

Wirth K, Sander A, Keiner M, Schmidtbleicher D

# Leistungsfähigkeit im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus sportlich aktiver und inaktiver Kinder und Jugendlicher

*Stretch-Shortening-Cycle Performance of Active and Inactive Children and Adolescents*

Institut für Sportwissenschaften, Goethe-Universität Frankfurt am Main

## ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Untersuchung wurde die Leistungsfähigkeit im schnellen und langsamen Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (DVZ) bei männlichen untrainierten Kindern und Jugendlichen erfasst. Die Daten wurden mit Fußball spielenden Heranwachsenden entsprechenden Alters verglichen. Die Kinder und Jugendlichen ( $n = 452$ ) waren im Alter zwischen 9 und 18 Jahren. Die Gesamtstichprobe wurde in fünf Altersgruppen aufgeteilt. Für die Datenanalyse wurden jeweils zwei Jahrgänge zusammengefasst. Für die Gruppen mit den Fußball spielenden Kindern und Jugendlichen wurde eine weitere Unterteilung vorgenommen. Unterschieden wurde zwischen Fußballspielern, die zusätzlich zu ihrem Fußballtraining ein begleitendes Krafttraining durchführten und denen, die dies nicht taten. Analysiert wurde die Leistungsfähigkeit im Drop Jump (DJ) aus unterschiedlichen Höhen (16, 24, 32, 40 und 48 cm), Squat Jump (SJ), Countermovement Jump (CMJ) und im 30-m-Sprint. Die Analyse der Ergebnisse ergab für fast alle Gruppenvergleiche eine signifikant ( $p < 0,05$ ) größere Leistungsfähigkeit der Gruppen, die Fußball spielten gegenüber der Gruppe, die aus untrainierten Kindern bestand. Ferner liefern eine Vielzahl von Vergleichen zwischen den Fußball spielenden Gruppen Hinweise dafür, dass ein zusätzlich zum Fußballtraining durchgeführtes Krafttraining einen positiven Effekt auf die Leistungsfähigkeit in den erfassten Parametern haben kann. Insbesondere bei der Erfassung der Leistungsfähigkeit im schnellen DVZ zeigten sich bei den untrainierten Kindern und Jugendlichen große Defizite.

**Schlüsselwörter:** Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus, Schnellkraft, Fußball, Krafttraining.

## SUMMARY

In this investigation, the stretch-shortening cycle (SSC) performance of untrained male children and juveniles was measured and compared to that of soccer-playing children of equivalent age. The subjects were between 9 and 18 years old. Five age cohorts were formed. Every cohort consisted of two adjacent ages. The groups including the soccer-playing children was again divided in subgroups of subjects who only play soccer and participants who performed an additional strength training program. SSC performance capacity was tested with drop jumps from different heights (16, 24, 32, 40 and 48 cm), squat jumps, countermovement jumps and a 30-m sprint. Nearly all comparisons between untrained and soccer-playing subjects showed a significant ( $p < 0.05$ ) difference. Furthermore, an additional strength training program led to a significantly greater SSC performance capacity in most of the tests compared to just playing soccer. Finally, it should be pointed out that the SSC performance of the untrained children was very low especially in the drop jump. Just playing soccer increased the SSC performance in children significantly. Implementing a strength training program into soccer training might have a positive effect on SSC performance even in the youngest cohort (9-10 yrs).

**Key Words:** Stretch-shortening-cycle, power, soccer, strength training.

## EINLEITUNG

Im Rahmen der Klassifizierung der Kraftfähigkeiten findet in der Literatur häufig eine Einteilung in statisches und dynamisches Kraftverhalten bzw. in die unterschiedlichen muskulären Arbeitsweisen (20, 26) statt. Betrachtet man sich hingegen die im Alltag am häufigsten vorzufindende Art der muskulären Arbeitsweise, so ist dies in der Regel eine Kombination aus exzentrischer und konzentrischer Arbeitsweise, die direkt aufeinander folgen, wie dies zum Beispiel beim Laufen bei der Arbeit der Plantarflexoren der Fall ist. Besonders für die untere Extremität bildet eine isolierte Arbeitsweise der Muskulatur in einer der drei Kontraktionsformen sowohl im Alltag, als auch in einer Vielzahl von Sportarten eine eher untergeordnete Rolle. Die Kombination beider muskulären Arbeitsweisen wird Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (DVZ) oder auch „reaktives Kraftverhalten“ genannt. Die Besonderheit der Arbeit im DVZ liegt in einer Leistungspotenzierung in der konzentrischen Phase der Bewegung. Diese entsteht durch eine Speicherung von Energie in

den bindegewebigen Strukturen des tendomuskulären Systems. Dies betrifft vor allem die Sehnen an Ursprung und Ansatz eines Muskels, und der Verstärkung der muskulären Aktivierung über den in der exzentrischen Phase der Bewegung ausgelösten monosynaptischen Dehnungsreflex (16). Das Ausmaß dieses leistungspotenzierenden Effekts wird jedoch stark von der muskulären Aktivität in der exzentrischen Phase (22) und der Bewegungsgeschwindigkeit in der Umkehrphase der Bewegung (21) beeinflusst. Dies führt dazu, dass in der Literatur zum Teil zwischen einem schnellen (z.B. Sprint, Drop Jump) und einem langsamen DVZ (z.B. Countermovement Jump) unterschieden wird (28). Vor allem in Sportarten in denen Sprints und Sprünge von besonderer Bedeutung sind, stellt die neuromuskuläre Arbeit im DVZ einen leistungsdeterminierenden Faktor dar. Zusammenfassend muss konstatiert werden, dass die neuromuskuläre Arbeit im DVZ sowohl für die alltägliche Fortbewegung und insbesondere im Sport von großer Bedeutung ist.

Vor dem Hintergrund einer wachsenden Zahl von Studien, die eine Abnahme der körperlichen Leistungsfähigkeit bei Kindern und

Jugendlichen feststellen (4, 13, 27), stellt sich die Frage, wie die heutige Leistungsfähigkeit im Bereich des reaktiven Kraftverhaltens bei Kindern und Jugendlichen einzuschätzen ist. Es ist allerdings anzumerken, dass die Datenlage diesbezüglich nicht eindeutig ist, wie eine Metaanalyse von Tomkinson (32) verdeutlicht. Zunehmende körperlich Inaktivität und eine über die letzten Jahrzehnte hinweg steigende Prävalenz von Übergewicht und Adipositas in dieser Altersgruppe (19, 29, 33) lassen vermuten, dass diese Entwicklungen langfristig einen negativen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit im schnellen und langsamen DVZ haben werden.

### Problem und Zielstellung

Betrachtet man sich die wissenschaftliche Datenlage, so existieren kaum Referenzwerte an Hand derer sich eine Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Kindern und Jugendlichen im DVZ herleiten lässt. Dies betrifft nicht die Existenz von in Querschnittstudien erhobenen Sprint und Sprungdaten, sondern viel mehr die Vergleichsdaten sportlich aktiver Kinder und Jugendlicher, die benötigt werden, um die Leistungsfähigkeit untrainierter Kinder und Jugendlicher besser beurteilen zu können.

Die vorliegende Untersuchung hat zum Ziel die Leistungsfähigkeit im DVZ im Rahmen stark von der Schnellkraft abhängiger sportmotorischer Tests bei Kindern und Jugendlichen zu evaluieren. Dies erfolgt unter besonderer Berücksichtigung des Unterschiedes zwischen im Sportverein organisierten Kinder und Jugendlichen, deren sportliche Aktivität bereits einen leistungssportlichen Charakter besitzt, und denen, deren körperliche Aktivität sich auf den Schulsport beschränkt bzw. denen, die außerschulischen sportlichen Aktivitäten nur in sehr geringem Maße nachgehen. Aus den Daten soll ersichtlich werden, auf welchem Niveau sich eher untrainierte Kinder und Jugendliche bzgl. ihrer Leistungsfähigkeit im DVZ befinden. Zur besseren Beurteilung des Leistungsvermögens werden in dieser Studie Kinder und Jugendliche, die die Sportart Fußball betreiben zur Analyse herangezogen. Ferner wird berücksichtigt, ob neben dem Betreiben der Sportart Fußball ein Krafttraining durchgeführt wird.

### MATERIAL UND METHODEN

An der Untersuchung nahmen männliche Kinder und Jugendliche im Alter zwischen 10 und 19 Jahren teil (Jahrgänge 1991-2000; n=452). Die Gesamtstichprobe wurde in drei Gruppen aufgeteilt. Die erste Gruppe (US=untrainierte Schüler) bestand ausschließlich aus Schülern einer Gesamtschule, deren außerschulische sportliche Aktivitäten bei weniger als zwei Stunden pro Woche lagen. Das Belastungsvolumen von zwei Stunden wurde gewählt, da beinahe alle Schüler angaben, in ihrer Freizeit sportlich aktiv zu sein. Volumen und Art der sportlichen Aktivitäten wurden im Vorfeld der sportmotorischen Tests mittels Befragung durch den Untersuchungsleiter festgestellt. Die zweite und die dritte Gruppe bildeten Kinder und Jugendliche, die in den Mannschaftsportart Fußball aktiv waren und ein Minimum von fünf Stunden Vereins-training pro Woche durchführten.

Für die Erfassung des Belastungsvolumens wurden die Angaben der jeweiligen Trainer über Trainingshäufigkeit und -dauer herangezogen. Der Unterschied zwischen der zweiten (F=Fußball) und der dritten Gruppe lag in den zusätzlich ein- bis zweimal wöchentlich durchgeführten Krafttrainings- bzw. Athletikeinheiten

der dritten Gruppe (FK=Fußball und Krafttraining). Die Durchführung des Krafttrainings sorgte in der Gruppe FK für ein in Abhängigkeit vom Alter im Mittel ein bis zwei Stunden höheres Trainingsvolumen pro Woche im Vergleich zu der zweiten Gruppe (F=Fußball). Bei der Datenanalyse wurden jeweils, die zu dem Zeitpunkt der Untersuchung in einer Jugend (A-, B-, C-, D-Jugend) zusammen spielenden und trainierenden Sportler, zu jeweils einer Gruppe zusammengefasst, da Trainingsvolumen und -inhalte innerhalb dieser Gruppen am besten übereinstimmten.

Das Krafttraining bestand bei den Kindern der E-Jugend aus einem 2x20 Minuten dauernden Trainingskomplex, der sich aus unterschiedlichen Sprung- und Sprintformen und Übungen für die Rumpfkraftigung zusammensetzte. Die Kinder der D-Jugend führten einmal pro Woche eine Trainingseinheit mit unterschiedlichen Übungen aus den Bereichen Sprung, Sprint und Arbeit mit dem Medizinball durch (Athletikeinheit). In diesen beiden Altersgruppen wurde nicht mit einem festgesetzten Programm gearbeitet, sondern die Übungsauswahl variabel gehalten. Hinzu kam eine Krafttrainingseinheit mit Hanteltraining, deren Schwerpunkt die Schulung der richtigen Hebetekniken bildete, mit einer geringen, jedoch kontinuierlichen Steigerung der Lasten im Laufe des Trainingsprozesses. Hierbei waren die Trainingsübungen Reißkniebeuge, Nackenkniebeuge oder Frontkniebeuge, Kreuzheben oder vorgebeugtes Rudern und Bankdrücken Inhalt der Krafttrainingseinheit.

Im Anschluss an zwei Aufwärmserien wurden drei Serien mit zehn Wiederholungen und einer interseriellen Pause drei Minuten durchgeführt. Die Steigerung der Lasten erfolgte hierbei in Abhängigkeit von der Ausführungsqualität der Krafttrainingsübung. Alle anderen Jahrgänge führten zweimal pro Woche ein Krafttraining und einmal pro Woche eine Trainingseinheit bestehend aus Sprüngen, Sprints und Medizinballarbeit durch.

Alle Kinder und Jugendliche dieser Gruppe mussten auf mindestens ein Jahr Krafttrainingserfahrung haben, um in die Auswertung zu gelangen. Neben dem Vergleich der drei Gruppen werden die Ergebnisse Referenzwerten (REF) gegenüber gestellt, die aus Diagnosen mit Leistungssportlern anderer Sportarten (zumeist Leichtathleten; Erhebungszeitraum zwischen 1995 und 2010) stammen. Diese Diagnosedaten sind nicht als im Nachwuchsleistungssport existierende Durchschnittswerte zu verstehen, sondern als Orientierungswerte für einen hohen Ausprägungsgrad der Leistungsfähigkeit in den dargestellten Tests, in Abhängigkeit von der jeweiligen Altersklasse. Diese Daten wurden ergänzt, um auch das Leistungsvermögen der leistungsstärksten Gruppe besser einordnen zu können.

Folgende Test wurden in der dargestellten Reihenfolge nach einem standardisierten 10-minütigen Aufwärmprogramm durchgeführt:

- 30 m Sprint (Sportplatz mit Tartanbahn): Zeitnahme durch ein Doppellichtschrankensystem (Firma Refitronic, Schmitt); Messfehler nach Angaben des Herstellers bei unter 0,1% bei 5 m, 10 m, 20 m, 30 m; stehender Start einen Meter vor der ersten Lichtschränke. Die Test-Retest-Korrelation für den 30 m-Linear-sprint bzw. die gemessenen Zwischenzeiten liegen zwischen  $r=0,79-0,97$  ( $p<0,01$ ) und sind somit gut bis ausgezeichnet.
- Drop Jump (DJ): Der Drop Jump dient zur Überprüfung der Reaktivkraft im schnellen DVZ. Die Drop Jumps werden von Kästen verschiedener Höhe (16 cm [DJ16], 24 cm [DJ24], 32 cm [DJ32], 40 cm [DJ40], 48 cm [DJ48]) ausgeführt. Mit Vorschwingen eines

**Tabelle 1:** Anthropometrische Daten der Untersuchungsgruppen (US=untrainierte Schüler; F=Fußballspieler; FK=Fußballspieler die ein unterstützendes Krafttraining durchführen; BMI=Body Mass Index; \*=signifikanter Unterschied zu US; §=signifikanter Unterschied zwischen F und FK).

Jugend	N	Größe (cm)	Masse (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )
<b>A (Geburtsdatum: 01.01.91 – 31.12.02)</b>				
US	12	179,9±3,5	75,2±9,2	23,3±3,1
F	24	178,6±6,7	74,7±8,0	23,4±1,8
FK	10	175,4±6,9	70,5±6,5	22,9±1,3
<b>B (Geburtsdatum: 01.01.93 – 31.12.94)</b>				
US	22	178,1±7,3	72,7±10,2	23,0±3,3
F	50	175,9±7,1	66,9±7,9*§	21,6±1,7*
FK	32	179,1±6,3	72,4±7,3§	22,6±1,6
<b>C (Geburtsdatum: 01.01.95 – 31.12.96)</b>				
US	30	171,2±8,8	63,9±14,7	21,7±4,0
F	50	164,4±9,0*§	52,7±9,6*§	19,4±2,0*
FK	33	171,2±7,4§	61,0±10,2§	20,7±2,5
<b>D (Geburtsdatum: 01.01.97 – 31.12.98)</b>				
US	25	158,5±8,1	52,6±12,4	20,8±4,1
F	48	149,0±7,5*	39,2±5,7*	17,6±1,9*
FK	27	153,6±9,5	44,0±8,9*	18,4±1,8*
<b>E (Geburtsdatum: 01.01.99 – 31.12.00)</b>				
US	17	144,1±6,5	40,2±8,7	19,3±3,29
F	36	140,5±7,0	33,9±5,7*	17,1±1,9*
FK	24	143,9±7,3	36,9±6,9	17,7±2,1

Beins löst sich der Sportler vom Kasten und springt nach kurzem Bodenkontakt maximal hoch. Je kürzer die Bodenkontaktzeit (ms) und je höher die gesprungene Höhe (cm), desto besser ist die Reaktivkraftfähigkeit ausgeprägt. Die Berechnung des Leistungsindex (LI) erfolgte über die Formel:  $LI = \text{Sprunghöhe in Millimetern} / \text{Kontaktzeit in Millisekunden} \times 100$  (15). Bei der Durchführung der Drop Jumps wurden in Abhängigkeit von der jeweiligen Altersgruppe nicht alle Fallhöhen getestet, um in erster Linie eine Überlastung der untrainierten Probanden zu vermeiden. Die Test-Retest-Korrelationen für den Leistungsindex aus unterschiedlichen Fallhöhen liegen zwischen  $r = 0,85 - 0,88$  ( $p < 0,01$ ). Dieser Reliabilitätskoeffizient ist als sehr gut anzusehen.

- Squat Jump (SJ): Vertikalsprung aus der Hockstellung – ruhende Ausgangsposition. Während der Kniegelenkwinkel bei dieser Sprungform zu Beginn der Bewegung etwa 90° betragen soll, ist der Oberkörper möglichst aufrecht zu halten. Die Hände sind während des gesamten Sprunges in der Hüfte fixiert. Der Sprung soll ohne jede Ausholbewegung durchgeführt werden, um eine Vergrößerung der Sprunghöhe durch eine daraus resultierende Impulsverstärkung zu verhindern. Die Test-Retest-Korrelation für den SJ liegt bei  $r = 0,87$  ( $p < 0,01$ ) und ist somit als sehr gut zu bewerten.
- Countermovement Jump (CMJ): Vertikalsprung mit eingeleiteter Gegenbewegung. Der Sprung beginnt in aufrechter Standposition. Es erfolgt nun ein zügiges Absenken des Körperschwerpunktes bis zu einem Kniegelenkwinkel von etwa 90°, wobei der Oberkörper möglichst aufrecht gehalten werden

sollte. Dem Absenken des Körperschwerpunktes folgt dann direkt eine maximale Streckung von Knie- und Hüftgelenk. Bei diesem Sprung sind die Hände ebenfalls während des gesamten Sprunges in der Hüfte zu fixieren, da auch bei diesem Sprung die Ausholbewegung weder durch ein Mitschwingen der Arme noch durch eine zu starke Vorneigung des Oberkörpers unterstützt werden soll. Diese Vorgehensweise hat zur Folge, dass im Gegensatz zum Jump & Reach-Test eine deutlich exaktere Aussage über die Leistungsfähigkeit der Beinstreckerkette getätigt werden kann. Die Test-Retest-Korrelation für den CMJ liegt bei  $r = 0,94$  ( $p < 0,01$ ) und ist somit ausgezeichnet.

Bei jeder Sprungform wurden drei Testversuche gewährt. Danach wurden bei jedem Testkriterium fünf Wertungssprünge durchgeführt. Für die Ermittlung der Sprunghöhen und der Kontaktzeiten kam ein Messsystem mit Kontaktmatten, welches auf der Funktionsweise eines Schalters beruht, zum Einsatz (Firma Re-fitronic, Schmitt). Das System liefert dem Rechner grundsätzlich nur die Information, ob die Matte belastet ist oder nicht. Aus dieser Information lässt sich bei sämtlichen Sprungformen die Flugzeit ermitteln, aus der sich die Sprunghöhe ableiten lässt. Eine Fehlerabschätzung findet sich bei Frick (17).

Die erhobenen Daten wurden mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung und dem Levene-Test auf Varianzhomogenität überprüft. Für alle Gruppenvergleiche wurde der T-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt. Nach Bortz (5) reagiert der T-Test auf unterschiedliche Stichprobengrößen robust, solange die Varianzen gleich sind. War dies nicht der Fall, so erfolgte eine Korrektur der Freiheitsgrade. Zudem wurde eine Bonferoni-Korrektur der p-Werte vorgenommen.

## ERGEBNISSE

In Tabelle 1 sind Körpermasse, Größe und der aus diesen resultierende BMI (Body-Mass-Index = Körpermasse/Körpergröße<sup>2</sup>) dargestellt. Die in dieser Tabelle zu findenden Stichprobengröße stimmt zum Teil nicht mit den Stichprobengrößen überein, die in den Tabellen 2 und 3 dargestellt sind, da nicht alle Probanden jeden Test durchführten.

Die Analyse der Leistungsfähigkeit der drei Stichproben ergab in fast allen Tests eine signifikante ( $p < 0,05$ ) Überlegenheit der beiden Gruppen, die in der Sportart Fußball aktiv waren, gegenüber der Gruppe, die aus untrainierten Schülern bestand. Der Vergleich dieser beiden Gruppen (F/FK) ergab zudem in den meisten Fällen eine signifikante Überlegenheit der Gruppe (FK), die begleitend zum Fußballtraining ein Krafttraining durchführte. Dieser Effekt machte sich bemerkenswerter Weise in fast allen Altersstufen bemerkbar. Nur bei den jüngsten Teilnehmern konnte der positive Effekt des Krafttrainings nicht nachgewiesen werden.

Auch die Analyse der Sprintdaten ergab einen über alle Altersstufen hinweg positiven Einfluss der sportlichen Aktivität auf Leistung im 30m – Sprint. In einer Reihe von Vergleichen ergab sich auch hierbei ein signifikanter ( $p < 0,05$ ) Unterschied zwischen den beiden sportlich aktiven Gruppen. Die Vergleiche ergaben eine zwar geringe, jedoch auf dem 5%-Niveau signifikante Überlegenheit der Gruppe, die ein Krafttraining parallel zum Fußballtraining durchführte. Während für die Unterschiede in den Sprungformen fast durchgehend mittlere bis hohe Effektstärken festgestellt werden konnten, waren diese bei den Vergleichen der beiden im Ver-

**Tabelle 2:** Leistungsfähigkeit der Probanden in den unterschiedlichen Sprungformen (<sup>1</sup>N=30; <sup>2</sup>N=26; US=untrainierte Schüler; F=Fußballspieler; FK=Fußballspieler die ein unterstützendes Krafttraining durchführen; \*=signifikanter Unterschied zu US; §=signifikanter Unterschied zwischen F und FK; LI=Leistungsindex; REF=Referenzwert; SJ=Squat Jump; CMJ=Countermovement Jump; DJ [Fallhöhe in cm]=Drop Jump; \$=Angaben beruhen auf kleinem Datensatz [n<50]).

Jugend	N	SJ	CMJ	DJ16	DJ24	DJ32	DJ40	DJ48
<b>A</b>	REF	>50 cm	>55 cm		LI>300	LI>300	LI>300	LI>300
US	12	30,2±3,0	33,8±2,5	-	131±25	148±23	142±23	152±32
F	24	33,8±4,9*§	36,1±5,2§	-	183±42*§	187±34*§	186±34*§	182±35*§
FK	17	39,7±4,3*§	41,9±3,7*§	-	217±30*§	217±27*§	209±33*§	206±29*§
<b>B</b>	REF	>45 cm	>50 cm		>280	>280	>280	>280
US	22	30,5±4,4	32,6±5,8	-	121±36	137±40	140±43	133±45
F	47	34,5±3,7*§	37,4±3,9*§	-	179±32*	180±34*§	182±34*	181±38*
FK	32	38,0±4,3*§	40,2±4,5*§	-	191±27*	196±31*§	183±32*	179±31*
<b>C</b>	REF	>40 cm	>45 cm		>260	>260	>260	
US	30	26,2±5,1	28,3±5,1	-	102±34	102±31	93±29	-
F	50	29,3±3,8*§	31,4±4,9*§	-	141±26*§	150±28*§	143±301*§	-
FK	37	34,0±4,0*§	35,5±4,2*§	-	187±38*§	183±35*§	177±37*§	-
<b>D</b>	REF	>38 cm\$	>42 cm\$	LI>250\$	LI>250\$	LI>250\$		
US	25	20,5±3,4	22,2±3,4	80±24	85±25	82±27	-	-
F	48	24,7±3,5*§	26,8±3,8*§	118±27*§	135±38*§	132±362*§	-	-
FK	27	29,6±4,5*§	31,5±4,2*§	154±27*§	158±23*§	155±25*§	-	-
<b>E</b>	REF	>30 cm\$	>34 cm\$	LI>200\$				
US	17	19,6±3,9	19,5±3,8	58±24	-	-	-	-
F	36	23,5±3,2*	24,2±4,0*	103±38*§	-	-	-	-
FK	24	24,0±3,7*	25,9±3,9*	124±38*§	-	-	-	-

einssport aktiven Gruppen bezogen auf die Leistungsfähigkeit im Sprint in der Regel gering. Die qualitative Beurteilung der Effektstärken erfolgte nach Cohen (10).

## DISKUSSION

Zunächst muss festgehalten werden, dass alle folgenden Interpretationsversuche mit einer gewissen Zurückhaltung durchgeführt werden müssen, da die Größen der Teilstichproben zu gering sind, als dass man hieraus eine verallgemeinernde Aussage entwickeln dürfte. Ferner kann der Einfluss der Körpermasse auf die Testparameter nicht beurteilt werden. Neben der Feststellung der Körpermasse wäre eine Bestimmung des Körperfettanteils nötig gewesen, da zwischen vortriebswirksamer und der „passiven“ Körpermasse unterschieden werden muss. Nichts desto trotz liefern die vorliegenden Daten einige interessante Hinweise bezüglich der Leistungsfähigkeit im langsamen und schnellen Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus untrainierter Kinder im Vergleich zu Kindern, die im Verein Fußball spielen. Des Weiteren zeigen die Daten in welchem Umfang ein zu der Sportart zusätzlich durchgeführtes Krafttraining die Leistungsfähigkeit in den Testparametern beeinflussen kann.

Zunächst soll den erbrachten Leistungen im Squat Jump und Countermovement Jump Beachtung geschenkt werden. Während mit dem CMJ die Leistungsfähigkeit im langsamen DVZ getestet wird, handelt es sich beim SJ bei korrekter Ausführung um eine rein konzentrische Kraftentfaltung. In beiden Sprungformen ergab sich fast durchgehend eine signifikante Überlegenheit der beiden Gruppen, die Fußball spielten. Zudem zeigte sich, dass ein begleit-

tendes Krafttraining bereits bei den 11- und 12-jährigen Kindern einen positiven Einfluss auf die Sprungleistungen zu haben scheint. Dieser positive Effekt ist in allen Altersgruppen in erster Linie auf eine verbesserte Aktivierungsfähigkeit der leistungsbestimmenden Muskulatur zurückzuführen. Ab der Pubertät kann in zunehmendem Maße auch eine Vergrößerung des Muskelquerschnitts für die Leistungsunterschiede verantwortlich gemacht werden. Die Ergebnisse lassen den frühzeitigen Einsatz der gezielten Verbesserung der konditionellen Fähigkeit Kraft als sinnvoll erscheinen. In diesem Zusammenhang muss jedoch der eventuell bestehende Einfluss des um ein bis zwei Stunden pro Woche größeren Trainingsvolumens der Gruppe FK berücksichtigt werden. Das regelmäßige Fußballtraining sorgte jedoch bereits bei den jüngsten Teilnehmern dieser Studie für signifikant größere Sprunghöhen sowohl im SJ als auch im CMJ. Allerdings konnte für diese Altersgruppe für keinen der erfassten Parameter ein positiver Einfluss der zusätzlich zum Fußballtraining eingeführten Krafttrainingsintervention festgestellt werden. Da die Maximalkraft in diesem Alter bereits trainierbar ist (14) und somit ein positiver Einfluss eines Krafttrainings auf die erhobenen Parameter zu erwarten gewesen wäre, ist anzunehmen, dass das vorsichtige Heranführen an die Belastungen eines Hanteltrainings für die ausbleibenden Effekte verantwortlich ist. Die dargestellten Daten stimmen weitestgehend mit den in der Literatur zu findenden Ergebnissen anderer Untersuchungen mit Untrainierten und Fußball spielenden Kindern überein (7,9,11,12,15,24,26,34). Babel (2) ermittelten in einer kleinen Stichprobe (n=17) von untrainierten Kindern, die im Mittel 11,5 Jahre alt waren bessere Leistungen im CMJ, als dies in dieser Untersuchung der Fall war.



**Tabelle 3:** Leistungsfähigkeit der Probanden im 30 m - Sprinttest (US=untrainierte Schüler; F=Fußballspieler; FK=Fußballspieler die ein unterstützendes Krafttraining durchführen; \* = signifikanter Unterschied zu US; § = signifikanter Unterschied zwischen F und FK).

Jugend	N	5 m	10 m	20 m	30 m
<b>A</b>					
US	12	1,09±0,05	1,85±0,09	3,21±0,17	4,49±0,24
F	24	1,00±0,04*	1,74±0,07*	3,00±0,11*	4,20±0,14*
FK	9	1,00±0,04*	1,72±0,05*	2,96±0,08*	4,13±0,10*
<b>B</b>					
US	19	1,10±0,07	1,89±0,10	3,27±0,19	4,58±0,24
F	50	1,03±0,05*§	1,76±0,07*	3,05±0,10*§	4,27±0,15*
FK	31	1,00±0,04*§	1,74±0,06*	3,00±0,09*§	4,20±0,13*
<b>C</b>					
US	19	1,21±0,10	2,06±0,16	3,61±0,32	5,13±0,51
F	51	1,09±0,05*§	1,88±0,08*§	3,27±0,15*§	4,60±0,23*§
FK	33	1,05±0,05*§	1,82±0,07*§	3,17±0,15*§	4,46±0,23*§
<b>D</b>					
US	21	1,21±0,08	2,16±0,14	3,89±0,30	5,66±0,51
F	48	1,13±0,05*§	1,97±0,09*§	3,47±0,17*§	4,94±0,26*§
FK	27	1,07±0,06*§	1,88±0,08*§	3,33±0,13*§	4,75±0,20*§
<b>E</b>					
US	15	1,27±0,11	2,30±0,22	4,17±0,42	6,07±0,64
F	36	1,16±0,04*	2,03±0,07*	3,63±0,18*	5,20±0,20*
FK	24	1,13±0,07*	2,00±0,10*	3,58±0,13*	5,14±0,27*

Ein in vielen Untersuchungen zum Einsatz kommender Sprungtest ist der Jump & Reach-Test. Bei dieser Testform werden in der Regel größere Sprunghöhen festgestellt (1,3,6), da die hierbei stattfindende Ausholbewegung mit Armen und Oberkörper für eine Impulsvergrößerung sorgt, die sich in einer etwa 10-20% Steigerung der Sprunghöhe äußert (15,18,23). Da diese zusätzliche Beschleunigung von Körperteilmassen durch die Arm- und Rumpfmuskulatur generiert wird, müssen die aus dieser Testform resultierenden Werte mit Vorsicht interpretiert werden, wenn eine möglichst präzise Beurteilung der Muskulatur der Beinstreckerkette angestrebt wird. Der Vorteil dieser alternativen Testform ist in der leichten Durchführbarkeit zu sehen, da kein apparativer Aufwand von Nöten ist.

Die Ergebnisse der Testung des schnellen DVZ mittels der Sprungform Drop Jump aus unterschiedlichen Fallhöhen ergab ein ähnliches Bild wie die Vergleiche bei den Sprungformen SJ und CMJ. Waren die Unterschiede zwischen den untrainierten und den Fußball spielenden Kindern und Jugendlichen in den zuvor dargestellten Sprungformen zum Teil bereits sehr deutlich, zeigten sich in dieser Testform noch größere Leistungsunterschiede. Dies ist in erster Linie darauf zurückzuführen, dass es einer ganzen Reihe von Kindern kaum gelang einen prellenden Absprung mit kurzem Bodenkontakt zu generieren. Der Grund hierfür kann sowohl in einer schlechten Ansteuerung und Ausprägung der für diese Testform vorrangig leistungsbestimmenden Unterschenkelmuskulatur, als auch in einer nur in geringem Maße ausgelösten Reflexaktivität (monosynaptischer Dehnungsreflex) gesehen werden. Insbesondere bei dieser Testform kam es im Augenblick des Bodenkontakts bei den untrainierten Kindern und Jugendlichen häufig zu Problemen

bei der Fixierung des Rumpfes. Ein zu starkes Nachgeben in Knie- oder Hüftgelenk oder auch im Bereich der Wirbelsäule führt unweigerlich zu hohen Kontaktzeiten und einem geringen Leistungsindex, da die längere Bodenkontaktzeit nicht zwingend in eine Vergrößerung der Sprunghöhe mündet, da hierfür, wie die Ergebnisse des SJ und CMJ zeigen, die Leistungsfähigkeit in der gesamten Beinstreckerkette zu gering ist. Die wenigen in der Literatur zu findenden Daten zur Leistungsfähigkeit im Drop Jump können hier nicht zu Vergleichszwecken herangezogen werden, da in diesen die Sprunghöhe als alleiniges Beurteilungskriterium herangezogen wurde. Da die Leistungsfähigkeit im schnellen DVZ jedoch nur unter Berücksichtigung von Sprunghöhe und Bodenkontaktzeit sinnvoll beurteilt werden kann, sind die Ergebnisse solcher Studien nur wenig aussagekräftig bzw. hilfreich.

Die Betrachtung der Leistungsfähigkeit im 30m-Sprint bestätigt weitestgehend die Ergebnisse der unterschiedlichen Sprungformen. Auch hier zeigt sich, dass die beiden Fußball spielenden Gruppen den Untrainierten in allen Altersstufen und bei allen Zeitnahmen signifikant überlegen sind. Zwischen den beiden Sportlergruppen ergab sich in zehn von 20 Vergleichen ein signifikanter Unterschied bei jedoch zum Teil nur geringer Effektstärke. Insgesamt lässt sich allerdings auch bei dieser Testform der positive Einfluss, den ein Krafttraining auf die Leistungsfähigkeit im Kurz sprint haben kann, feststellen. Die Leistungsfähigkeit der untrainierten Kinder und Jugendlichen entspricht in etwa denen von Bös (4) dargestellten. Babel (2) ermittelten hingegen deutlich bessere Sprintzeiten (30m; n=17) bei untrainierten Kindern. Neuere Vergleichsdaten mit im Mittel 14- bis 15-jährigen Fußballspielern (7,25) bzw. A bis D-Jugendspielern (8) bei denen wie in dieser Untersuchung mit einem Lichtschrankensystem gemessen wurde liefern sowohl Oliver und Mitarbeiter (25) als auch Buchheit (7,8). In allen drei Studien kommen die Autoren für die meisten getesteten Altersklassen zu tendenziell langsameren Zwischen- und Endzeiten (Messung bei 10 und 30m) als dies in dieser Untersuchung der Fall war, was allerdings darauf zurückzuführen ist, dass zumindest in zwei der drei genannten Untersuchungen auf Rasen getestet wurde (7,25). In drei weiteren Studien konnten für 15- bis 18-jährige Fußballspieler, die einen 20 bzw. 30m Sprinttest auf einer Kunststoffbahn durchführten Zeiten ermittelt werden, die denen dieser Untersuchung in etwa entsprechen (30,31,34).

## FAZIT

Die vorgelegten Daten zeigen den positiven Einfluss sportlicher Aktivität auf die Leistungsfähigkeit im schnellen und langsamen Dehnung-Verkürzungs-Zyklus. Unter Berücksichtigung existierender Längsschnittstudien zum Thema Krafttraining mit Kindern und Jugendlichen kann ein positiver Effekt eines Krafttrainings auf die Leistungsfähigkeit Fußball spielender Kinder und Jugendlicher vermutet werden. Diese Effekte sind je nach Testform bereits bei den 11- und 12-jährigen Teilnehmern der Untersuchung zu vermuten. Bei den untrainierten Kindern und Jugendlichen fallen die sehr geringen Leistungen im schnellen DVZ (Drop Jump) und eine häufig anzutreffende fehlende Fähigkeit zur Rumpfstabilisation bei der Ausföhrung der unterschiedlichen Sprungformen auf. Bei einer Vielzahl von Teilnehmern, unabhängig von der Gruppenzugehörigkeit, war eine deutliche Einschränkung der Beweglichkeit im Bereich der unteren Extremität festzustellen. Diese äußerte sich bei

den Testübungen SJ und CMJ in einer Verlagerung des Körpergewichts auf die Fußballen mit Abheben der Ferse vom Boden im Augenblick des Absenkens des Körperschwerpunkts. Einschränkend sei noch einmal darauf hingewiesen, dass die Daten auf Grund der zum Teil geringen Stichprobengröße nur als Hinweise anzusehen sind, jedoch mit vergleichbaren Daten anderer Untersuchungen gut übereinstimmen.

*Angaben zu finanziellen Interessen und Beziehungen, wie Patente, Honorare oder Unterstützung durch Firmen: Keine.*

## LITERATUR

1. **ALMUZAINI KS:** Optimal peak and mean power on the Wingate test: relationship with sprint ability, vertical jump, and standing long jump in boys. *Pediatric Exercise Science* 12 (2000) 349-359.
2. **BABEL K, HERTOUGH C, HUE O:** Influence of ethnic origin on predictive parameters of performance in sprint running in prepubertal boys. *Int J Sports Med* 26 (2005) 798-802.
3. **BEUNEN G, THOMIS M, PEETERS M, HAES HH, CLAESSENS AL, VLIETINCK R:** Genetics of strength and power characteristics in children and adolescents. *Pediatric Exercise Science* 15 (2003) 128-138.
4. **BÖS K:** Motorische Leistungsfähigkeit von Kindern und Jugendlichen, in: Schmidt W, Tews H, Brettschneider WD (Hrsg.): Erster Deutscher Kinder- und Jugendsportbericht, Verlag Karl Hoffmann, Schorndorf, 2003, 85-107.
5. **BORTZ J:** Statistik – für Sozialwissenschaftler. Springer Medizin Verlag, Heidelberg, 1993.
6. **BRACKO MR, FELLINGHAM GW:** Comparison of physical performance characteristics of female and male ice hockey players. *Pediatric Exercise Science* 13 (2001) 26-34.
7. **BUCHHEIT M, MENDEZ-VILLANEVA A, DELHOMEL G, BRUGHELLI M, AHMAIDI S:** Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: repeated shuttle sprints vs. explosive strength training. *J Strength Cond Res* 24 (2010a) 2715-2722.
8. **BUCHHEIT M, MENDEZ-VILLANUEVA A, SIMPSON B-M, BOURDON PC:** Match running performance and fitness in youth soccer. *Int J Sports Med* 31 (2010b) 818-825.
9. **CHELLY MS, FATHLOUN M, CHERIF N, AMAR MB, TABKA Z, VAN PRAAGH E:** Effects of a back squat training on leg power, jump, and sprint performance in junior soccer players. *J Strength Cond Res* 23 (2009) 2241-2249.
10. **COHEN J:** A power primer. *Psychological Bulletin* 112 (1992) 155-159.
11. **COELHO E SILVA MJ, FIGUEIREDO AJ, SIMOES F, SEABRA A, NATAL A, VAEYENS R, PHILIPPAERTS R, CUMMLING SP, MALINA RM:** Discrimination of U-14 soccer players by level and position. *Int J Sports Med* 31 (2010) 790-796.
12. **CORTIS C, TESSITORE A, PERRONI F, LUPO C, PESCE C, AMMENDOLIA A, CARPRAICA L:** Interlimb coordination, strength, and power in soccer players across the lifespan. *J Strength Cond Res* 23 (2009) 2458-2466.
13. **DEUTSCHER SPORTBUND MIT FÖRDERUNG DES AOK-BUNDESVERBANDES (HRSG.):** WIAD-AOK-DSB-Studie II. Verlag Kunze & Partner, Frankfurt am Main, 2003.
14. **FAIGENBAUM AD, KRAEMER WJ, BLIMKIE CJR, JEFFREYS I, MICHELI LJ, NITKA M, ROWLAND TW:** Youth resistance training: Updated position statement paper from the National Strength and Conditioning Association. *J Strength Cond Res* 23 (2009) S60-S79.
15. **FERNANDEZ-GONZALO R, DE SOUZA-TEIXEIRA F, BRESCIANI G, GARCIA-LOPEZ D, HERNÁNDEZ-MURÚA JA, JIMÉNEZ-JIMÉNEZ R, DE PAZ JA:** Comparison of technical and physiological characteristics of prepubescent soccer players of different ages. *J Strength Cond Res* 24 (2010) 1790-1998.
16. **FRICK U:** Kraftausdauerverhalten im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus. Berichte und Materialien des Bundesinstitutes für Sportwissenschaften 13/93, Sport & Buch Strauß GmbH, Köln, 1993.
17. **FRICK U, SCHMIDTBLEICHER D, WÖRN C:** Vergleich biomechanischer Meßverfahren zur Bestimmung der Sprunghöhe bei Vertikalsprüngen. *Leistungssport* 21 (1991) 48-53.
18. **GERODIMOS V, ZAFERIDIS A, PERKOS S, DIPLA K, MANOU V, KELLIS S:** The contribution of stretch-shortening cycle and arm-swing to vertical jumping performance in children, adolescents, and adult basketball players. *Pediatric Exercise Science* 20 (2008) 379-389.
19. **GRIMMER Y, VITT J, JENNEN-STEINMETZ C, BECKER K, SCHMIDT MH, LAUCHT M:** Hohe Persistenz von Übergewicht bei Kindern der Mannheimer Risikokinderstudie. *Monatsschrift Kinderheilkunde* 156 (2008) 365-370.
20. **HOLLMANN W, HETTINGER T:** Sportmedizin – Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin. Schattauer Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart, 2000.
21. **KOMI PV:** Elastic potentiation of muscles and its influence on sports performance, in: Baumann, W (Hrsg.): Biomechanik und sportliche Leistung. Verlag Karl Hoffmann, Schorndorf, 1983, 59-70.
22. **KOMI, PV:** Stretch-Shortening-Cycle, in: Komi PV (Hrsg.): Strength and Power in Sport. Blackwell Science, Oxford, 2003, 184-202.
23. **LUHTANEN P, KOMI PV:** Segmental contribution to forces in vertical jump. *Eur J Appl Physiol* 38 (1978) 181-188.
24. **MEYLAN C, MALATESTA D:** Effects of in-season plyometric training within soccer practice on explosive actions of young players. *J Strength Cond Res* 23 (2009) 2605-2613.
25. **OLIVER JL, WILLIAMS A, ARMSTRONG N:** Reliability of a field and laboratory test of repeated sprint ability. *Pediatric Exercise Science* 18 (2006) 339-350.
26. **PÄÄSUKU M, ERELINEN J, GAPEYEVA H:** Knee extensor muscle strength and vertical performance characteristics in pre- and post-pubertal boys. *Pediatric Exercise Science* 13 (2001) 60-69.
27. **RATZEK J:** Probleme und Methoden der Motorikforschung im Kindes- und Jugendalter. *Leistungssport* 3 (1987) 45-48.
28. **SCHMIDTBLEICHER D:** Motorische Eigenschaft Kraft: Struktur, Komponenten, Anpassungserscheinungen, Trainingsmethoden und Periodisierung, in: Fritsch W (Hrsg.): Rudern – erfahren, erkennen, erforschen. Wirth-Verlag (Sport Media), Gießen, 2003, 15-40.
29. **SCHOBER E:** Diabetes mellitus Typ 2 – Epidemiologie im Kindes- und Jugendalter. *Monatsschrift Kinderheilkunde* 153 (2005) 914-920.
30. **SIEGLER J, GASKILL S, RUBY B:** Changes evaluated in soccer-specific power endurance either with or without a 10-week, in-season, intermittent, high-intensity training protocol. *J Strength Cond Res* 17 (2003) 379-387.
31. **THOMAS K, FRENCH D, HAYES PR:** The effect of two plyometric training techniques on muscle power and agility in youth soccer players. *J Strength Cond Res* 13 (2009) 332-335.
32. **TOMKINSON GR:** Global changes in anaerobic fitness test performance of children and adolescents (1958-2003). *Scand J Med Sci Sports* 17 (2007) 497-507.
33. **WABITSCH M:** Adipositas bei Kinder und Jugendlichen in Deutschland. *Monatsschrift Kinderheilkunde* 152 (2004) 832-833.
34. **WONG DP, WONG SHS:** Physiological profile of asian elite youth soccer players. *J Strength Cond Res* 23 (2009) 1383-1390.

**Korrespondenzadresse:**

**PD Dr. Klaus Wirth**  
**Institut für Sportwissenschaften**  
**Goethe-Universität Frankfurt am Main**  
**Ginnheimer Landstraße 39**  
**60487 Frankfurt am Main**  
**E-Mail: k.wirth@sport.uni-frankfurt.de**