

F. Marschall, M. Fröhlich

Überprüfung des Zusammenhangs von Maximalkraft und maximaler Wiederholungszahl bei deduzierten submaximalen Intensitäten

Testing the correlation between maximal strength and repetition maximum for deduced lower levels of intensity

Sportwissenschaftliches Institut der Universität des Saarlandes, Arbeitsbereich Bewegungs- und Trainingswissenschaft (Leiter: Prof. Dr. R. Dausg)

Zusammenfassung

Empfehlungen für das Krafttraining beruhen hinsichtlich der Intensitätsangaben auf Prozentwerten in Relation zum Kraftmaximum. Für die unterschiedlichen Ziele eines Krafttrainings sind diesen Intensitäten Wiederholungszahlen zugeordnet. Eine empirische Überprüfung der maximal möglichen Wiederholungszahlen bei den Intensitäten 50%, 60%, 70%, 80% und 90% zeigt statistisch bedeutsame Unterschiede in Abhängigkeit von der Kraftübung (Beinpresse, Latissimus-Zug und Bankdrücken). Die Ergebnisse legen nahe, nicht die Maximalkraft, sondern die mit einer bestimmten Wiederholungszahl erreichte Beanspruchung der Muskulatur als Grundlage für die Belastungsdosierung zu wählen. Hypertrophietraining sollte mit 8 - 15 Wiederholungen und einer völligen Erschöpfung nach jeder Serie, Kraftausdauertraining mit einer Wiederholungszahl, die maximal 2 min realisiert werden kann, durchgeführt werden.

Schlüsselwörter: Krafttraining, Belastungsdosierung, Wiederholungszahlen

Summary

Intensity recommendations for strength training are based on percentages of 1 Re-

petition Maximum (1RM). As a rule this percentage is assigned to a fixed number of repetitions related to the different goals of strength training. The empirical test of repetition maximums shows statistical differences at the same levels of intensity (50%, 60%, 70%, 80% and 90% of 1 RM) dependent on the exercise (leg press, lat pull and bench press). The results of this study indicate that a given number of repetitions cannot be associated with a particular percent of 1 RM. Therefore exhaustive repetitions should be used as orientation for the goal related load in strength training. 8 - 15 exhaustive repetitions per set are positive for muscle hypertrophy whereas maximal repetitions within a time of 2 min are positive for strength endurance.

Keywords: Strength training, load and strain, repetition maximum

Problemstellung: Deduktive Beanspruchungsermittlung

Eine Literaturanalyse zur Belastungsdosierung im Krafttraining führt i.d.R. auf *Schmidtbleicher* (27, 28) zurück. Die dort dargestellten Trainingsmethoden geben, bezogen auf die maximale isometrische Kraft (MVC), zur Dosierung der Intensität

prozentuale Angaben und Wiederholungszahlen an. Dieses Vorgehen entspricht einer deduktiven Beanspruchungsermittlung, wie sie in arbeitswissenschaftlichen Ansätzen (vgl. 21) zur Auswahl einer angemessenen Belastung vorgeschlagen wird. Prozentangaben und Wiederholungszahlen sollten danach den Grad der ressourcenabhängigen Ausschöpfung der individuellen Fähigkeit „Maximalkraft“ angeben (31, S. 18). Der Begriff Intensität wird allerdings in Zusammenhang mit Angaben zum Krafttraining alleine auf die bewältigte Last bezogen und gibt nicht den Grad der Ausschöpfung der zugrundeliegenden Stoffwechselprozesse und mechanischen Beanspruchungen an, die zur Ansteuerung spezifischer Trainingsziele (Muskelhypertrophie, intramuskuläre Koordination, Kraftausdauer) erreicht werden sollen (vgl. im Überblick 12). Implizit wird angenommen, daß bei gegebener Intensität (Prozentangabe in Relation zur Maximalkraft) in etwa die zugeordnete Wiederholungszahl realisiert bzw. aus einer realisierten Wiederholungszahl auf die Intensität geschlossen werden kann (vgl. 11). Hierbei entsprechen die konkreten Zahlenangaben fast exakt den Angaben für dynamisches (22; 30; 33) und denen für statisches Krafttraining (15). Ähnliche Angaben findet man für den Bereich der manuellen und medizinischen Sporttherapie (10).

In der praktischen Anwendung finden sich die genannten Zuordnungen in zahlreichen Handlungsempfehlungen wie der folgenden wieder: „Analog der trainingsmethodischen Vorgaben (...) wird die Anzahl der bei der Trainingsbewegung gehobenen Gewichte (...) erhöht. An diesem Maximalwert, der 100% entspricht, relativieren sich in prozentualer Angabe die den unterschiedlichen Trainingsmethoden zugeordneten Intensitäten.“ (11, S. 55).

Auch die Abschätzung des Grades der Beanspruchung aus der Wiederholungszahl ist insbesondere im Fitneß und Rehabilitationstraining weit verbreitet: „Das richtige Trainingsgewicht wird von uns hierzu (Programme des medizinischen Aufbautrainings; F.M.) in Prozentzahlen von der Maximalkraft angegeben. Ist es dem Patienten möglich, ein Gewicht zehnmal zu bewegen und spürt er beim zehnten Mal eine gewisse muskuläre Bela-

stung, so liegt er etwa in einem Kraftleistungsbereich von 60% - 70%. Bei 25-maliger Ausführung (...) bei etwa 40% (...).“ (29, S. 11; auch 16, S. 35).

Darstellungen der auf *Zatsiorsky/Kulik* zurückgehenden Zahlen, wie sie bei den o.g. Autoren zu finden sind, fördern die Vorstellung, daß die angegebenen Wiederholungszahlen unabhängig von der Muskelgruppe bezogen auf die zugeordnete Intensität ein Wiederholungsmaximum darstellen.

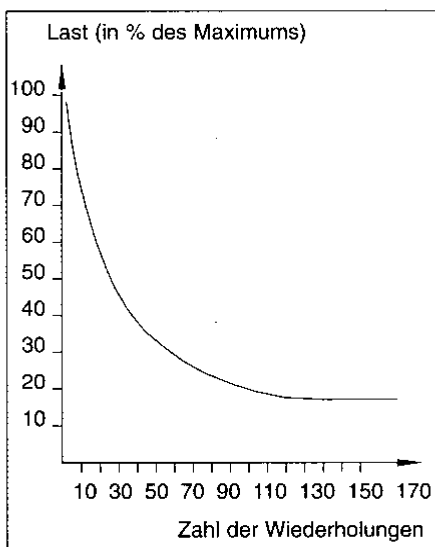


Abbildung 1: Graphische Darstellung der Beziehung von Lastgröße und Wiederholungszahl (n. *Zatsiorsky/Kulik* in 22, S. 52)

Die wiederholungsorientierte Trainingspraxis im Bodybuilding und in der physiotherapeutischen Anwendung, die Angaben von *Zatsiorsky* selbst (32, S. 108 und 247), kritische Anmerkungen zur Interpretation der dort angegebenen Zahlen (1; 25; 27) und empirische Befunde (5; 6; 13; 14) veranlaßten uns, das Verhältnis von maximalen Wiederholungszahlen und Intensität bei unterschiedlichen Muskelgruppen zu erfassen und mit den für das Bankdrücken bereits vorliegenden Zahlen von *Zatsiorsky/Kulik* zu vergleichen.

Methodik

In zwei experimentellen Untersuchungen an insgesamt 33 männlichen Sportstudierenden mit Krafttrainingserfahrung (Latissimus-Zug: N = 18; Beinpresse (unilateral): N = 15; vgl. Tab 1) wurden ausgehend

von der isometrischen Maximalkraft (MVC) in der für die konzentrische Messung jeweils definierten Ausgangswinkelstellung die konzentrische Maximalkraft als Ein-Wiederholungs-Maximum, (EWM) bestimmt.

	Latissimuszug N = 18	Beinpresse N = 15
Alter (Jahre)	24,6 ± 3,0	25,7 ± 4,6
Größe (cm)	178,7 ± 6,1	178,5 ± 5,2
Gewicht (kg)	74,6 ± 6,4	73,9 ± 6,4

Tabelle 1: Anthropometrische Daten der Untersuchungsteilnehmer (Mittelwert ± Standardabweichung)

Als isometrische Maximalkraft wurde der höchste Wert angenommen, der im Zeitraum von 2 - 5 sec. (vgl. 20) gegen einen unüberwindlichen Widerstand entwickelt und mit Hilfe einer piezoelektrischen Kraftmeßdose erfaßt wurde. Die Messung der isometrischen Maximalkraft erlaubt aufgrund der bekannten Beziehung zur konzentrischen Maximalkraft (vgl. 28) eine Reduktion der Versuche zur Ermittlung der konzentrischen Maximalkraft, in unserem Fall das EWM. In Abhängigkeit von der dort bewältigten Last wurden die Lasten für 95% (nur Latissimus-Zug), 90%, 80%, 70%, 60% und 50% (Latissimus-Zug und Beinpresse) berechnet.

An insgesamt 3 Untersuchungsterminen mit mindestens 3 Tagen Pause realisierten die Probanden nach einem standardisierten Aufwärmprogramm und einer erneuten Messung des EWM mit der daraus berechneten Last ihre maximale Wiederholungszahl bis zum über die Bewegungsqualität definierten Belastungsabbruch (Termin 1: 70%; Termin 2: 90% und 60%; Termin 3: 80% und 50%). Als Kontrollvariablen wurden das Bewegungstempo und verschiedene personenspezifische Daten (Trainingsarten, Trainingsumfang etc.) erfaßt. Die Bewegung wurde in beiden Fällen langsam kontinuierlich mit einer Frequenz von 25 - 30 Zyklen pro Minute und gleichem Verhältnis von exzentrischer und konzentrischer Phase durchgeführt (ausführlich zur Methode vgl. 8; 19). Der Test für das Wiederholungsmaximum der niedrigeren Intensität wurde nach dem der höheren Intensität und einer Pause von 10 Minuten absolviert. Damit sollten Ermüdungseinflüsse aufgrund der möglichen Überlage-

rung von Stoffwechsel- und/oder neuromuskulären Prozessen minimiert werden. Sequenzeffekte sind dabei nicht auszuschließen, wären jedoch in einer eigenen Untersuchung systematisch zu betrachten. Die Daten wurden mit t-Tests für unabhän-

gige Stichproben analysiert. Die mehrfache Anwendung dieser Tests ist durch eine Adjustierung des α -Niveaus berücksichtigt. Dies führt unter Anwendung der entsprechenden Formel (3, S. 248) zu einer kritischen Signifikanzschranke von $\alpha^* = .01$. Die Vergleiche mit den Angaben von *Zatsiorsky/Kulik* (33) wurden aufgrund der fehlenden Angaben von Streuungsmaßen mit einem Einstichproben - t-Test (vgl. 26, S. 201 ff.) ebenfalls unter Berücksichtigung eines adjustierten Signifikanzniveaus von $\alpha^* = .01$ gerechnet.

Ergebnisse

Muskelgruppe und Trainingszustand beeinflussen die maximale Wiederholungszahl

Der Vergleich der mittleren Wiederholungszahlen der Kraftübungen Latissimus-Zug, Beinpresse und Bankdrücken (Zahlenangaben nach 33) sind in Tabelle 2 dargestellt.

Betrachtet man zunächst die mittleren Wiederholungszahlen von Beinpresse und Latissimus-Zug, zeigen sich auf allen Intensitätsstufen statistisch bedeutsame Unterschiede der Wiederholungsmaxima. Außer bei den Intensitäten 95% und 90% ergeben sich auf allen anderen Intensitätsstufen auch statistisch bedeutsame Unterschiede der mittleren Wiederholungszahlen im Vergleich zu den bei *Zatsiorsky/Kulik* (33) aufgeführten Werten. Eine genauere Betrachtung der vorgelegten Daten bei einzelnen Sportlern, deren Krafttraining sich hinsichtlich der Belastungsgrößen deutlich unterscheidet, zeigt erhebliche von den o.g. Durchschnittswerten abweichende Unterschiede

der bei gleicher Intensität realisierten maximalen Wiederholungszahlen (vgl. Abb. 2)

kel-Gelenk-Einheiten zurückgeführt werden. Damit werden bereits vorliegende Be-

Die Ergebnisse belegen, daß generelle Angaben zu Wiederholungsmaxima unterhalb einer Intensität von 90% - 95% des EWM unzulässig sind. Es liegt die Vermutung nahe, daß die für eine ausgewählte Stichprobe und eine spezifische Kraftübung (Bankdrücken) ermittelte Zuordnung von Wiederholungszahlen und dem dabei realisierten Anteil der Maximalkraft (33) ohne eine entsprechende empirische Überprüfung generalisiert wurde (30). So scheint es kein Zufall, daß die in der trainingswissenschaftlichen Literatur vorfindlichen und als allgemeingültig dargestellten Wiederholungszahlen und Intensitäten genau den Werten bei Zatsiorsky/Kulik (33) entsprechen. Dies verwundert umso mehr, als Zatsiorsky (32, S. 108) selbst dazu sagt, daß „keine feste Beziehung zwischen der Größe der gehobenen Last (...) und der Wiederholungszahl bis zum Abbruch RM (besteht). Dieses Verhältnis variiert bei verschiedenen Sportlern und Bewegungen“.

Darstellungen wie die von Weineck (30) und Interpretationen wie die eingangs dargestellten müssen deshalb hinsichtlich ihrer Reichweite und praktischen Bedeutung nachhaltig in Frage gestellt werden. Die vorgelegten Ergebnisse beim Latissimus-Zug und der Beinpresse lassen sich in die Annahme von Schmidbleicher (27, S. 24) einordnen, wonach die am EWM orientierten Intensitäten im Fitneß- und

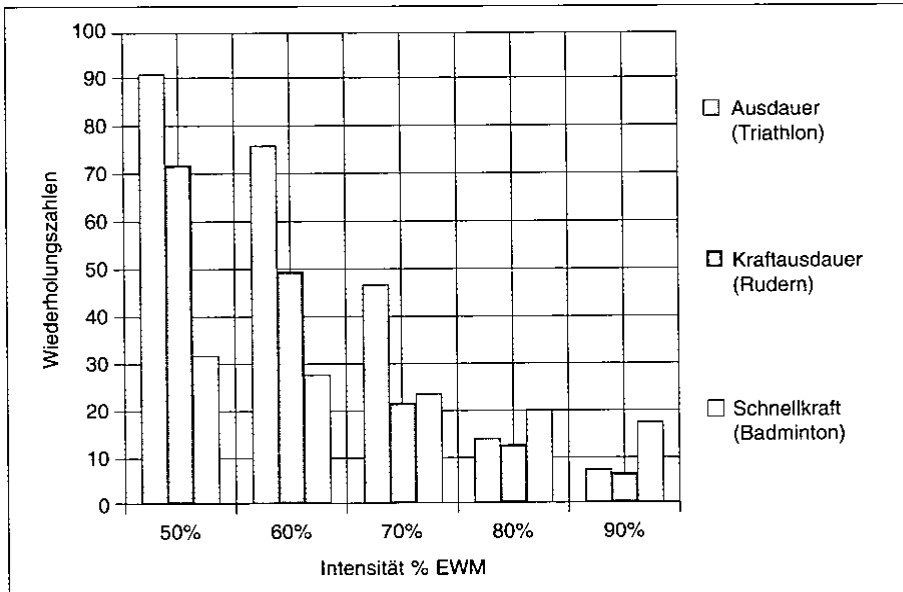


Abbildung 2: Maximale Wiederholungszahlen in Abhängigkeit von der Intensität bei verschiedenen Sportlern und Kraftübungen (Rudern: Latissimus-Zug; Triathlon und Badminton: Beinpresse)

Die von vielen Autoren vermutete bzw. unterstellte Möglichkeit, aus realisierten Wiederholungszahlen einer Intensitätsstufe auf die anderer Intensitätsstufen oder die Maximalkraft zu schließen würde unter der Annahme eines linearen Zusammenhangs eine hohe Korrelation und entsprechende Varianzaufklärung voraussetzen. Dies ist alleine für den Zusammenhang der Wiederholungszahlen bei 50% und 60% gegeben. Nur für diese beiden Intensitätsstufen läßt sich bei den vorliegenden Daten auch ein linearer Zusammenhang vermuten (vgl. dazu auch 1). Aufgrund der geringen Anzahl von Datensätzen können allerdings Prüfungen der tatsächlichen Arten des Zusammenhangs von Wiederholungszahlen nicht durchgeführt werden.

funde (6; 13; 14) bestätigt. Es liegt die Vermutung nahe, daß die jeweils höheren Wiederholungszahlen bei gleicher Intensität durch Kompensationsmechanismen der mehr beteiligten synergistischen Muskelgruppen zustande kommen (7). Möglicherweise beeinflussen auch die unterschiedlich zu kontrollierenden Freiheitsgrade der

Intensität	Latissimus-Zug N = 18	Beinpresse N = 15	Bankdrücken* N = 16			
				p (a/b)	p (a/c)	p (b/c)
50%	33,1 ± 10,7	53,2 ± 23,9	25	.003	.005	<.001
60%	23,7 ± 7,0	36,0 ± 14,9	18	.004	.003	<.001
70%	15,1 ± 2,9	25,3 ± 8,6	12	<.001	<.001	<.001
80%	9,8 ± 1,4	17,5 ± 5,3	8	<.001	<.001	<.001
90%	5,6 ± 1,2	10,4 ± 2,9	5	<.001	.052	<.001

Tabelle 2: Vergleich der maximalen Wiederholungszahlen bei unterschiedlichen Intensitäten für die Übungen Latissimus-Zug, Beinpresse und Bankdrücken (Mittelwert ± Standardabweichung); *die Angaben sind der Originalliteratur entnommen und enthalten keine Angaben zur Standardabweichung

Diskussion

Plädoyer für eine Integration induktiver und deduktiver Beanspruchungsermittlung

Die gefundenen Unterschiede der Wiederholungsmaxima auf den verschiedenen Intensitätsstufen können zunächst auf den Einfluß der Muskelgruppe bzw. Übung (Extensoren-Flexorenkette von Armen und Beinen) und der damit verbundenen unterschiedlichen Anzahl der beteiligten Mus-

beteiligten Gelenke die gefundenen Unterschiede. Wie die detaillierte Einzelbetrachtung zeigt, scheinen allerdings auch andere Faktoren wie die Höhe der Maximalkraft, die bevorzugte Krafttrainingsart, sportartspezifisch bevorzugte Kraftbelastungen und schließlich die Expertise bezüglich Krafttraining/Maximalkraftentfaltung einen Einfluß auf die Ausprägung der gezeigten Unterschiede zu haben (vgl. zusammenfassend 18).

Rehatraining meist zu niedrig gewählt werden. Würde man z.B. an der Beinpresse ein Hypertrophietraining mit 80% des EWM und 10-12 Wiederholungen statt der im Mittel möglichen 17-18 Wiederholungen empfehlen, wäre die tatsächliche Beanspruchung nur etwa im Bereich von 55% anzusiedeln und damit für einen Hypertrophieeffekt zu gering, zumindest aber nicht optimal und damit ineffektiv. Aus der Sicht der Autoren wäre grundsätz-

lich zu überprüfen, inwieweit die auf Intensitätsangaben in Relation zur Maximalkraft beruhenden Wiederholungsangaben für das Krafttraining generell nutzbar sind (vgl. die gängige trainingswissenschaftliche und trainingspraktisch orientierte Literatur). Schon *Bührle* (4, S. 94) hat unter Berufung auf *Berger* (2) und *O'Shea* (23) darauf hingewiesen, „... daß z.B. für das Hypertrophietraining die Belastungshöhe so zu wählen (ist), daß nach jeder Serie (mit 6 - 8 Wiederholungen) keine weitere Wiederholung mehr gelingt.“ Dies läßt sich mit der optimalen Beanspruchung von Stoffwechselprozessen und spezifischen mechanischen Beanspruchungen (vgl. 9) begründen, die für die Auslösung des Hypertrophieeffektes als ursächlich betrachtet werden. Ein solcher Bezug würde die Angabe der Intensität in Relation zur Maximalkraft eigentlich überflüssig machen. Die methodischen Probleme bei der Bestimmung der erforderlichen Last sollten sich von denen bei der Bestimmung des EWM nicht wesentlich unterscheiden (vgl. dazu 19). Auch für die übrigen Trainingsmethoden, wie für das Kraftausdauer-Training und das Training der intramuskulären Koordination (vgl. z.B. 18, S. 67-87) wäre eine an der jeweiligen optimalen Beanspruchung von Muskel- und Bindegewebe, Stoffwechselvorgängen und neuromuskulären Steuerungsprozessen orientierte maximale Wiederholungszahl sehr viel hilfreicher als die üblichen einer Prozentangabe zugeordnete Wiederholungszahl. Für die Ansteuerung eines Hypertrophieeffektes bedeutet dies unter Berücksichtigung gängiger Erklärungsansätze (vgl. zusammenfassend 12) die Wahl einer Last, die maximal zwischen 8 und 15 Wiederholungen ermöglicht und den Muskel über eine Dauer von 45 - 60 sec. beansprucht. Die Last für ein intramuskuläres Koordinationstraining wäre entsprechend so zu wählen, daß maximal 3 - 5 Wiederholungen mit explosiver Bewegungsausführung realisiert werden können. Nur so scheint eine optimale Beanspruchung der neuromuskulären Ansteuerung über Rekrutierung und Frequenzierung gewährleistet. Sowohl im Falle des Hypertrophie-Trainings als auch des IK-Trainings sollte es dann unerheblich sein, ob die genannten Beanspruchungen mit 95%, 90% oder 80% der isometrischen Maximalkraft oder

des EWM erreicht werden. Für ein in Serien organisiertes Training müßte folgerichtig die pro Serie zu bewältigende Last so angepaßt werden, daß die maximal mögliche Wiederholungszahl in einem bestimmten Korridor verbleibt. Für die Belastungsdosierung im Kraftausdauer-Training liegen bisher keine detaillierten Angaben zu optimalen Beanspruchungen vor. Bei einer Last, die maximal 25 - 30 Wiederholungen ermöglicht (vgl. verschiedene Trainingsempfehlungen), wird die Beanspruchung mit jeder Wiederholung über die Zeit ansteigen (vgl. 24; 22, 76). Damit würde im Verlauf der Serie eine Verschiebung der Stoffwechselvorgänge stattfinden, so daß möglicherweise nicht mehr vorwiegend die Kraftausdauer, sondern auch die Muskelhypertrophie angesteuert wird. Unter der Annahme möglicherweise ganz unterschiedlicher ansteuernder Beanspruchungseffekte (optimale Spannung und maximaler Energieumsatz bei Hypertrophie; hinreichende Spannungsdauer im Bereich des anaerob-laktaziden Stoffwechsels bei der Kraftausdauer) wäre also für das Kraftausdauer-Training zu klären, ob mit der angegebenen Wiederholungszahl analog zu den Angaben beim Hypertrophietraining eine maximale Beanspruchung der Muskulatur pro Serie oder erst über die Gesamtzahl von 4 - 6 Serien erreicht werden soll. In Analogie zur Steuerung des Ausdauertrainings über die Beanspruchungsparameter Laktat und/oder Herzfrequenz würde eine in dieser Weise über die Beanspruchung definierte maximale Wiederholungszahl die für Anpassungen relevanten Parameter Belastungsdauer und Belastungshöhe (Intensität) für die Anwendung im Krafttraining integrieren. Deshalb erscheint die Suche nach geeigneten und handhabbaren Beanspruchungsparametern im Krafttraining als sinnvolle Perspektive. Eine Integration induktiver und deduktiver Beanspruchungsermittlung (vgl. 31, S. 21/22) könnte zum einen die Ermittlung des EWM überflüssig, zum anderen aber auch sehr viel transparenter machen, welches die den jeweiligen Krafttrainingsmethoden zuzuordnenden Beanspruchungen sind. „Mißverständnisse“, wie sie bei den oben zitierten Autoren auftreten und teilweise zu abenteuerlichen Interpretationen führen, sollten damit ge- genstandslos werden:

„Auf einen Maximalkrafttest können sie verzichten. (...) Beim Anfänger geht man davon aus, daß bei 10 möglichen Wiederholungen in der letzten Serie eine Intensität von 50 Prozent zur Maximalleistung vorliegt. Jede Wiederholung weniger bedeutet eine 5-prozentige Intensitätssteigerung.“ (17, S. 143)

Die beschriebene Form der induktiv orientierten Beanspruchungsermittlung bietet darüberhinaus die Möglichkeit, für viele funktionsgymnastische Kraftübungen trainingswirksame Übungsvarianten zu definieren. Diese sollten so gewählt werden, daß eine dem Trainingsziel entsprechende maximale Wiederholungszahl realisiert werden kann. Je nach Zielgruppe und Leistungsstand wäre dann bspw. ein Bauch-Crunch für das Hypertrophietraining so zu erschweren und auszuführen, daß maximal 12 - 15 Wiederholungen möglich sind. Die gleiche Übung könnte entsprechend für ein Kraftausdauertraining so „erleichtert“ sein, daß 25 - 30 Wiederholungen pro Serie erreicht werden. Damit würde eindeutig den oft unsinnigen Empfehlungen „führen Sie diese Übung mit 15 - 20 Wiederholungen durch“, die keinerlei Angaben über den damit zu erreichenden Grad der Beanspruchung enthalten, deutlich begegnet werden.

Die Autoren danken Herrn Dr. H. Felder (OSP Rheinland-Pfalz/Saarland) für die Unterstützung und die Bereitstellung der Meßapparatur.

Literatur

1. *Bayer, G., J. Ramlow*: Verhältnis von Kraft- und Ausdauerfähigkeiten für die Vervollkommnung der Kraftausdauer im Rennrudern. *Leistungssport* 23 (1993) 3, 15-19.
2. *Berger, R.*: Effect of varied weight training programs on strength. *Research Quarterly of Exercise and Sports* 33 (1962), 168-181.
3. *Bortz, J.*: Statistik für Sozialwissenschaftler. Springer, Berlin, Heidelberg u.a. 1993.
4. *Bührle, M.*: Dimensionen des Kraftverhaltens und ihre spezifischen Trainingsmethoden. *M. Bührle, (Ed): Grundlagen des Maximal- und Schnellkrafttrainings*. Hofmann, Schorndorf 1985, 82-111.
5. *Buskies, W., W. U. Boeckh-Behrens*: Probleme bei der Steuerung der Trainingsintensität im Krafttraining auf der Basis von Maximalkrafttests. *Leistungssport* 29 (1999) 3, 4-8.

6. *Buskies, W., W. U. Boeckh-Behrens, K. Zieschang*: Möglichkeiten der Intensitätssteuerung im gesundheitsorientierten Krafttraining. *Sportwiss* 26 (1996) 2, 170-183.
7. *Felder, H.*: Bestimmung der Antagonistentätigkeit am Beispiel der Kniestreckung: Eine neue Möglichkeit zur muskulären Zustandsdiagnostik und zur Krafttrainingssteuerung. *Dtsch Z Sportmed* 45 (1994), Sonderheft, 24-25.
8. *Fröhlich, M., F. Marschall*: Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung der isometrischen und konzentrischen Maximalkraft. Vortrag auf der Jahrestagung der dvs-Sektion Trainingswissenschaft, 26. (28.06.1999 Jena zur Veröffentlichung angenommen).
9. *Goldspink, G.*: Cellular and molecular aspects of adaptation in skeletal muscle. *Komi, P. V.* (Ed): *Strength and Power in Sport*. Blackwell Scientific Publications, Oxford 1992, 211-229.
10. *Gustavsen, R., R. Streeck*: Trainingstherapie im Rahmen der Manuellen Medizin. Thieme, Stuttgart, New York 1997.
11. *Heinold, M.*: Muskelkraftdiagnostik und Muskelkrafttraining bei neuromuskulären Erkrankungen. Harry Deutsch Verlag, Frankfurt/M. 1995.
12. *Hemmling, G.*: Anpassungen des neuromuskulären Systems an eine neuentwickelte Trainingsmethode. *Sport und Buch Strauß*, Köln 1994.
13. *Hoeger, W.K., D. R. Hopkins, S. L. Barette, D. F. Hale*: Relationship between repetitions and selected percentages of one repetition maximum: A comparison between untrained and trained males and females. *Journal of Applied Sport Science Research* 4 (1990) 2, 47-54.
14. *Hoeger, W.K., S.L. Barette, D.F. Hale, D.R. Hopkins*: Relationship between repetitions and selected percentages of one repetition maximum. *J Appl Sports Sci Res* 1 (1987) 1, 11-13.
15. *Hollmann, W., T. Hettinger*: *Sportmedizin. Arbeit und Trainingsgrundlagen*. Schattauer, Stuttgart, New York 1990.
16. *Horn, H.-G., H.-J. Steinmann*: *Medizinisches Aufbautraining*. Stuttgart u.a., Gustav Fischer 1998
17. *Hottenrott, K., M. Zülch*: *Ausdauertrainer Laufen*. Rowohlt, Reinbek 1997.
18. *Kibele, A.*: Bedingungsfaktoren von Kraftausdauerleistungen. Harry Deutsch Verlag, Frankfurt/M. 1995.
19. *Kraemer, W.J., A. C. Fry*: *Strength Testing: Development and Evaluation of Methodology*. Maud, P.J., Forster, C. (Ed): *Physiological assessment of human fitness*. Human Kinetics, Champaign, Illinois 1995, 115-138.
20. *Kroemer, K. H. E., W. S. Marras*: Towards an Objective Assessment of the „Maximal Voluntary Contraction“ Component in Routine Muscle Strength Measurements. *Eur J Appl Physiol* 45 (1980) 1, 1-9.
21. *Laurig, W.*: *Grundzüge der Ergonomie*. Berlin 1980.
22. *Matwejew, L. P.*: *Grundlagen des sportlichen Trainings*. Sportverlag, Berlin 1981.
23. *O'Shea, P.*: Effects of selected weight training programs on the development of strength and muscle hypertrophy. *Research Quarterly of Exercise and Sports* 37 (1966), 95-102.
24. *Pollmann, D.*: *Muskuläre Beanspruchung im Mikrozyklus des Krafttrainings*. Sport und Buch Strauß, Köln 1993.
25. *Radlinger, L., W. Bachmann, J. Homburg, U. Leuenberger, G. Thaddey*: *Rehabilitatives Krafttraining*. Thieme Verlag, Stuttgart, New York 1998.
26. *Sachs, L.*: *Angewandte Statistik*. Springer, Berlin, Heidelberg 1984.
27. *Schmidtbleicher, D.*: Konzeptuelle Überlegungen zur muskulären Rehabilitation. Binkowski, H., M. Hoster, H.U.H., Nepper, (Ed): *Medizinische Trainingstherapie in der ambulanten orthopädischen und traumatologischen Rehabilitation*. Sport Consult, Waldenburg 1998, 20-27.
28. *Schmidtbleicher, D.*: Motorische Beanspruchungsform Kraft. *Dtsch Z Sportmed* 38 (1987) 9, 356-377.
29. *Steininger, K., J. Buchbauer*: *Funktionelles Kraftaufbautraining in der Rehabilitation*. Gesundheits-Dialog-Verlag, Oberhaching 1994.
30. *Weineck, J.*: *Optimales Training*. PERIMED-sпита, Balingen 1994.
31. *Willimczik, K., R. Daus, N. Olivier*: Belastung und Beanspruchung als Einflussgrößen der Sportmotorik. Olivier, N., R. Daus, (Ed): *Sportliche Bewegung und Motorik unter Belastung*. dvs-Protokoll, Clausthal-Zellerfeld 1991, 2-28.
32. *Zatsiorsky, V.M.*: *Krafttraining - Praxis und Wissenschaft*. Meyer & Meyer, Aachen 1996.
33. *Zatsiorsky, V.M., N. Kulik*: Zwei Arten von Ausdauer-Kennwerten. *Theorija i Praktika Fizičeskoj Kulturny* 27 (1965) 2, 35-41.

Anschrift für die Autoren:

Dr. Franz Marschall
Sportwissenschaftliches Institut der
Universität des Saarlandes
Gebäude 39.3
Postfach 151150
66041 Saarbrücken
Tel.: 0681/302-4173, Fax: 302-4915
e-mail: f.marschall@rz.uni-sb.de

IMPRESSUM

Herausgeber:

Verein zur Förderung der
Sportmedizin Hannover e. V.
(Für den Vorstand Prof. Dr. Dieter Böning)

Redaktionsanschrift:

Max-Cohen-Str. 30, 53121 Bonn,
Tel. (02 28) 62 22 49, Fax (02 28) 61 15 03
e-mail: redaktion@zeitschrift-sportmedizin.de

Verlag:

WWF Verlagsgesellschaft mbH
Am Eggenkamp 37-39, 48268 Greven
Postfach 18 31, 48257 Greven
Tel. (0 25 71) 93 76-30, Fax (0 25 71) 93 76-50
ISDN (0 25 71) 93 76-45
e-mail: wwf.verlag@greven.net

Geschäftsführer:

Manfred Wessels

Verlags- und Anzeigenleitung:

Anke Breenkötter

Schriftleitung:

Prof. Dr. J. Steinacker (Hauptschriftleiter),
Abt. Sport- und Rehabilitationsmedizin,
Med. Klinik und Poliklinik Universitätsklinikum,
89075 Ulm; Univ.-Prof. Dr. W. Kindermann,
Saarbrücken; Priv.-Doz. Dr. H. Mellerowicz,
Berlin;

Wissenschaftlicher Beirat:

H.-J. Appell, Köln; K. H. Arndt, Erfurt; N. Bachl,
Wien; G. Badtke, Potsdam; P. Bärtsch, Heidelberg;
D. Clasing, Münster; E. Ernst, Exeter, U. K.;
B. Friedmann, Heidelberg; H. Gabriel, Saarbrücken,
E. Hille, Hamburg; W. Hollmann, Köln; T. Horstmann,
Tübingen; J. Jerosch, Neuss; D. Jeschke, München;
P. Jokl, New Haven/USA; J. Keul, Freiburg; H. G.
Knuttgen, Boston/USA; P. V. Komi, Jyväskylä/
Finnland; M. Lehmann, Ulm; H. Liesen, Paderborn;
H. Löllgen, Remscheid; F. Pabst, Bad Krozingen;
B. Paul, Berlin; W. Pfeifer, Kaiserslautern;
P. Renström, Göteborg/Schweden; H. Rieckert,
Kiel; G. Rompe, Heidelberg;

W. Schmidt, Bayreuth; D. Schmidtbleicher,
Frankfurt; K. Steinbrück, Stuttgart; A. Urhausen,
Saarbrücken, H. Weicker, Heidelberg;

Redaktion: Dr. Urte Künstlinger

Titelblatt: Dipl.-Designer Tinos Otto

Webmaster: Dr. Werner Lormes, Ulm

Die Zeitschrift erscheint 10 x jährlich, zuzüglich
1 bzw. 2 Sonderausgaben. Bezugsgebühr für
Postbezieher jährlich DM 102,80, ermäßigter
Preis für Studenten DM 75,50. Bestellungen
werden vom Verlag entgegenommen. Die
Kündigungsfrist für Abonnements beträgt 3
Monate zum Ende des Kalenderjahres.

ISSN: 0344-5930

Aktuelle Richtlinien für Autoren

sind in Heft 3/99, S. 101 abgedruckt,
außerdem erhältlich über die
homepage der Dtsch Z Sportmed:
<http://www.zeitschrift-sportmedizin.de>