)
Häufigkeit	1–2 Trainingseinheiten pro Woche	2–3 Trainingseinheiten pro Woche
Intensität	Regulierung über die maximale Wiederholungszahl (15–20 RM) oder: Regulierung über das subjektive Belastungsempfinden. Nach Faigenbaum et al. (12) sollten Kinder auf einer Skala von 1–10 den Wert 6 angeben. Progression zuerst über die Wiederholungszahl, dann über die Serienzahl und schliesslich über die Lasterhöhung. Die Intensität sollte 14-tägig angepasst werden.	Regulierung über die maximale Wiederholungszahl (15–20 RM) oder: Regulierung über das subjektive Belastungsempfinden. Nach Faigenbaum et al. (12) sollten Jugendliche auf einer Skala von 1–10 den Wert 7 angeben. Oder: Regulierung über das 1 RM im Leistungssport. Progression zuerst über die Wiederholungszahl, dann über die Serienzahl und schliesslich über die Lasterhöhung.
Bewegungsgeschwindigkeit	langsam bis moderat	langsam bis moderat, im Leistungssport auch schnell bei kontrollierter Technik

min = Minuten; RM = repetition maximum oder Einer-Wiederholungs-Maximum (d.h. Last, die nur einmal zur Hochstrecke gebracht wird); Angaben nach Granacher et al. (51).

lenden Möglichkeiten einer Einstellung der Geräte für Kinder.

Durch den Einsatz von Freihanteln kann das Krafttraining ebenfalls gut gesteuert werden. Die Bewegungsausführung stellt einen erhöhten koordinativen Anspruch und besitzt somit eine grosse funktionelle Relevanz. Deshalb erscheinen diese Geräte für den Einstieg ungeeignet und sind eher für Fortgeschrittene oder für Experten zu empfehlen. Die Bewegungsausführung gilt es im Vorfeld über ein entsprechendes Techniktraining systematisch vorzubereiten (49).

Das Training mit dem eigenen Körpergewicht kann mit geringem materiellem und finanziellem Aufwand durchgeführt werden. Nachteilig ist die schwer zu kontrollierende Belastungsdosierung. Bezüglich der Verwendung von Zusatzgeräten im Krafttraining werden bei Kindern und Jugendlichen insbesondere instabile Unterlagen wie zum Beispiel Balance Pads oder Wackelbretter empfohlen, da Gleichgewicht und Koordination bei den Heranwachsenden noch nicht vollständig entwickelt sind (50). Auch diese Geräte sind erst bei Kindern mit Vorerfahrungen angezeigt. Wichtige Hilfestellungen können dabei die neuen Medien durch mobile Apps (z.B. Get Set, Gym Goal 2, Nike Training Club, activitieschool) bieten. Als Handlungsorientierung für eine methodisch sinnvolle Gestaltung von Krafttrainingsmassnahmen mit Kindern und Jugendlichen sollten die folgenden Expertenempfehlungen beachtet werden (3):

- Erst leichte, dann schwere Widerstände verwenden.
- Erst Einsatztraining, dann Mehrsatztraining.
- Erst die Armmuskulatur, dann die Bein-/Rumpfmuskulatur trainieren.
- Erst grosse, dann kleine Muskelgruppen trainieren.
- Erst mehrgelenkige, dann eingelenkige Übungen ausführen.
- Koordinativ herausfordernde Übungen zu Beginn einer Trainingseinheit (d.h. im ermüdungsfreien Zustand) durchführen.
- Eine ausgeglichene Übungsverteilung (z.B. Training der Beinstrecker und Beinbeuger) vornehmen.

#### Korrespondenzadresse:

Dr. Olaf Prieske  
 Universität Potsdam  
 Forschungsschwerpunkt Kognitionswissenschaften  
 Abteilung für Trainings- und Bewegungswissenschaften  
 Am Neuen Palais 10, Haus 12  
 D-14469 Potsdam  
 E-Mail: prieske@uni-potsdam.de

#### Literatur:

1. Boeckh-Behrens W, Buskies W: Fitness-Krafttraining: Die besten Übungen und Methoden für Sport und Gesundheit. 12. Aufl., Reinbek bei Hamburg, Rowohlt-Taschenbuch-Verlag 2008.
2. Fleck SJ, Kraemer WJ: Designing resistance training programs. In: 3rd ed. Champaign IL: Human kinetics 2004.
3. Mühlbauer T et al.: Krafttraining mit Kindern und Jugendlichen: Praktische Umsetzung und theoretische Grundlagen. Schorndorf, Hofmann-Verlag 2013.
4. World Health Organization: Global recommendations on physical activity for health. Geneva, Switzerland, World Health Organization, 2010.
5. Faigenbaum AD et al.: Youth resistance training: updated position statement paper from the national strength and conditioning association. *J Strength Cond Res* 2009; 23(5 Suppl): S60–79.

6. Malina RM: Weight training in youth-growth, maturation, and safety: an evidence-based review. *Clin J Sports Med* 2006; 16 (6): 478–487.
7. Risser WL: Weight-training injuries in children and adolescents. *Am Fam Physician* 1991; 44 (6): 2104–2108.
8. Faigenbaum AD et al.: Injury trends and prevention in youth resistance training. *Strength Cond J* 2011; 33 (3): 36–41.
9. Engel A: Epiphysenlösung der distalen Radiusepiphyse beim Gewichtheben. *Sportverl Sportschad* 1987; 1 (4): 229–230.
10. Jenkins NH, Mintowt-Czyz WJ: Bilateral fracture-separations of the distal radial epiphyses during weight-lifting. *Br J Sports Med* 1986; 20 (2): 72–73.
11. Ryan JR, Saliccioli GG: Fractures of the distal radial epiphysis in adolescent weight lifters. *Am J Sports Med* 1976; 4 (1): 26–27.
12. Faigenbaum AD, Myer GD: Resistance training among young athletes: safety, efficacy and injury prevention effects. *Br J Sports Med* 2010; 44 (1): 56–63.
13. Myer GD et al.: Youth versus adult «weightlifting» injuries presenting to United States emergency rooms: accidental versus nonaccidental injury mechanisms. *J Strength Cond Res* 2009; 23 (7): 2054–2060.
14. Granacher U et al.: Effects and mechanisms of strength training in children. *Int J Sports Med* 2011; 32 (5): 357–364.
15. Granacher U et al.: Promoting strength and balance in adolescents during physical education: effects of a short-term resistance training. *J Strength Cond Res* 2011; 25 (4): 940–949.
16. Granacher U et al.: The role of instability with plyometric training in sub-elite adolescent soccer players. *Int J Sports Med* 2015; 36 (5): 386–394.
17. Prieske O et al.: Neuromuscular and athletic performance following core strength training in elite youth soccer: Role of instability. *Scand J Med Sci Sports* 2015. online first 6 jan 2015, doi:10.1111/sms.12403
18. Hamill BP: Relative safety of weightlifting and weight training. *J Strength Cond Res* 1994; 8 (1): 53–57.
19. McKay H et al.: Ground reaction forces associated with an effective elementary school based jumping intervention. *Br J Sports Med* 2005; 39 (1): 10–14.
20. Bates NA et al.: Impact differences in ground reaction force and center of mass between the first and second landing phases of a drop vertical jump and their implications for injury risk assessment. *J Biomech* 2013; 46 (7): 1237–1241.
21. Lazaridis SN et al.: Biomechanical comparison in different jumping tasks between untrained boys and men. *Pediatr Exerc Sci* 2013; 25 (1): 101–113.
22. Fuchs RK, Bauer JJ, Snow CM: Jumping improves hip and lumbar spine bone mass in prepubescent children: a randomized controlled trial. *J Bone Miner Res* 2001; 16 (1): 148–156.
23. McKay HA et al.: «Bounce at the Bell»: a novel program of short bouts of exercise improves proximal femur bone mass in early pubertal children. *Br J Sports Med* 2005; 39 (8): 521–526.
24. American Academy of Pediatrics: Weight training and weight lifting: information for the pediatrician. *Phys Sports Med* 1983; 11 (3): 157–161.
25. Kirsten G: Der Einfluss isometrischen Muskeltrainings auf die Entwicklung der Muskelkraft Jugendlicher. *Int Z Ang Physiol Einschl Arbeitsphysiol* 1963; 19: 387–402.
26. Vrijens J: Muscle strength development in the pre- and post-pubescent age. *Med Sport* 1978; 11: 152–158.
27. Docherty D et al.: The effects of variable speed resistance training on strength development in prepubertal boys. *Journal of Human Movement Studies* 1987; 13: 377–382.
28. Behringer M et al.: Effects of resistance training in children and adolescents: a meta-analysis. *Pediatrics* 2010; 126 (5): e1199–1210.
29. Lloyd RS et al.: Position statement on youth resistance training: the 2014 International Consensus. *Br J Sports Med* 2014; 48 (7): 498–505.
30. Behringer M et al.: Effects of strength training on motor performance skills in children and adolescents: a meta-analysis. *Pediatr Exerc Sci* 2011; 23 (2): 186–206.
31. Falk B, Tenenbaum G: The effectiveness of resistance training in children. A meta-analysis. *Sports Med* 1996; 22 (3): 176–186.
32. Payne VG et al.: Resistance training in children and youth: a meta-analysis. *Res Q Exerc Sport* 1997; 68 (1): 80–88.
33. Yuktasir B, Tuncel F: Comparison of weight training methods: a comparison of the two progressive weight training methods of leg strength in high school boys. *New Stud Athl* 1998; 13 (1): 41–45.
34. Pfeiffer RD, Francis RS: Effects of strength training on muscle development in prepubescent, pubescent, and postpubescent males. *Phys Sports Med* 1986; 14 (9): 134–139.
35. Faigenbaum AD: State of the art reviews: resistance training for children and adolescents: are There Health Outcomes? *Am J Lifestyle Med* 2007; 1(3): 190–200.
36. Jayanthi NA et al.: Sports-specialized intensive training and the risk of injury in young athletes: a clinical case-control study. *Am J Sports Med* 2015; 43(4): 794–801.
37. Lloyd RS et al.: Long-term athletic development- part 1: a pathway for all youth. *J Strength Cond Res* 2015; 29(5): 1439-1450.

**Krafttraining  
 ist auch  
 Verletzungs-  
 prävention.**

38. Hewett TE et al.: The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes. A prospective study. *Am J Sports Med* 1999; 27 (6): 699–706.
39. Soligard T et al.: Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomised controlled trial. *BMJ* 2008; 337: a2469.
40. Heidt RS et al.: Avoidance of soccer injuries with preseason conditioning. *Am J Sports Med* 2000; 28 (5): 659–662.
41. Steffen K et al.: High adherence to a neuromuscular injury prevention programme (FIFA 11+) improves functional balance and reduces injury risk in Canadian youth female football players: a cluster randomised trial. *Br J Sports Med* 2013; 47 (12): 794–802.
42. Steffen K et al.: Preventing injuries in female youth football – a cluster-randomized controlled trial. *Scand J Med Sci Sports*. 2008;18 (5): 605–614.
43. Moritani T, deVries HA. Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *Am J Phys Med* 1979; 58 (3): 115–130.
44. Kraemer WJ et al.: Resistance training and youth. *Pediatr Exerc Sci* 1989; 1: 336–350.
45. Ozmun JC, Mikesky AE, Surburg PR: Neuromuscular adaptations following prepubescent strength training. *Med Sci Sports Exerc* 1994; 26 (4): 510–514.
46. Faigenbaum AD et al.: Citius, altius, fortius: beneficial effects of resistance training for young athletes. *Br J Sports Med* 2015; online first 18 June 2015, doi:10.1136/bjsports-2015-094621.
47. Granacher U: WWL-Projekt Krafttraining im Nachwuchsleistungssport (KINGS-Studie). *Leistungssport*. 2015; 45 (2): 36–38.
48. Faigenbaum AD et al.: The effects of different resistance training protocols on muscular strength and endurance development in children. *Pediatrics*. 1999; 104 (1): e5.
49. Zawieja M, Oltmanns K: *Kinder lernen Krafttraining*. Münster, Philippka-Sportverlag, 2011.
50. Behm DG, Colado-Sanchez JC: Instability Resistance Training Across the Exercise Continuum. *Sports Health* 2013; 5 (6): 500–503.
51. Granacher U et al.: Neuromuskuläre Auswirkungen von Krafttraining im Kindes- und Jugendalter: Hinweise für die Trainingspraxis. *Dtsch Z Sportmed* 2009; 60 (2): 41–49.