

Untersuchung zum Maximalkrafttraining mit Stabhochspringern

1. Einleitung und Problemhinführung

Die leichtathletische Disziplin Stabhochsprung hat seit 1963, also dem Zeitpunkt der Entwicklung der ersten Glasfaserstäbe eine starke Leistungssteigerung erfahren. Diese Leistungssteigerung ist zum Teil auf Materialverbesserungen der Glasfaserstäbe und der Stabhochsprungmatten, jedoch auch auf neue Erkenntnisse und Methoden aus der Trainingswissenschaft zurückzuführen. Hier rückt in den letzten Jahren das Krafttraining, das eine Verbesserung des konditionellen Leistungszustandes anstrebt, in den Vordergrund. Für eine optimale technomotorische Gestaltung der einzelnen Bewegungsphasen ist ein entsprechendes Kraftniveau notwendig. Gemäß des dynamischen Grundgesetzes (Newton: Lex secunda) (RECKLING 1968, 80), wonach Kraft proportional zu Masse und Beschleunigung eines Körpers ist ($F=m \cdot a$) und der Erkenntnis, daß eine hohe Beschleunigung entgegen der Gravitation aufgrund mechanischer Gesetzmäßigkeiten für den Stabhochsprung leistungsbestimmend ist, ist die Kraft als die dominierende konditionelle Fähigkeit neben der Schnelligkeit anzusehen. Insbesondere in der Aufrollphase, deren Ausführung für die Vorbereitung einer großen Überhöhung des Springers über seine Griffhöhe und damit für eine große Sprunghöhe entscheidend ist, sind spezifische Kraftfähigkeiten erforderlich.

Den hohen Einfluß der Aufrollgeschwindigkeit auf die komplexe Leistung im Stabhochsprung zeigen auch die Ergebnisse einer multiplen Regressionsanalyse (GEESE 1991, 152), wonach bei Springern z.B. im Leistungsbereich von 3,80 m - 4,30 m bei einer Steigerung der Aufrollgeschwindigkeit von 0,17 m/s (= eine Standardabweichung bzw. 5-6% der Merkmalsausprägung) eine Leistungsverbesserung von 10 cm prognostiziert wird, was sich im praktischen Experiment bestätigte.

Eine erhöhte Bewegungsschnelligkeit kann entscheidend zum besseren Gelingen eines Sprunges beitragen, da die intraindividuell relativ konstante Wegstrecke, die zum Aufrollen zur Verfügung steht, in kürzerer Zeit zurückgelegt werden kann. Die "Position des minimalen Abstandes des Körperschwerpunktes (KSP) zur oberen Griffhand", mit deren Erreichen die Aufrollbewegung beendet ist, wird infolgedessen früher erreicht (vergl. auch WOZNIK 1983). Die Aufrolldauer verringert sich bzw. die Aufrollgeschwindigkeit, die durch die Aufrolldauer und den vertikalen Aufrollweg bestimmt wird, vergrößert sich (vergl. Abb. 1).

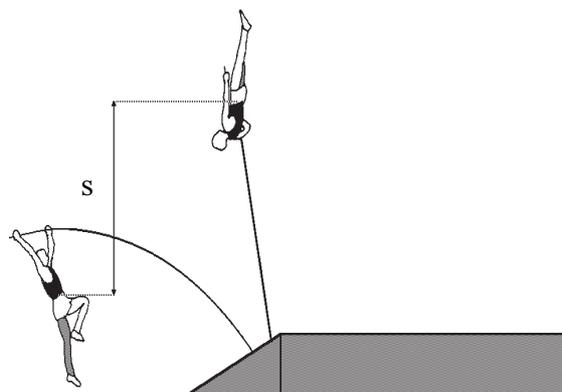


Abb. 1 Definition der Aufrollgeschwindigkeit (Aufrollweg dividiert durch Aufrollzeit; $v_{\text{aufr}} = s/t$)

2. Untersuchungsziel

Entsprechend der herausgehobenen Bedeutung der Aufrollgeschwindigkeit für die komplexe Leistung im Stabhochsprung war das Ziel, die Aufrollgeschwindigkeit über die bedingende Kraftfähigkeit anzusteuern. Eine funktionell-anatomische Analyse sowie statistische Zusammenhänge weisen darauf hin, daß die Aufrollgeschwindigkeit primär von der Schnellkraft der Schulterdepressoren-, Rumpf- und Hüftbeugemuskulatur bestimmt wird.

Für die Entwicklung der Muskelkraft stellt die Trainingslehre etliche Trainingsmethoden (vergl. MARTIN/CARL/LEHNERTZ 1991) zur Verfügung. Für die Wahl der Trainingsmethode waren folgende zwei Kriterien entscheidend:

1. Das Verhältnis von Kraft- zu Massen- bzw. Gewichtszunahme sollte möglichst groß sein, d.h. großer Kraftzuwachs sollte mit geringer Massenzunahme verknüpft sein.
2. Das Ziel Zeitminimierung erfordert auf Grund des durch die Bewegung vorgegebenen Zeitdrucks einen explosiven, raschen Kraftanstieg.

Nach dem derzeitigen Kenntnisstand kommt die Methode der kurzzeitigen maximalen Krafteinsätze, im folgenden als Maximalkrafttraining bezeichnet, diesen Forderungen am nächsten (vergl. SCHMIDTBLEICHER 1980). Sie läßt sich wie folgt begründen:

3. Zum Maximalkrafttraining und seinen Wirkungen

Untersuchungen von HOCHMUTH und MARHOLD (1978, 63ff) zeigen, daß im Hinblick auf den Krafteinsatz bzw. Kraftverteilung unter den Bedingungen eines vorgegebenen Bewegungsweges die Beschleunigungsdauer dann minimiert wird, wenn die Beschleunigungskräfte zu Bewegungsbeginn maximal sind. Dieses wird u.a. dann erreicht, wenn die Kraft in der Anfangsphase mit minimaler Verzögerung einsetzt und eine maximale Anstiegssteilheit aufweist. Dieses von WERSCHONSHANSKIJ (1972) bereits beschriebene und als Startkraft bezeichnete Verhalten erfordert spezifische Fähigkeiten der Muskulatur. Maximale Kraft schnell zu aktualisieren wird u.a. von der Muskelfaserzusammensetzung und der intra- und intermuskulären Koordination mitbestimmt. SCHMIDTBLEICHER (1980) weist nach, daß mit der Methode der maximalen dynamischen Krafteinsätze (Maximalkraftmethode) die Bewegungsschnelligkeit wesentlich effektiver verbessert werden kann als nach der Schnellkraftmethode, in der mit relativ geringen Lasten (30-60% des individuellen Maximums) und hoher Bewegungsgeschwindigkeit gearbeitet wird. Die Verbesserung der Bewegungsschnelligkeit wird primär von Veränderungen der schnellen (phasischen) Muskulatur bestimmt, die durch ihren morphologischen Aufbau, ihre biochemische Beschaffenheit und das elektrophysiologische Verhalten für schnelle Krafteinsätze verantwortlich sind (vergl. SCHMIDTBLEICHER 1980). Maximalkrafttraining mit explosiven Krafteinsätzen bewirkt demnach eine besonders effektive Anpassung des neuronalen Systems der phasischen Muskelfasern (intramuskuläre Koordination), die sich u.a. durch die Verminderung der Erregbarkeitsschwelle (MÜLLER 1987, 19; WIRHED 1984, 16), einer Verbesserung der synchronen Aktivierung einer höchstmöglichen Zahl von phasischen Fasern (GROSSER/EHLENZ/ZIMMERMANN 1984, 23; HOWALD 1984; HOWALD 1989) und einer verkürzten Kontraktionsdauer ausdrückt. Darüberhinaus führt Maximalkrafttraining zu einer Faserhypertrophie und Ausdifferenzierung biochemischen Verhaltens. Die Untersuchungen von IKAI und FUKUNAGA (1970) haben ferner gezeigt, daß durch Maximalkrafttraining nicht notwendigerweise eine Muskelquerschnittsvergrößerung und damit Gewichtszunahme eintreten muß bzw. die Gewichtszunahme relativ geringer ist als bei anderen Krafttrainingsmethoden. Dies

führt zu einem günstigeren Last-Kraft-Verhältnis, was sich zusätzlich positiv auf die Aufrollgeschwindigkeit auswirkt.

Zusammengefaßt läßt sich sagen, daß die Anwendung eines Maximalkrafttrainings zu einer Steigerung der Maximalkraft und damit auch zu einer Steigerung der Bewegungsschnelligkeit bei Stabhochspringern führen müßte. Gleichzeitig ist nur eine geringe Vergrößerung von Muskelquerschnitten, aber eine deutliche Verbesserung der Kraftkennwerte zu erwarten.

4. Trainingskonzept

Unter der Berücksichtigung der oben referierten Erkenntnisse wurde ein Maximalkrafttraining konzipiert, das im wesentlichen folgende Merkmale aufwies:

- Berücksichtigung des "Prinzips der dynamischen Übereinstimmung" (DATSCHKOW 1977); das bedeutet in diesem Falle: Jeder konzentrischen Kontraktion geht eine exzentrische voraus. Dieses entspricht der realen Bewegungssituation beim Stabhochsprung; es führt zu einer erhöhten elektrischen Aktivität, d.h. zu einer erhöhten Rekrutierung motorischer Einheiten wie einer erhöhten Entladungsrate.
- Jede Trainingsbewegung wird mit maximaler Intensität und explosivem Kraftanstieg und gleichbleibender Geschwindigkeit (isokinetisch bzw. quasi-isokinetisch) begonnen. Zwei Geschwindigkeitsstufen kommen zur Anwendung; die Hälfte des Trainingsumfanges wird mit einer Aktionsdauer von einer, die andere Hälfte mit einer von vier Sekunden trainiert. Die erste Stufe entspricht in etwa der realen Bewegungsdauer. Mit der langsameren Bewegungsausführung wurde beabsichtigt, die Anzahl der Bindungen von Aktin- und Myosinfilamenten zu erhöhen, damit sich die Kraftentwicklung weiter steigern kann (vergl. SCHMIDT 1977, 145). Die quasi-isokinetische Bewegungsausführung wird durch den manuellen Widerstand geregelt, die Aktionsdauer durch einen Taktgeber kontrolliert.

5. Untersuchungsmethodik

5.1 Personenstichprobe

Die Untersuchungsstichprobe setzte sich aus 5 Stabhochspringern mit dem mittleren Alter von 25,6 Jahren zusammen. Die Versuchspersonen verfügten zu Beginn der Untersuchung über Bestleistungen von 3,90 m bis 4,20 m. Alle Athleten trainierten schon seit mindestens zwei Jahren mit Krafttrainingsmethoden und verfügten über ein ausreichendes Kraftniveau für ein Maximalkrafttraining. Eine klassische Kontrollgruppe konnte nicht konstruiert werden, da die Zahl der zur Verfügung stehenden Stabhochspringer zu gering war.

5.2 Merkmalsstichprobe

Alle im folgenden beschriebenen Merkmale wurden in einem Vortest und einem Nachtest untersucht. Folgende Merkmale wurden ausgewählt:

1. Die Aufrollgeschwindigkeit;
2. Die relativen, auf das Körpergewicht bezogenen Kräfte bzw. Drehmomente, die die Hüftbeugemuskulatur und die Armbeuger bei 180° Winkelstellung erzeugen können;
3. Die Querschnittsfläche der für den Stabhochsprung und im besonderen für die Aufrollbewegung wichtigen Muskulatur.

5.3 Meßmethodik

Das einflußreichste Merkmal der Untersuchung stellt die mittlere Aufrollgeschwindigkeit (V_{aufr}) während des Stabhochsprunges dar. Sie wurde aus Videoaufnahmen (50 Halbbilder/Sekunde) über eine Digitalisierung ermittelt. Die Muskelquerschnitte von ausgewählten Muskeln konnten über Computertomographien bestimmt werden. Zur Messung einzelner Kraftkennwerte (maximales relatives Drehmoment) ausgewählter Muskeln kamen statische Krafttests zum Einsatz, die in den folgenden beiden Abbildungen dargestellt sind. Die Drehmomente wurden aus den Maximalkraftwerten (F_{max}) und den Radien (r) vom Gelenkdrehpunkt zum Kraftangriffspunkt bestimmt. Die relativen Drehmomente erhält man mittels Division der Drehmomente durch die Gewichtskraft, die der Körper ausübt.

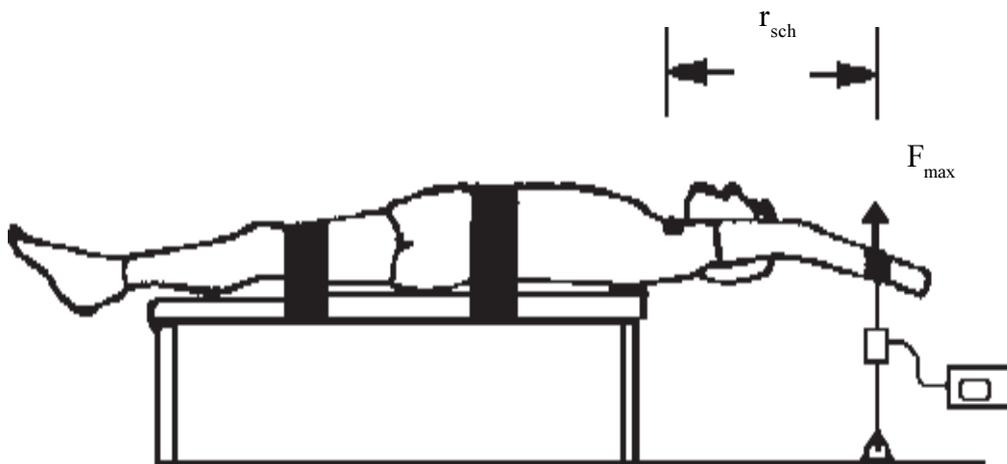


Abb. 2 Statischer Krafttest der armbeugenden Muskulatur

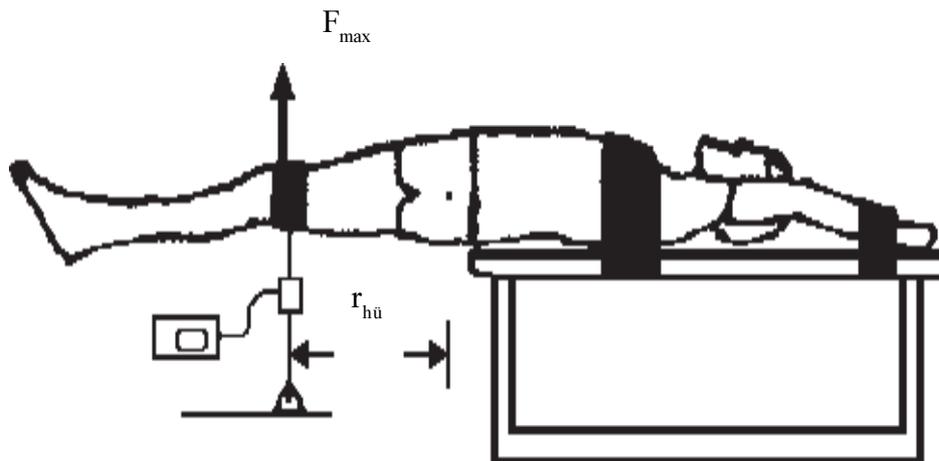


Abb. 3 Statischer Krafttest der hüftbeugenden Muskulatur

Insgesamt ergeben sich die folgenden Merkmale:

Merkmal	verbale Beschreibung	Definition	Einheit
V_{aufr} MSB	mittl. Aufrollgeschw. maximales relatives Drehmoment der Schulter- beugemuskulatur	$\frac{s}{t}$ $\frac{F_{\text{max}} * r_{\text{sch}}}{m}$	m/s Nm/N
MHB	maximales relatives Drehmoment der Hüft- beugemuskulatur	$\frac{F_{\text{max}} * r_{\text{hü}}}{m}$	Nm/N
A_{pect}	Fläche des M. pecto- ralis major		cm ²
A_{lat}	Fläche des M. latissi- mus dorsi		cm ²
A_{psoas}	Fläche des M. psoas major		cm ²
A_{rec}	Fläche des M. rectus abdominis		cm ²
A_{obliq}	Fläche des M. obliquus externus abdominis		cm ²
A_{biceps}	Fläche des M. biceps brachii		cm ²
A_{triceps}	Fläche des M. triceps		cm ²

5.4 Ansteuerungs- bzw. Trainingsübungen

a) Überzüge: Die Vp liegt mit dem Rücken auf einer Hantelbank. Die gestreckten Arme halten eine Hantelstange. Die Armhaltung ähnelt der beim Absprung. Gegen den Widerstand einer Hilfsperson wird die Stange nun mit gestreckten Armen nach vorn gezogen. Die Armbewegung wurde der des Aufrollens angepaßt.

Diese Übung wurde zur Kräftigung der armbeugenden Muskulatur ausgewählt. Sie kommt in ihrer technischen Ausführung der Armbewegung während eines Stabhochsprunges sehr nahe.

b) Bankdrücken: Die Vp liegt mit dem Rücken auf einer Hantelbank. Eine Hantel mit 95-100% des individuellen Maximalgewichts wird 1-3 mal zur Hochstrecke gebracht.

Durch das Bankdrücken wurde die armstreckende Muskulatur gekräftigt. Dies war notwendig, um eine optimale Energieübertragung aus dem Anlauf auf den Stab zu gewährleisten. Mit gestreckten Armen kann die Anlaufenergie wirkungsvoll auf den Stab übertragen und eine möglichst große Stabbiegung erzeugt werden.

c) Aufzüge: Die Vp hängt an einem Reck und versucht, aus dem Hang möglichst schnell in den Stütz zu gelangen.

Durch Aufzüge wurde die armbeugende Muskulatur gekräftigt. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß die Beugebewegung nicht mit gestreckten Armen, sondern mit gebeugten Armen durchgeführt wurde.

d) Sit Ups: Die Vp sitzt mit angewinkelten Beinen (90° Kniewinkel) auf dem Boden. Die Füße sind fixiert. Der Oberkörper wird nach unten geführt und die Vp versucht, sich gegen den dosierten Widerstand eines Helfers, so schnell wie möglich aufzurichten.

Durch diese Übungsform sollte eine Kräftigung der Hüftbeuger und der geraden Bauchmuskulatur erfolgen. Im ersten Teil des Aufrichtens wird die Bauchmuskulatur belastet. Erst dann arbeiten die Hüftbeuger.

e) Beinzüge: Die Vp liegt auf dem Rücken mit angewinkelten Beinen. Eine Hilfsperson greift beide Füße und zieht die Beine der Vp lang. Der Proband versucht, gegen den maximalen Widerstand der Hilfsperson die Beine anzuziehen.

Die Beinzüge dienen hauptsächlich zur Kräftigung der hüftbeugenden Muskulatur. Auch hier verwendeten wir eine der Aufrollbewegung sehr ähnliche Übungsform. Während eines Stabhochsprunges muß der Springer gegen die an den Beinen wirkende Massenträgheitsmomente die Knie beugen und zur Brust einrollen.

f) Rückenübung: Zur allgemeinen Kräftigung wurde eine Übung für den Rücken durchgeführt. Die Vp lag dazu bis zur Hüfte auf einem Langkasten. Im Nacken lag eine Hantel, die im Bereich von 90° bis 180° Hüftwinkel bewegt wurde.

Da im Moment des Absprungs starke Belastungen im Bereich der Lendenwirbelsäule entstehen, ist eine starke Rückenmuskulatur aus verletzungsprophylaktischen Überlegungen zu entwickeln. Diesem Anspruch versuchte die Versuchsgruppe mit der oben beschriebenen Rückenübung genüge zu tun. Aus gesundheitlichen Gründen wurde bei dieser Übung nicht mit Maximalbelastungen gearbeitet. Die Wiederholungszahlen bei dieser Übung lagen daher zwischen 10 und 15.

Nur durch den Einsatz eines Partners war bei einigen der genannten Übungen eine maximale Belastung des Probanden über den gesamten Bewegungsweg möglich. Die Hilfsperson hatte die Aufgabe, den Widerstand bei den einzelnen Übungen so groß zu halten, daß immer noch eine dynamische Bewegungsausführung mit maximalen, explosiven Krafteinsätzen möglich war. Die Erfahrung aus der praktischen Durchführung der Übungen zeigte, daß der Widerstand relativ gut an die Bewegungsausführung des Probanden angepaßt werden konnte. Objektive Informationen über erhöhte Kraftwerte konnten während des Trainingsprozesses nicht gewonnen werden. Nur bei den Übungsformen mit Hanteln war der Leistungsfortschritt an Hand von größeren Lasten festzustellen. Trotzdem scheint es effektiver und damit sinnvoller zu sein, eine Übung mit einem Partner als "Gegenlast" durchzuführen und damit über den gesamten Bewegungsweg eine maximale Kraft aufzubringen, als die genannten Übungen mit einer Gewichtsbelastung zu bewältigen, die nur auf einem Teil des Weges eine maximale Anstrengung des Übenden verlangt. In diesem Fall wären nur sehr kurze Bewegungsstrecken unter großen Krafteinsätzen möglich, da dann günstige Winkelverhältnisse und die Schwerkraft die Belastungsintensität für den Probanden erheblich verringern würden. Das Prinzip der dynamischen Übereinstimmung wäre dann nicht mehr erfüllt. Aus diesen Überlegungen heraus fiel die Entscheidung für den Einsatz der Hilfsperson.

- Ansteuerungsverlauf: Das Krafttraining verlief über einen Zeitraum von 8 Wochen mit 3 Trainingseinheiten pro Woche. Zu Beginn wurden die Maximalkraftwerte der Übungen mit Hanteln ermittelt. An diesen Werten wurde das Training dann orientiert. Die Intensitäten bewegten sich immer im Bereich zwischen 90 und 100%, die Wiederholungszahlen zwischen 1 und 5. Bei allen Übungen wurde auf maximal schnellen Krafteinsatz geachtet. Jede Übungsform kam pro Trainingseinheit 4 mal zur Anwendung. Da sich mit zunehmender Trainingsdauer auch die Maximalkraftwerte veränderten, wurde zu Beginn einer neuen Trainingswoche ein neuer Maximalkrafttest durchgeführt. Die Belastungen konnten dann, wie oben erwähnt, entsprechend

angepaßt werden. Bei keiner Versuchsperson kam es während des Ansteuerungsverfahrens zu Verletzungen.

Exemplarisch ist im folgenden das Training der Vp. 1 in der zweiten und achten Woche dargestellt:

Zweite Woche:

1. Überzüge: 15kg + Partner, 4 Wiederholungen, 4 Serien.
2. Bankdrücken: 70kg, 3 Wiederholungen, 3 Serien, 75kg, 2 Wiederholungen, 1 Serie.
3. Aufzüge: Körpergewicht, 3 Wiederholungen, 4 Serien.
4. Sit-Up: 10kg + Partner, 3 Wiederholungen, 4 Serien.
5. Beinzüge: Partner, 3 Wiederholungen, 4 Serien.
6. Rückenübung: 10kg, 10 Wiederholungen, 4 Serien.

Achte Woche:

1. Überzüge: 20kg + Partner, 3 Wiederholungen, 4 Serien.
2. Bankdrücken: 75kg, 4 Wiederholungen, 1 Serie, 80kg, 2 Wiederholungen, 2 Serien, 82,5kg, 1 Wiederholung, 1 Serie.
3. Aufzüge: Körpergewicht + 2.5kg, 3 Wiederholungen, 4 Serien.
4. Sit-Up: 15kg + Partner, 3 Wiederholungen, 4 Serien.
5. Beinzüge: Partner, 3 Wiederholungen, 4 Serien.
6. Rückenübung: 20kg, 10 Wiederholungen, 4 Serien.

Die Darstellung zeigt die Steigerung der Belastungsintensität während des Trainings und dokumentiert schon Leistungsfortschritte, da die Vp. 1 in der achten Woche deutlich höhere Gewichte bewältigen konnte. In ähnlicher Weise verlief die Ansteuerung bei den anderen Versuchspersonen. Unterschiede bestanden meist nur in der Wahl der jeweiligen Gewichte bzw. Zusatzbelastungen.

6. Untersuchungsergebnisse und Interpretation

Die deskriptiven Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 1 und 2 zusammengefaßt. In Tabelle 1 gibt die erste Zeile einer jeweiligen Versuchsperson die Werte vor Ansteuerungsbeginn an, die zweite Zeile die Werte nach Ende des Trainingsprogrammes. In der Tabelle 2 sind die prozentualen Veränderungen wiedergegeben, wobei die Leistung vor Trainingsbeginn als 100% gesetzt wird.

Tabelle 1 Veränderungen der Merkmale der einzelnen Versuchspersonen

VP	BL [m]	V _{auff} [m/s]	MSB [Nm/N]	MHB [Nm/N]	A _{pect} [cm ²]	A _{lat} [cm ²]	A _{soas} [cm ²]	A _{rec} [cm ²]	A _{obliq} [cm ²]	A _{biceps} [cm ²]	A _{triceps} [cm ²]
1	4,00	3,29	0,23	0,34	44,57	25,36	21,16	9,53	18,34	36,97	24,01
	4,30	3,53	0,26	0,42	51,70	26,87	25,31	10,32	20,40	40,71	25,85
2	4,00	2,85	0,18	0,36	31,31	23,91	17,53	8,88	12,06	13,71	24,27
	4,20	3,07	0,21	0,40	34,02	26,36	18,77	9,86	13,89	15,08	28,86
3	4,20	3,04	0,26	0,26	31,13	20,87	14,11	9,33	12,78	19,13	28,03
	4,50	3,60	0,29	0,30	34,49	22,47	15,41	11,38	15,06	20,05	33,05
4	3,90	3,05	0,19	0,29	37,81	22,19	21,06	6,69	9,91	28,91	22,45
	4,05	3,23	0,20	0,35	41,42	23,96	21,38	10,02	10,96	31,18	29,66
5	4,10	3,21	0,27	0,31	49,74	33,28	19,02	12,70	11,66	37,05	32,76
	4,30	3,52	0,30	0,41	55,52	36,20	21,22	14,42	12,02	37,68	35,62
\bar{x}	4,04	3,09	0,23	0,31	38,91	25,12	18,58	9,43	12,95	27,15	26,30
	4,27	3,39	0,25	0,38	43,43	27,17	20,42	11,20	14,47	28,94	30,61
SD	0,11	0,17	0,04	0,04	8,20	4,87	2,92	2,15	3,19	10,52	4,15
	0,16	0,23	0,05	0,05	9,84	5,35	3,65	1,89	3,68	11,08	3,80

Tabelle 2 Prozentuale Veränderungen der Mittelwerte der Gesamtgruppe

Merkmal	Veränderung in % nach Ansteuerung
BL	+ 5,69
V _{auff}	+ 9,71
MSB	+ 8,70
MHB	+ 22,58
A _{pect}	+ 11,62
A _{lat}	+ 8,16
A _{soas}	+ 9,90
A _{rec}	+ 18,77
A _{obliq}	+ 11,74
A _{biceps}	+ 6,59
A _{triceps}	+ 16,39

Aus den Tabellen wird ersichtlich, daß sich bei allen Versuchspersonen in allen Merkmalen Verbesserungen ergeben haben. Eine Überprüfung mit dem parameterfreien Wilcoxon-Test zeigt, daß alle Verbesserungen auf dem 5%-Niveau signifikant sind.

Die Aufrollgeschwindigkeit kann im Mittel um fast zehn Prozent gesteigert werden. Diese Verbesserung kann auf die deutliche Verbesserung der relativen Drehmomente der Hüftbeuger zurückgeführt werden. Die Probanden sind während des Sprunges schneller in der Lage, ihr Massenträgheitsmoment zu verringern, weil sie die Beine rascher zur Brust ziehen können. Dieses Bewegungsverhalten unterstützt eine große Aufrollgeschwindigkeit und damit das Erreichen einer Position für den Drehumstütz, die eine effektive Übertragung der Spannungsenergie des Stabes auf den Springer gewährleistet..

Die starke Verbesserung der relativen Drehmomente der Hüftbeuger erklärt sich vermutlich aus der deutlichen Querschnittsserhöhung der geraden Bauchmuskulatur (M. rectus abdominis), der im oben beschriebenen Trainingsprogramm bei den sit-ups und den Beinzügen speziell belastet wurde. Die Querschnittsvergrößerung des Armstreckers (M. triceps) kann durch das intensive Bankdrücken und z.T. durch die Aufzüge erklärt werden.

Insgesamt läßt sich feststellen, daß sich sowohl alle Muskelquerschnitte als auch alle relativen Drehmomente signifikant erhöht haben, was nicht unbedingt den Erwartungen entspricht. Die überzufällige Muskelquerschnitts- und damit auch Massen- bzw. Gewichtszunahme der Muskulatur kann trotzdem positiv bewertet werden, da die Steigerung der relativen Drehmomente die Massenzunahme der Muskulatur überkompensiert.

7. Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß das durchgeführte Maximalkrafttraining zu signifikant höheren Aufrollgeschwindigkeiten, Muskelquerschnitten und Kraftkennwerten geführt hat. Letztlich äußert sich dies auch in den Verbesserungen der einzelnen Bestleistungen der Springer, die sich zwischen 15 und 30 cm pro Athlet bewegen. Darüberhinaus wird die Berücksichtigung des von DJATSCHKOW (1977) formulierten "Prinzips der dynamischen Übereinstimmung", wonach sowohl der dynamische als auch der kinematische Verlauf der Trainingsübungen eine hohe Affinität mit der Wettkampfbewegung aufweisen soll, zu dem Trainingserfolg wesentlich beigetragen haben.

Das Leistungsvermögen der in der Untersuchung erfaßten Stichprobe ist dem Nachwuchsbereich zuzuordnen. Bei einer Übertragung auf den Hochleistungsbereich wird man wegen der mit zunehmender Leistung geringer werdenden Leistungszuwächse mit entsprechend kleineren Steigerungen rechnen müssen. Grundsätzlich ist nach dem bisherigen Kenntnisstand davon auszugehen, daß ein wie hier praktiziertes techniknahes Maximalkrafttraining auch bei höchstem Leistungsniveau Kraftreserven mobilisieren und zur Verbesserung der komplexen sportmotorischen Leistung führen kann. Insbesondere bei hoch trainierten Athleten ist dann allerdings nicht mehr mit starken Zunahmen der Muskelquerschnitte, wie in der beschriebenen Untersuchung, zu rechnen. Ein derartige Ergebnis müßte positiv interpretiert werden, da ein erhöhtes Kraftniveau bei gleicher Masse zu größerer Beschleunigungsfähigkeit führt.

8. Literatur

- ADAM, K. / WERSCHOSHANSKIJ, J.V.: Modernes Krafttraining im Sport. Berlin 1972
- BÜHRLE, M. (Hrsg.): Grundlagen des Maximal- und Schnellkrafttrainings. Schorndorf 1985
- DATSCHKOW, W.M.: Die Steuerung und Optimierung des Trainingsprozesses. Berlin 1977
- GEESE, R.: Biomechanische und trainingswissenschaftliche Untersuchung zum Stabhochsprung. Frankfurt a. M. 1991
- GROSSER, M./EHLENZ, H./ZIMMERMANN, E.: Richtig Muskeltraining. München 1984
- HOCHMUTH, G./MARHOLD, G.: Zur Weiterentwicklung der biomechanischen Prinzipien. In: Wissenschaftliche Zeitschrift der DHFK Leipzig 1978, 2, 63-71
- HOWALD, H.: Morphologische und funktionelle Veränderungen der Muskelfasern durch Training. In: Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin 1984, 5-14
- HOWALD, H.: Veränderungen der Muskelfasern durch Training. In: Leistungssport 1989, 3, 18-24
- MARTIN, D./CARL, K./LEHNERTZ, K.: Handbuch Trainingslehre. Schorndorf 1991
- MÜLLER, K.J.: Statische und dynamische Muskelkraft. Frankfurt a. M. 1987
- RECKLING, K.-A.: Mechanik I. Berlin 1968
- SCHMIDT, R.F.: Grundriß der Neurophysiologie. Berlin 1977
- SCHMIDTBLEICHER, D.: Maximalkraft und Bewegungsschnelligkeit. Bad Homburg 1980
- WERSCHOSHANSKIJ, J.V.: Grundlagen des speziellen Krafttrainings. In: ADAM, K. / WERSCHOSHANSKIJ, J.V.: Modernes Krafttraining im Sport. Berlin 1972
- WIRHED, R.: Sportanatomie und Bewegungslehre. Stuttgart, New York 1984
- WOZNIK, T.: Teilergebnisse der biomechanischen Leistungsdiagnostik, Stabhochsprung. In: BALLREICH, R. / BAUMANN, W. (Hrsg.): Biomechanische Leistungsdiagnostik. Berlin 1983, 131-147