

Training der konditionellen Fähigkeit Kraft

Definition und Struktur der motorischen Fähigkeit Kraft

Klaus Wirth¹, Michael Keiner²

¹Institut für Sportwissenschaft, Friedrich-Schiller-Universität, Jena, Deutschland; und

²Landesschwimmverband Niedersachsen e.V.

Die Autoren und Korrespondenzadressen:



PD Dr. Klaus Wirth

Friedrich-Schiller-Universität

Institut für Sportwissenschaft

Seidelstraße 20

07749 Jena

k.wirth@uni-jena.de



Michael Keiner

Landesschwimmverband

Niedersachsen e.V.

Ferdinand-Wilhelm-Fricke-Weg 10

30169 Hannover

michael.keiner@lsn-info.de

Kommt ein Krafttraining im insbesondere leistungssportlichen Training zum Einsatz,

so ist es von essentieller Bedeutung, die Wirkungsweisen der verschiedenen Krafttrainingsmethoden zu kennen und die durch die Anwendung dieser Methoden entwickelten Kraftfähigkeiten hinsichtlich ihrer Abhängigkeit voneinander einschätzen zu können. Die grundlegenden Erscheinungsformen der Kraft sind die Maximalkraft, die Schnellkraft, die Kraftausdauer und das reaktive Kraftverhalten. Für jede findet man in der Literatur eigene Trainingsmethoden, was eine Unabhängigkeit dieser Erscheinungsformen voneinander suggeriert. Vielfach finden sich in der trainingswissenschaftlichen Literatur Begriffe wie Sprintkraft, Sprungkraft, Wurfkraft, Schusskraft et cetera, durch die ebenfalls der Eindruck erweckt wird, dass es sich hierbei um voneinander unabhängige Erscheinungsformen der Kraft handelt. Bei genauerer Betrachtung ist jedoch festzustellen, dass es sich um eine Klassifizierung von Bewegungsfertigkeiten handelt, bei denen die Entwicklung von Kraft, wie prinzipiell bei jeder Bewegung, jedoch in einem höheren Maße, eine Rolle spielt. Diese Betrachtungsweise hat allerdings den Nachteil, dass sie eine Unterscheidung von konditionellen und koordinativen Einflüssen, die zum Bewegungserfolg beitragen, nicht zulässt. Die Unterteilung der Kraft in die Subkategorien Maximalkraft, Schnellkraft und Kraftausdauer, wie sie von Nett (1967) vorgenommen wurde, hat sich prinzipiell bewährt, da sich über diese Einteilung klare Ziele für den Trainingsprozess ableiten lassen. Was diese Einteilung jedoch nicht berücksichtigt, ist die Abhängigkeit, die zwischen diesen Erscheinungsformen besteht, da diese nicht hierarchisch auf einer Ebene

angesiedelt werden dürfen. Wie sich in einer Vielzahl von Studien belegen ließ, stellt die Maximalkraft eine Basisfähigkeit dar, deren Veränderung einen direkten Einfluss auf die Schnellkraft und die Kraftausdauer hat. Anders formuliert bedeutet dies, dass der Ausprägungsgrad von Schnellkraft und Kraftausdauer u.a. von der Maximalkraft abhängt.

Maximalkraft

Die Basisgröße Maximalkraft lässt sich als die höchste Kraft definieren, die das neuromuskuläre System bei einer maximalen willkürlichen Kontraktion entfalten kann. Bei einer solchen maximalen Kontraktion können jedoch nie alle motorischen Einheiten gleichzeitig aktiviert werden, was zur Folge hat, dass der unter diesen Bedingungen ermittelte Maximalkraftwert nicht die maximale Kraft repräsentiert, die das tendomuskuläre System entfalten kann, sondern nur einen Teil, welcher wiederum von den Fähigkeiten des jeweiligen Individuums abhängt sein muskuläres Potential ausschöpfen zu können. Häufig findet sich in der Literatur auch eine Unterscheidung zwischen isometrischer, konzentrischer und exzentrischer Maximalkraft. Während die konzentrische Maximalkraft als die höchste Last definiert ist, die einmal gehoben werden kann, wird bei der isometrischen Maximalkraft gegen einen unüberwindlichen Widerstand gearbeitet. Demzufolge stellt die isometrische Maximalkraft den höchsten realisierten Kraftwert dar, der bei maximaler Willkürkontraktion gegen einen unüberwindlichen Widerstand erreicht wird. Bei der exzentrischen Maximalkraft handelt es sich um die maximale Last, die einmal unter muskulärer Kontrolle abgelassen werden kann. Der äußere Widerstand wird hierbei so hoch gewählt, dass selbst bei maximaler

willkürlicher Anspannung der Muskeln durch die äußere Kraft gedehnt wird. Die vollständige Aktivierung eines Muskels ist nur durch Elektrostimulation möglich. Besondere Stresssituationen (z.B. Angst), Hypnose oder der Einsatz von Pharmaka können ähnlich hohe Kraftwerte hervorrufen.⁵ Diese Leistungsreserve, die nur unter besonderen Bedingungen abrufbar ist, wird auch autonom geschützte Reserve genannt. Den Kraftwert wiederum, der aus einer solchen Situation resultiert oder durch eine Elektrostimulation künstlich erzeugt wird, nennt man Absolutkraft.

Schnellkraft

In vielen Sportarten (ebenso im Schwimmsport) oder einzelnen Teildisziplinen dieser Sportarten ist es von entscheidender Bedeutung, den eigenen Körper (z.B. Startsprung, Wende, Sprint, Hoch- und Weitsprung) oder ein Sportgerät (z.B. Kugel

beim Kugelstoßen, Wasserball beim Wurf) hoch beschleunigen zu können, um als Zielgröße eine hohe Endgeschwindigkeit zu erreichen. Auch kann es Ziel der sportlichen Tätigkeit in Training und Wettkampf sein, seinen Gegner zu beschleunigen, wie dies in einigen Zweikampfsportarten der Fall ist (z.B. Brechen des Gleichgewichts mit Folgeaktion im Judo oder Ringen). Schnellkraftbeanspruchungen liegen dann vor, wenn die Ausführung einer Bewegung es erforderlich macht, dass in einem vorgegebenen Zeitfenster möglichst viel Kraft entwickelt werden muss bzw. einem Körper eine möglichst hohe Endgeschwindigkeit verabreicht werden muss. Nach Schmidtbleicher (2003) wird mit Schnellkraft die Fähigkeit des neuromuskulären Systems bezeichnet, einen möglichst großen Impuls in der zur Verfügung stehenden Zeit zu produzieren.

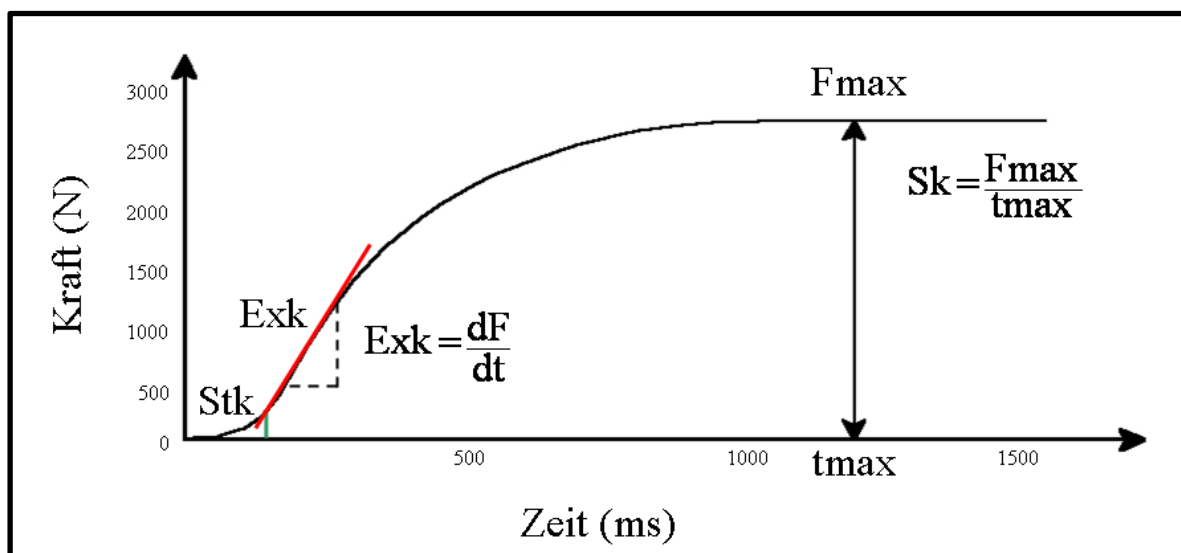


Abb. 1: Kraft-Zeit-Kurve (Stk = Startkraft, Exk = Explosivkraft, Sk = Schnellkraft, Fmax = Maximalkraft, tmax = Zeit bis zum Erreichen der Maximalkraft, N = Newton, ms = Millisekunden)

Die Schnellkraft setzt sich aus den Komponenten Startkraft, Explosivkraft und Maximalkraft zusammen und ist somit, wie die zu Grunde liegenden Komponenten vom Muskelquerschnitt, der Faserzusammensetzung und der Ansteuerung über das Nervensystem abhängig. Mit Startkraft wird dabei die Fähigkeit beschrieben, in den ersten 20 bis 30 ms der Kontraktion einen hohen Kraftanstieg zu produzieren, während die Explosivkraft die größte Kraftzunahme pro Zeiteinheit während eines Kraft-Zeit-Verlaufs beschreibt ($\text{Explosivkraft} = \frac{dF}{dt}$).^{1,11} Die Startkraft bezeichnet somit die Fähigkeit des neuromuskulären Systems, von Beginn der Kontraktion an einen möglichst großen Kraftanstieg zu entwickeln, während die Explosivkraft die Fähigkeit des neuromuskulären Systems beschreibt, einen bereits begonnenen Kraftanstieg (Startkraft) maximal weiterzuentwickeln.

Nach Martin und Mitarbeiter (1993) hängt die Endgeschwindigkeit eines zu beschleunigenden Widerstands umso mehr von Start- und Explosivkraft (Determinanten des Kraftanstiegsverhaltens) ab, je kürzer der Beschleunigungsweg ist. Der Startkraft kommt zudem eine besondere Bedeutung bei Bewegungen gegen sehr geringe Widerstände zu, wie dies zum Beispiel beim Boxen der Fall ist.¹¹ Mit zunehmender Last steigt der Einfluss der Explosivkraft. Bei sehr hohen Lasten stellt die Maximalkraft den entscheidenden Faktor dar, wobei auch hier, wie am Beispiel des Gewichthebens deutlich erkennbar, die Explosivkraft weiterhin eine entscheidende Rolle für den Bewegungserfolg spielt. Müller (1987) konnte feststellen, dass der maximal erreichbare Explosivkraftwert für Lasten, die über 25% des individuellen Kraftmaximums liegen, gleich ist. Für Lasten unter 25% der

Maximalkraft ist die Startkraft von größerer Bedeutung.

Kraftausdauer

Der Begriff Kraftausdauer bezeichnet die Fähigkeit des neuromuskulären Systems, eine möglichst große Kraftstoßsumme (Impulssumme: $P_{\text{Gesamt}} = \sum_{i=1}^n \int_{t_1}^{t_2} F_i(t) dt$) in einer gegebenen Zeit gegen höhere Widerstände zu produzieren. Die Kraftausdauer setzt sich aus der Größe des Einzelkraftstoßes (Schnellkraft) sowie der Fähigkeit, die Reduktion dieser Kraftstöße möglichst gering zu halten (Ermüdungswiderstandsfähigkeit) zusammen. Die Schwierigkeit bei der Beurteilung einer Kraftausdauerleistung und der Größe des Einflusses der ihr zu Grunde liegenden physiologischen Vorgänge wird deutlich, wenn man sich vor Augen führt, welche Vielfalt an Kombinationsmöglichkeiten des Belastungsgefüges sich ergibt. Die einzelnen Komponenten, aus denen sich eine Kraftausdauerleistung zusammensetzt sind:

- die Höhe des Krafteinsatzes pro Kontraktion,
- die Schnelligkeit des Krafteinsatzes pro Kontraktion,
- die Dauer der Krafteinsätze pro Kontraktion,
- die Frequenz der Krafteinsätze,
- die Anzahl der Kontraktionen bzw. Dauer der Kontraktion bei statischer Arbeitsweise,
- die Arbeitsweise der Muskulatur,
- die belastete Muskelgruppe (Muskelfaserverteilung=> Enzymbesatz),
- die Menge der involvierten Muskelmasse.

Der Terminus Kraftausdauer impliziert, dass Krafteinsätze realisiert werden, die über 30%

der individuellen Maximalkraft liegen. Hollmann (1990) schreibt in diesem Zusammenhang, dass Widerstände, die unter 20% des individuellen Maximums liegen, langfristig zu einer Kraftabnahme führen. Den Intensitätsbereich zwischen 20 und 30% nennt er Indifferenzzone. Belastungsintensitäten in diesem Bereich führen weder zu einer Verbesserung noch zu einer Verschlechterung der Maximalkraft. Erst bei Intensitäten, die über 30% liegen, ist ein Kraftzuwachs zu erwarten. Schmidtbleicher (2003) betont, dass die Trainingspraxis zeigt, dass im Kraftausdauertraining Belastungen über 50% gewählt werden müssen, um eine Steigerung der Maximalkraft und Anpassungen in dem für das Krafttraining vorherrschenden anaeroben Stoffwechselbereich zu erzeugen. Langfristige Anpassungen der Maximalkraft sind jedoch auch bei dieser Intensität nicht zu erwarten^{2,8}, was deutlich macht, dass es sich hierbei langfristig in erster Linie um ein Training der anaeroben Stoffwechselwege handelt. Verchoshansky (1979) führt als Beispiel Gewichtheber an, die langfristig selbst bei Belastungsintensitäten, die bei 60 bis 85% der Maximallast liegen, nicht nur mit einer Stagnation ihrer Maximalkraftentwicklung, sondern sogar mit einer Reduktion ihrer Leistungsfähigkeit rechnen müssen. Daraus lässt sich folgern: Je höher das Kraftniveau ist, desto höher müssen die gewählten Intensitäten im Training sein, um sowohl das Maximalkraftniveau zu halten als auch dieses zu steigern. Dies bedeutet für alle Bereiche, in denen ein Krafttraining zur Anwendung kommt, dass langfristig immer höhere Belastungsintensitäten vonnöten sind, um weitere Fortschritte zu erzielen. Gamble (2006) gibt an, dass es bei Athleten, für die die Maximalkraft eine große Bedeutung für die sportliche Leistung hat, die Intensität im Krafttraining nicht unter 80% des 1RM (Einer-

Wiederholungs-Maximums = 1RM) sinken sollte, wenn über die Wettkampfsaison ein Absinken der Maximalkraft verhindert werden soll. Ehlenz und Mitarbeiter (2003) unterteilen die Kraftausdauer in eine Maximalkraftausdauer (Intensität > 75% des 1RM), eine submaximale Kraftausdauer (Intensität zwischen 50 und 75% des 1RM) und die aerobe Kraftausdauer (Intensität zwischen 30 und 50% des 1RM). Die Abhängigkeit der Kraftausdauerleistung von der Maximalkraft steigt mit zunehmendem Widerstand, gegen den gearbeitet werden muss, an. Das Problem bei der Einteilung von Ehlenz und Mitarbeiter (2003) ist jedoch, dass man, dieser folgend, fast jegliche sportliche Belastung als Kraftausdauerleistung bezeichnen muss. Dies ist unter dem Aspekt, dass die Kraftentwicklung immer eine gewisse Rolle spielt zwar richtig, da ohne Kraft keine Bewegung möglich ist, jedoch für die Trainingspraxis nicht wirklich hilfreich, da rein trainingsmethodisch eine Abgrenzung des Krafttrainings vom Ausdauertraining trotz des fließenden Übergangs der konditionellen Fähigkeit Kraft in die konditionelle Fähigkeit Ausdauer als hilfreich für die richtige Wahl der Trainingsmethoden anzusehen ist. Aus diesem Grund ist es als durchaus sinnvoll zu erachten, die Kraftausdauer in einem Intensitätsbereich anzusiedeln, in dem zum einen die Maximalkraft noch eine nennenswerte Rolle spielt, was bedeutet, dass die Einzelimpulse einer Kraftausdauerleistung bei über 50% des maximalen Impulses liegen, und zum anderen eine primär anaerobe Stoffwechsellage gegeben sein sollte. Hierbei folgt als logische Konsequenz aus der ersten Bedingung die zweite, da ab einer Intensität, die 15% der isometrischen Maximalkraft entspricht, die Durchblutung der Muskulatur beeinträchtigt ist.^{4,14} Ulmer (1990) gibt hierfür einen Wert von 30% MIF (isometrische Maximalkraft) an.

Ab einer Intensität von etwa 50% kommt es zu einem fast vollständigen Verschluss der Gefäße (Kapillarkompression), was eine Unterversorgung der arbeitenden Muskulatur mit Sauerstoff zur Folge hat.^{5,14,18} Ab einer Belastungsintensität von 60 bis 70% MIF ist die O₂-Versorgung des Muskels völlig aufgehoben, da die intramuskulären Gefäße bei dieser Intensität völlig verschlossen sind.¹³ Da man davon ausgehen kann, dass nach etwa zwei bis drei Minuten die ATP-Produktion unter der Voraussetzung einer hohen Belastungsintensität zu annähernd gleichen Teilen über aerobe und anaerobe Stoffwechselwege erfolgen muss^{5,15}, sollten zwei Minuten als zeitliche Obergrenze für Kraftausdauerbelastungen definiert werden. Ein Fortsetzen der Arbeit führt zwangsläufig zu einem Übergewicht aerober Stoffwechselanteile und sollte damit dem Ausdauertraining zugeordnet werden.

Den bisherigen Ausführungen folgend, kann demnach festgehalten werden, dass die Maximalkraft eine Basisgröße darstellt, die sowohl die Schnellkraft als auch Leistungen im Kraftausdauerbereich beeinflusst. Dies geschieht, wie dargestellt, in unterschiedlichem Ausmaß.

Literaturverzeichnis

1. Bührle, M. (1985). Dimensionen des Kraftverhaltens und ihre spezifischen Trainingsmethoden. In M. Bührle (Hrsg.), Grundlagen des Maximal- und Schnellkrafttrainings (S.82-111), Schorndorf: Verlag Hofmann.
2. Dons, B., Bollerup, K., Bonde-Petersen, F. & Hancke, S. (1979). The effect of weight-

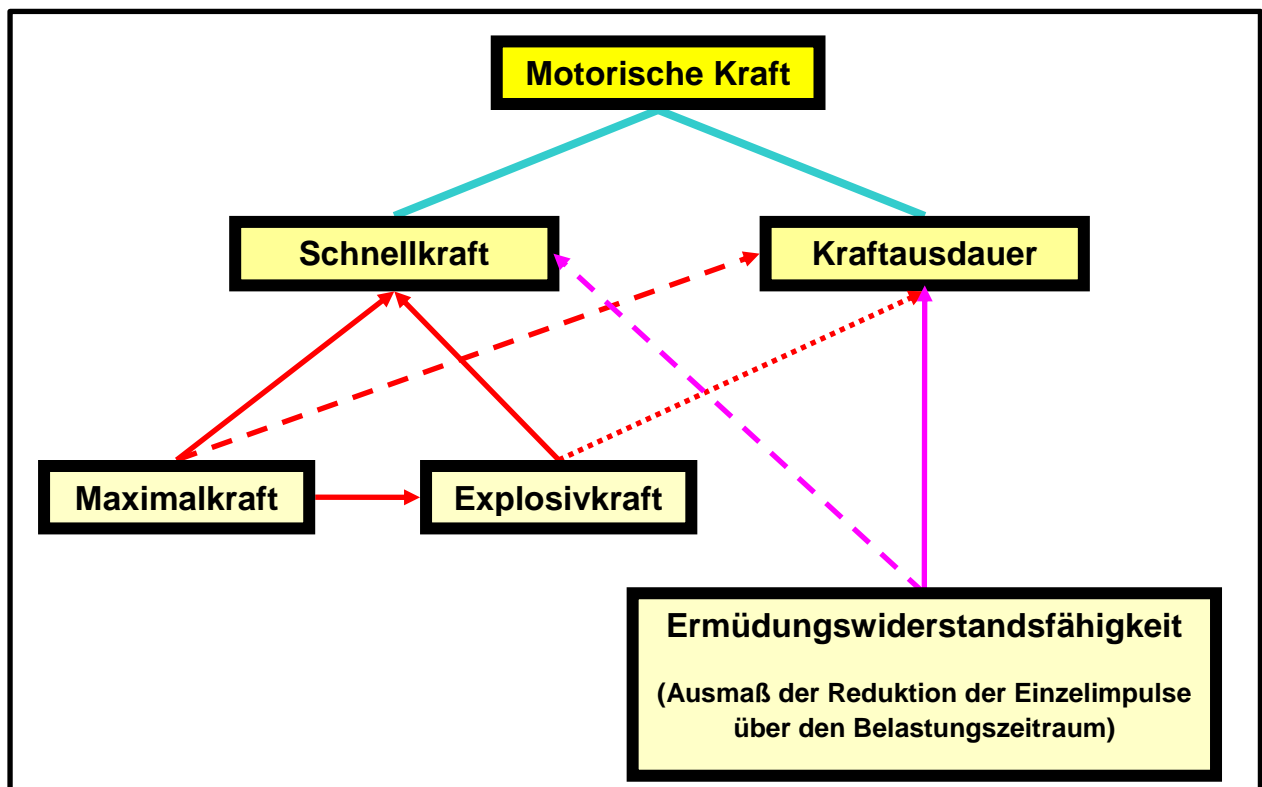


Abb. 2: Struktur der Kraft

lifting exercise related to muscle fiber composition and muscle cross-sectional area in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 40, 95-106.

3. Ehlenz, H., Grosser, M. & Zimmermann, E. (2003). *Krafttraining – Grundlagen, Methoden, Übungen, Leistungssteuerung, Trainingsprogramme*. München: BLV Verlagsgesellschaft mbH.

4. Fukunaga, T., Philippi, H. & Hollmann, W. (1976). Über die Beziehung zwischen statischer Arbeit, Kraftleistung und Durchblutung. *Sportarzt und Sportmedizin*, 11 (8), 181-188.

5. Hollmann, W. & Hettinger, T. (2000). *Sportmedizin – Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin*. Stuttgart: Schattauer Verlagsgesellschaft mbH.

6. Hollmann, W. (1990). *Training, Grundlagen und Anpassungsprozesse*. Studienbriefe der Trainerakademie Köln des Deutschen Sportbundes – Studienbrief 9. Schorndorf: Verlag Hofmann.

7. Martin, D., Carl, K. & Lehnertz, K. (1993). *Handbuch Trainingslehre*. Schorndorf: Verlag Hofmann Schorndorf.

8. McDonagh, M.J.N. & Davies, C.T.M. (1984). Adaptive response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads, *European Journal of Applied Physiology*, 52, 139-155

9. Müller, K.-J. (1987). *Statische und dynamische Muskelkraft – Eine empirische Grundlagenforschung*. Frankfurt / Main: Verlag Harri Deutsch.

10. Nett, T. (1967). *Leichtathletisches Muskeltraining – Kraft- und Dehnübungen*. Berlin: Verlag Bartels & Wernitz KG.

11. Pampus, B. (1995). *Schnellkrafttraining – Theorie, Methoden, Praxis*. Aachen: Meyer & Meyer Verlag

12. Schmidtbleicher, D. (2003). *Motorische Eigenschaft Kraft: Struktur, Komponenten, Anpassungserscheinungen, Trainingsmethoden und Periodisierung*. In: W. Fritsch (Hrsg.), *Rudern – erfahren, erkunden, erforschen* (S.15-40). Gießen: Wirth-Verlag (Sport Media).

13. Shephard, R.J. & Pyley, M.J. (1992). *Peripheral circulation and endurance*. In: R.J. Shephard & P.-O. Åstrand (Eds.), *Endurance in Sport* (pp. 80-95), *The Encyclopaedia of Sports Medicine an IOC Medical Commission Publication*, Oxford: Blackwell Scientific Publications.

14. Sjøgaard, G., Savard, G. & Juel, C. (1988). Muscle blood flow during isometric activity and its relation to muscle fatigue. *European Journal of Applied Physiology*, 57, 327-335.

15. Spriet, L.L. (2006). *Anaerobic metabolism during exercise*. In: M. Hargreaves & L.L. Spriet (Eds.), *Exercise Metabolism*. Champaign, IL: Human Kinetics.

16. Ulmer, H.-V. (1990). *Arbeitsphysiologie*. In: R.F. Schmidt & G. Thews (Hrsg.), *Physiologie des Menschen*, Springer Verlag.

17. Verchoshansky, Y.V. (1979). *Grundlagen des speziellen Krafttrainings*. In: K. Adam & Y.V. Verchoshansky (Hrsg.), *Modernes Krafttraining im Sport* (S.37-148). Schriftenreihe des Bundesausschusses zur Förderung des Leistungssports – Trainerbibliothek (Band 4). Berlin, München, Frankfurt am Main: Verlag Bartels & Wernitz KG.

18. Weicker, H. & Strobel, G. (1994).
Sportmedizin – Biochemisch-physiologische
Grundlagen und ihre sportartspezifische
Bedeutung. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.