

'Nüchternhaftigkeit' des Sports (eigentlich 'dyst') wird verdeutlicht. Dies hindert Eichberg nicht, den entsprechenden dänischen Identitätsanteil herauszuarbeiten und abschließend noch auf die spezifisch dänische Kulturoziologie einzugehen. Es wäre wohl eine spannende Herausforderung, eine methodisch parallele Studie für den österreichischen Fußball zu unternehmen, der vermutlich auch unter ganz spezifisch österreichischen Bedingungen sein derzeit nicht ganz einfaches Dasein fristet.

Peuke setzt sich mit einem in zweifacher Hinsicht vernachlässigten Bereich der Sportpsychologie auseinander: Wurden schon entwicklungspsychologische Überlegungen in der bisherigen Forschung und Diskussion nur gering entwickelt, so führt die psychoanalytische Theorie im sportpsychologischen Kontext ein besonders vernachlässigtes Dasein. Peuke umreißt das Thema Fairness in sportpsychologischer Sicht auf der Grundlage psychoanalytischer und konstruktivistisch-stadiumstheoretischer (Piagetscher) Überlegungen zur Entwicklung der personalen Grundlagen von Fairness. Peuke unternimmt den Versuch, ein Verständnis für die Entwicklung von Werthaltungen (wie Fairness) aufzubauen. Er stützt sich auf die Grundannahme von 'Persönlichkeit', nämlich, daß konkretes Verhalten "Haltung" (S.75) zugrunde liegt. Für eine Ursachenanalyse ist dann "die Genese und Dynamik der Haltung" entscheidend. Fairness wird als Erziehungsproblem aufgefaßt. Nicht durch biologisch begründete Aggression wird Fairness verhindert, sondern durch (widersprüchliche Anforderungen stellende) Sozialisations- und Erziehungsprozesse. Einer der wesentlichsten Gedankenanstöße mag in der Relativierung des Sozialisationsanspruches durch Sport im Vergleich zum 'Sozialisationsdruck' insgesamt zu sehen sein. Eine Fraineßdiskussion muß - geht man von Peukes Überlegungen aus - daher stets über den Sport hinaus gehen und zunächst grundlegend in der Erziehung und Sozialisation verankert sein, bevor Fairness 'in den Sport' hineingetragen werden kann (Fairnessappelle allein sind zu wenig). Auch dieser Ansatz regt sicherlich zur Stellungnahme an!

Wir wünschen unseren Lesern eine informative und spannende Lektüre.

Korrekturhinweise zu Heft 1993/1

Leider sind uns im Heft 1993/1 einige Fehler unterlaufen, die wir an dieser Stelle mit der Bitte um Verständnis korrigieren wollen:

Im Beitrag von Lötzerich, Peters und Uhlenbruck "Immunkompetenz, Krebs und Sport" ist die Abb. 3 (S. 10) irrtümlich mit "Formen der Immunsituation" statt "Immunsituation" beschriftet. Im Literaturverzeichnis fehlt das Zitat der Studie Chang-Claude, J., Frentzel-Beyme, R. & Eilber, U. (1991). Prospektive epidemiologische Studie bei Vegetariern. Ergebnisse nach 10 Jahren Follow-up. Abteilung Epidemiologie, Deutsches Krebsforschungszentrum, Heidelberg.

Im Diskussionsbeitrag von Bernett wurde irrtümlich der Begriff "Turnbürger" (S. 71) statt "Turnbrüder" verwendet.

Raimund Sobotka & Günter Amesberger

Martin Bührle

Schnellkraft

Theoretisches Konstrukt - physiologischer Hintergrund und Bedingungsstruktur - diagnostische Erfassung - spezifische Trainingsmethoden

Abstract: Speed Strength: Theoretical Design - Physiological Background and Preconditions - Diagnostic Registration - Specific Training Methods

The purpose of this article is to inform about an attempt to differentiate the preconditions of the speed strength ability. The concept derives from the analysis of speed strength performances and primarily emphasises their physiological influencing factors. Strength abilities are constructional features which are interrelated between the levels of the physiological influencing factors and those of the speed strength performances. They can be defined and labeled optional. The newly defined "ability of fast contraction" is independent upon the level of maximal strength and provides important informations for specific training steering.

The optimal training regimen to perform the speed strength ability are explosive-type contractions against high submaximal loads. Corresponding experimental results are presented.

Actually, the strength diagnosis are based on different (isometric, dynamic, isokinetic) types of contraction. Corresponding variables, estimated in characteristics of the mentioned abilities, are listed in a table. Isometric contraction (multiple joint; leg press) variables are compared with isokinetic contraction (single joint; knee extension) values.

Zusammenfassung

In dem Beitrag wird versucht, eine differenzierte Strukturierung des Schnellkraftverhaltens vorzulegen. Das Konzept setzt an der Bedingungsanalyse von Schnellkraftleistungen an und stellt zunächst die physiologischen Bedingungsstrukturen heraus. Kraftfähigkeiten sind Konstrukte, die zwischen den Ebenen der biologischen Bedingungsstrukturen und der spezifischen Schnellkraftleistungen angesiedelt sind. Sie können weitgehend beliebig definiert und etikettiert werden. Die neu definierte "schnelle Kontraktionsfähigkeit" ist unabhängig vom Maximalkraftniveau und bringt wichtige Informationen für eine spezifische Trainingssteuerung.

Als optimale Trainingsmethode zur Verbesserung der schnellen Kontraktionsfähigkeit haben sich explosiv durchgeführte Kontraktionen gegen hohe submaximale Lasten erwiesen. Entsprechende Untersuchungsergebnisse sind referiert.

Die heute in der Kraftdiagnostik eingesetzten unterschiedlichen Kontraktions- (isometrische, dynamische und isokinetic) und Testformen werden dargestellt. In einer tabellarischen Übersicht sind die Kennwerte aufgelistet, die die herausgestellten Fähigkeiten abschätzen. An einer Probandengruppe werden die Kennwerte bei einer isometrischen mehrgelenkigen Kontraktion (Beinpresse) und einer isokineticen eingelenkigen Kontraktion (Kniestreckung) verglichen.

Die Schnellkraft wird in vielen sportlichen Disziplinen als die schwergewichtigste das Leistungsniveau determinierende Konditionskomponente angesehen und die Trainer glauben genau zu wissen, was unter Schnellkraft zu verstehen ist. Unter wissenschaftlichen Kriterien ist aber keineswegs ein einheitliches Begriffsverständnis zu erkennen.

SUST/WEISS (1987) haben vorliegende Veröffentlichungen analysiert und sieben Kategorien unterschiedlicher, teilweise unverträglicher Schnellkraftdefinitionen zusammengetragen. HARRE/LOTZ (1984) äußerten die Auffassung: "Es gibt keine universelle Schnellkraft". Einzelne Autoren gehen davon aus, daß sich die Schnellkraftfähigkeit nur in konzentrisch-dynamischen Kontraktionen äußert (HOLLMANN/HETTINGER 1980; LEITZELTER 1978). Andere Autoren setzen Schnellkraft mit der Fähigkeit gleich, schnell große Kräfte entfalten zu können und weisen darauf hin, daß diese Fähigkeit auch bei explosiven isometrischen Kontraktionen sichtbar wird. Die Aufreihung der Kraftfähigkeiten in der Trilogie "Maximalkraft-Schnellkraft-Kraftausdauer" legt nahe, daß es sich bei diesen drei Konditionskomponenten um unabhängige Grundfähigkeiten handle, die auch unabhängig voneinander zu entwickeln seien. Es ist gar nicht so lange her, als Sportstudenten und Übungsleiter noch lernen mußten, "Maximalkrafttraining macht langsam!"

Über das Wechselverhältnis von Maximalkraft und Schnellkraft besteht immer noch Unsicherheit! In der Trainingslehre gilt der Orientierungsgrundsatz: Je schwerer das Gewicht, das beschleunigt werden soll, umso leistungsbestimmender ist das verfügbare Maximalkraftpotential. Aber auch diese Auffassung scheint nicht durchgängig akzeptiert zu sein.

Bei den Sprintern ist ein akzentuiertes Maximalkrafttraining keineswegs durchgängig als notwendiges Trainingselement anerkannt, bei den Speerwerfern ist es selbstverständlich! Die Abbildung 1 veranschaulicht das Verhältnis von Armstreckkraft und Speermasse und zum anderen von Bein-streckkraft und Körpermasse, ein Verhältnis, das für den Sprung und den Sprint relevant ist.

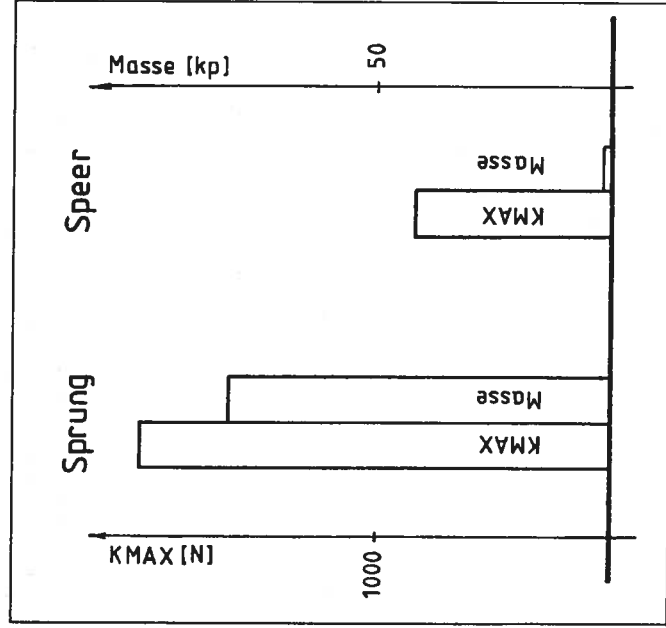


Abb. 1: Verhältnis des verfügbaren Kraftpotentials und der zu beschleunigenden Masse beim Speerwurf und Sprung

Die Trainingspraxis konnte lange mit einer recht offenen und "verwaschenen" Interpretation von "Schnellkraft" leben. Heute besteht der Anspruch, daß Training systematisch geplant und durchgeführt wird. Dieser Anspruch verlangt die ständige Analyse des konditionellen Bedingungsgefüges und die Überprüfung der Effizienz der eingesetzten Trainingsmaßnahmen.

Bei diesem Bemühen gab es nun handfeste Überraschungen. In den letzten Jahren sind in den Trainingszentren des Hochleistungssportes Diagnoseräume und -zentren eingerichtet worden. Für die Erfassung der Schnellkraft wurden recht verschiedene biomechanische Geräte und Meßstreifen installiert, die alle beanspruchten, "die Schnellkraft zu messen". Es zeigte sich sehr schnell, daß die Schnellkraftfähigkeit der einzelnen Athleten in den verschiedenen Labors recht unterschiedlich taxiert wurde. Der Trainer sah sich mit dem Tatbestand konfrontiert, daß ein Athlet im einen Diagnosezentrum als "hoch explosiv", im anderen Stützpunkt als eher "wenig schnellkräftig" eingeschätzt wurde. Die Verwirrung war groß!

Eine solche Situation kann natürlich auch vom Standpunkt der Wissenschaft aus nicht befriedigen. Eine wissenschaftliche Theorie braucht präzise und einheitliche Grundbegriffe. Erst wenn klar ist, was unter "Maximalkraft" einerseits und "Schnellkraft" andererseits zu verstehen ist, können auch Aussagen über deren funktionale und statistische Zusammenhänge formuliert werden.

Damit liegt auch das Anliegen dieses Beitrags auf der Hand: Es geht um die Bedingungsanalyse von Schnellkraftleistungen und es ist aufzuzeigen, daß es durchaus generelle biologische Voraussetzungen für diese Leistungen gibt. Wenn sich solche generelle Bedingungen herausfiltern lassen, dann muß es auch grundsätzlich möglich sein, eine Schnellkraftfähigkeit vernünftig und konsensfähig zu definieren. Die Frage ist, inwieweit diese biologischen Einflußgrößen gegeneinander abgrenzbar sind, ob sie mit spezifischen Trainingsmethoden auch spezifisch angesteuert werden können, und inwieweit diese trainingsbedingten Veränderungen diagnostisch zu erfassen sind.

Die Bedingungsanalyse sportlicher Leistungen und der dimensionsanalytische Ansatz

Bei der Bedingungsanalyse sportlicher Leistungen versucht man

- zum einen die Bedingungsfaktoren, die Determinanten herauszufiltern, die die Leistung ermöglichen;
- zum anderen wird auch die Gewichtung abgeschätzt, mit der die einzelnen Faktoren zur Leistungshöhe beitragen.

Es wird zwischen externalen und internalen Determinanten unterschieden. In diesem Beitrag wird nur das interne Bedingungsgefüge erörtert. Das Augenmerk liegt auf dem koordinativen Aspekt und überwiegend auf den energetischen, morphologisch-physiologischen Voraussetzungen und Kapazitäten. Psychologische Strukturen und Einflußgrößen bleiben unbeachtet.

Bei der Bedingungsanalyse sportlicher Leistungen stehen zwei Grundbegriffe im Raum:

- das Anforderungsprofil einer sportlichen Disziplin sowie
- die Bedingungsstruktur einer individuellen Leistung

Das Anforderungsprofil einer sportlichen Disziplin zeigt sich im statistischen Mittel der individuellen Bedingungsstrukturen einer möglichst großen Zahl von Spitzensportlern.

Wie unterschiedlich die individuelle Bedingungsstruktur einer gleichen sportlichen Leistung sein kann, wird sehr deutlich, wenn bei zwei zeitgleichen 400m-Läufern der eine die 100m in 10,5 sec, der andere aber nur in 11,5 sec laufen kann.

Die Zahl der eine sportliche Leistung determinierenden Einflußgrößen soll möglichst überschaubar sein. Für ihre Auswahl und Festlegung sind drei Prinzipien vorgegeben:

- Minimum-Prinzip
- Elementarprinzip
- Unabhängigkeitsprinzip

Das bedeutet einmal, daß die Zahl der Einflußgrößen möglichst niedrig sein soll. Die Determinanten sollen zum anderen einfach strukturiert sein. Die Muskelmasse weist eine solche "elementare Struktur" auf. Schließlich sollen die Einflußgrößen voneinander unabhängig sein. Statistisch formuliert ist damit die korrelative Unabhängigkeit gefordert. Vom Aspekt des Konditionstrainings aus kann diese Bedingung so gewendet werden, daß den herausgestellten dimensionalsten Einflußgrößen eindeutig physiologisch-morphologische Adaptationen zugeordnet werden können.

Wie bereits angedeutet, bezeichnen wir diese elementaren Einflußgrößen als Dimensionen und definieren sie für den Bereich der Kondition wie folgt:

- Unter Dimensionen des sportmotorischen Verhaltens sind abgrenzbare motorische Fähigkeiten zu verstehen, die unabhängig voneinander durch spezifische Trainingsmethoden entwickelt werden können. Im konditionellen Bereich sind den Dimensionen eindeutige spezifische morphologisch-physiologische Adaptationen zuzuordnen.
- Dimensionen müssen voneinander unabhängig sein, sie sollen möglichst einfach strukturiert und in ihrer Zahl möglichst niedrig sein.

Der dimensionsanalytische Ansatz läßt sich am anschaulichsten im Ausdauerbereich darstellen. Je nach Intensität und Zeitdauer sorgen vier unterschiedliche biochemische Prozesse für die Energiebereitstellung. Diese Prozesse adaptieren sich unabhängig voneinander je nach dem, wie die Trainingsbelastungen spezifisch gesetzt werden. Für jeden dieser Prozesse kann eine dimensionale Ausdauerfähigkeit definiert werden:

- alaktazide anaerobe Ausdauerfähigkeit
- laktazide anaerobe Ausdauerfähigkeit
- glykolytische aerobe Ausdauerfähigkeit
- lipolytische aerobe Ausdauerfähigkeit

HOLLMANN / HETTINGER nehmen diese Zuordnung auf, definieren aber zusätzlich noch zwei weitere Ausdauerfähigkeiten, die komplex strukturiert sind: nämlich die anaerobe Langzeitausdauer und die aerobe Kurzzeitausdauer.

Spaltung der Phosphate	anaerobe Abbau der Kohlenhydrate	aerobe Abbau der Kohlenhydrate	aerobe Glykolyse	aerobe Lipolyse
Kurzzeit-	anaerobe Mittelzeit-ausdauer	Langzeit-	Kurzzeit-	aerobe Mittelzeit-ausdauer
bis 30s	30-60 s	1-2 min	2-8 min	8-30 min
100 m	400 m	800 m	1.500 m	500 m
200 m			3.000 m	10.000m
				Marathon

Abb. 2: Dimensionalanalytische Strukturierung im Ausdauerbereich

Die Abbildung mit dem Strukturblock des Ausdauerhaltens veranschaulicht noch einen weiteren Aspekt: Es gibt eine Ebene der Leistungen (Laufstrecken) und eine Ebene der biologischen Voraussetzungen (Energieprozesse und ihre Adaptationen). In beiden Ebenen lassen sich Veränderungen recht exakt messen.

Zwischen beiden Ebenen sind die "Fähigkeiten" angesiedelt: Fähigkeiten sind keine Realitäten, sondern Konstrukte. Es sind Erklärungskategorien, auf die von Verhaltenskonstanzen in spezifischen Bewegungsaufgaben geschlossen wird. In dieser Ebene lassen sich beliebig viele Fähigkeiten ansetzen und definieren. So kann z.B. ohne weiteres eine 800 m-Ausdauerfähigkeit angenommen werden. Autoren sprechen von einer "Kraftausdauer" und unterscheiden davon eine "Ausdauerkraft". Im Kraftbereich wird in den Lehrbüchern immer noch zwischen isometrischer und dynamischer Maximalkraft unterschieden, obwohl sich dies physiologisch nicht begründen läßt.

Fähigkeiten sind als Konstrukte nicht direkt und exakt meßbar, ihr Ausprägungsgrad kann nur mit Hilfe von sportmotorischen Tests abgeschätzt werden. Da aber die Testleistungen immer multifaktoriell determiniert sind und jede individuelle Testleistung auch ihre individuelle Bedingungsstruktur aufweist, ergeben sich beim quantitativen Umgang mit Fähigkeiten immer prinzipielle Schwierigkeiten.

Von diesen Erörterungen ausgehend kann nun in einem ersten Schritt überlegt werden, wie eine "Schnellkraftfähigkeit" zu definieren und im Bedingungsgefüge von Schnellkraftleistungen einzuordnen ist. Im Blockdiagramm (Abb. 3) sind zwei Rechtecke nicht beschriftet. An beiden Stellen läßt sich eine Fähigkeit definieren, die als Determinante von Schnellkraftleistungen anzusehen wäre. Im unteren Rechteck wäre diese Fähigkeit von der Maximalkraft unabhängig, im oberen Rechteck würde die Maximalkraftfähigkeit eine Basiskomponente dieser Eigenschaft darstellen.

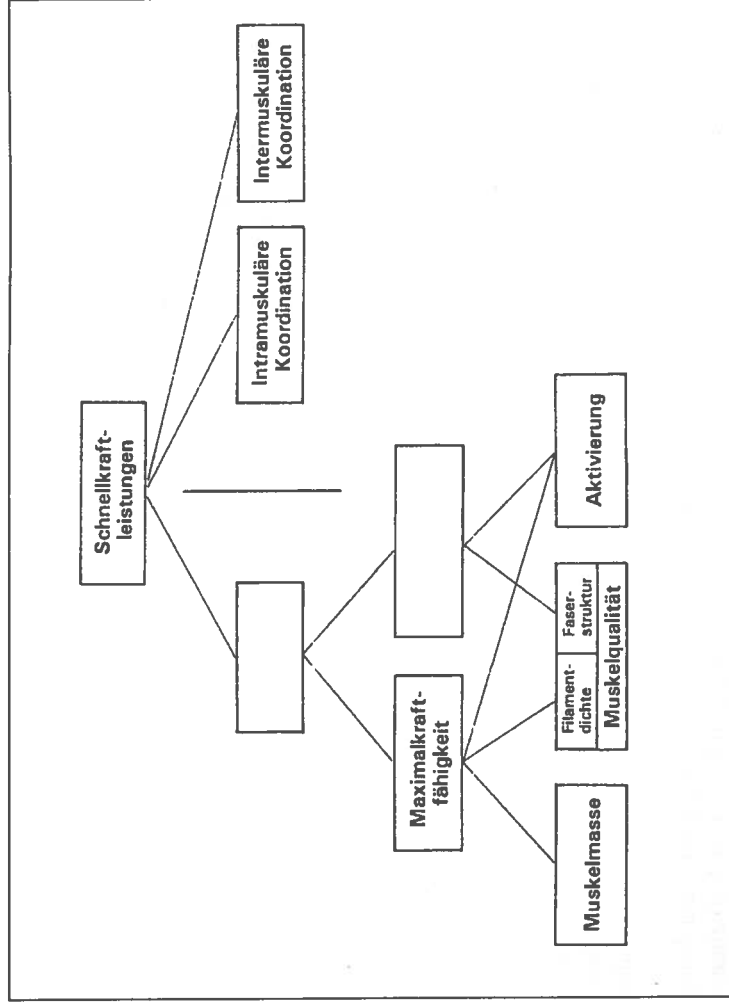


Abb. 3: Blockmodell für das Bedingungsgefüge von Schnellkraftleistungen

Die morphologisch-physiologischen Determinanten von Schnellkraftleistungen

Vor dem Bemühen um eine sachgerechte Definition von Schnellkraft muß erst eine Auseinandersetzung mit deren biologischen Voraussetzungen und Einflußgrößen erfolgen.

Daß die Maximalkraftfähigkeit in hohem Maße Schnellkraftleistungen determiniert, darüber besteht Konsens. Es ist auch selbstverständlich, daß die Höhe der Maximalkraft von der vorhandenen Muskelmasse abhängt.

Im Hinblick auf die *Muskelqualität* sind zwei Aspekte zu nennen: Das ist einmal die Dichte der *kontraktilen Filamente*. In Querschnittsuntersuchungen wurde festgestellt, daß die Abstände der Aktin- und Myosin - Filamente bei hochleistungsfähigen Kraftsportlern sind als bei Normalpersonen (PENMAN 1970; LARSON/TESCH 1986). Das bedeutet, daß pro Einheit der physiologischen Querschnittsfläche mehr kontraktile Elemente eingelagert sind. Die Auswirkung auf die Maximalkraft liegt auf der Hand.

Die andere Seite der Muskelqualität ist die Faserzusammensetzung des Muskels. Ein Muskel mit einem hohen Anteil an schnell zuckenden Fasern wird schneller hohe Kraftwerte realisieren können als ein gleich starker Muskel mit einem hohen Anteil langsam zuckender und ermüdungsresistenter Fasern. Der direkte Einfluß auf die Schnellkraftleistungen ist offensichtlich.

Unter *Aktivierungskapazität* versteht man das Vermögen, den Muskel willkürlich möglichst hochfrequent aktivieren zu können. Eine hochfrequente Innervierung ist die Voraussetzung, daß bei einer Kontraktion die tetanische Kumulation der Muskelspannung maximal ausgeschöpft wird.

Es liegt eine Reihe von Befunden vor, die aufzeigen, daß es durch spezifisches Krafttraining zu einer Verbesserung dieser Fähigkeit kommt (HÄKKINEN et al. 1983; MORITANI / deVRIES 1979). In diesen Untersuchungen ist auch nachgewiesen, daß zumindest bei Normalpersonen und wenig trainierten Versuchspersonen mit dieser verbesserten Aktivierungsfähigkeit ein Ansteigen der Maximalkraft verbunden ist. Den Zusammenhang veranschaulicht das in Abbildung 4 dargestellte Experiment:

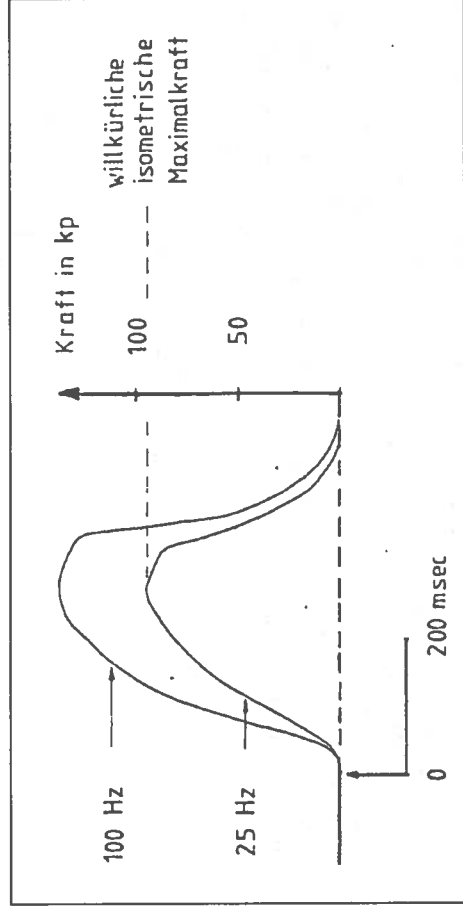


Abb. 4: Elektrostimulation mit ansteigender Frequenz auf einen willkürlich voll kontrahierten Muskel (nach DIETZ 1985, S.32)

Im Versuch wurde der *m. triceps surae* indirekt am *n. tibialis* in der Kniekehle gereizt. Bei Stimulations-Frequenzen bis zu einer Frequenzhöhe von etwa 100 Hz stieg der realisierbare maximale Kraftwert ständig an. Weiterer Frequenzsteigerungen erhöhten diesen Grenzwert nicht mehr. Bei dem Probanden lag dieser Kraftwert etwa 40 Prozent über dem, den er bei willkürlicher Kontraktion ohne Elektrostimulation erreicht hatte.

In der Literatur findet man keine einheitlichen Angaben zu der Frage, in welchem Ausmaß sich die Maximalkraftfähigkeit durch Verbesserung der Aktivierung steigern läßt. Aufgrund von neueren Untersuchungen scheint die Bandbreite dieser Verbesserungsmöglichkeit geringer zu sein als ursprünglich angenommen wurde.

Konsens besteht aber, daß eine Frequenzerhöhung sich vor allem auf den Kraftanstieg - also auf die Geschwindigkeit der Kraftentwicklung - auswirkt. SALE hat dies in der Abbildung 5 veranschaulicht. Er geht davon aus, daß die phasischen Muskelfasern bereits bei 60 Hz mit einem verschmolzenen Tetanus kontrahieren und damit die tetanische Kraftwerterhöhung weitgehend ausgeschöpft ist. Höher liegende Frequenzen, wie sie bei schnellen, explosiven Kontraktionen zu registrieren sind, bewirken eine schnellere Entwicklung dieses Maximalkraftniveaus, nicht aber eine Erhöhung, sie führen also nur noch zu einem steileren Kraftanstieg. Der Einfluß einer hochfrequenten Innervation auf die Schnellkraftleistungen ist damit evident.

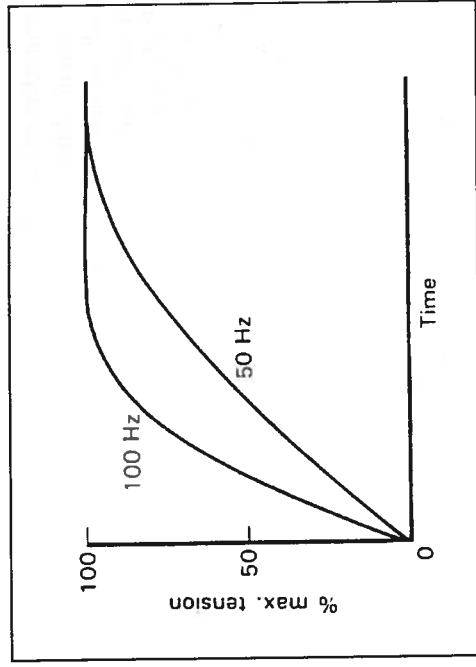


Abb. 5: Der Einfluß hochfrequenter Innervation auf die Kraftanstiegskurve und die Maximalkraft (SALE 1990, S. 256)

Über die Aktivierung wird auch die Rekrutierung der motorischen Einheiten bestimmt. Von einem Motoneuron im Rückenmark führt der Neurit zum Muskel und spaltet sich dort in viele Dendriten auf, die jeweils eine Muskelfaser versorgen. Die Funktionseinheit Motoneuron, Neurit und die über die Dendriten angehängten Muskelfasern bezeichnet man als motorische Einheit (Abb. 6). Durch den Einbezug einer unterschiedlichen Zahl von motorischen Einheiten in den Kontraktionsvorgang kann der Kräfteinsatz dosiert werden. Die motorische Einheit reagiert nach dem Alles-oder-Nichts-Gesetz; alle Muskelfasern einer Einheit werden gleichzeitig innerviert!

Große Muskeln, wie der Gastrocnemius, haben ein großes Innervationsverhältnis von 1:1700. Auf eine Million Muskelfasern kommen 580 Neuronen. Wird im Kontraktionsvorgang eine solche motorische Einheit zusätzlich zugeschaltet, so erhöht sich der realisierte Kraftwert um 0.5 Newton.

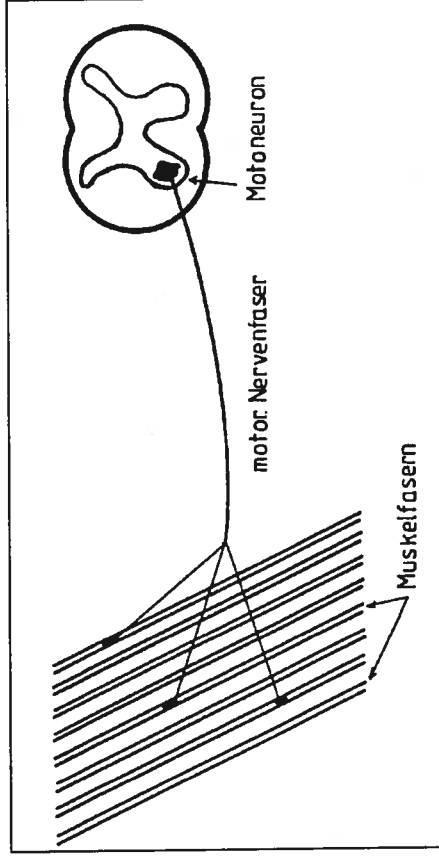


Abb. 6: Motorische Einheit

Kleine Muskeln, die sehr fein abgestimmt kontrahieren müssen, haben ein sehr niedriges Innervationsverhältnis. Bei den Augenmuskeln liegt dieser Quotient bei 1 zu 8.

Wenn bei diesen Muskeln bei der Kontraktion eine weitere motorische Einheit zugeschaltet wird, erhöht sich der Kraftbetrag nur um 0.001 Newton. (SCHMIDT/THEWS 1980, S. 43)

Durch das Zuschalten von einer entsprechenden Zahl von motorischen Einheiten kann die Kontraktionskraft bei niedrigen und mittleren Kräfteinsätzen gesteuert und abgestimmt werden. Bei Kräfteinsätzen von etwa 80 Prozent des maximalen Kräfteinsatzes sind alle motorischen Einheiten zugeschaltet und die weitere Dosierung kann nur noch über die Innervationsfrequenz erfolgen.

Alle Muskelfasern einer motorischen Einheit gehören dem gleichen Muskelfasertyp an. Es können also ebenfalls langsam und schnell kontrahierende motorische Einheiten unterschieden werden.

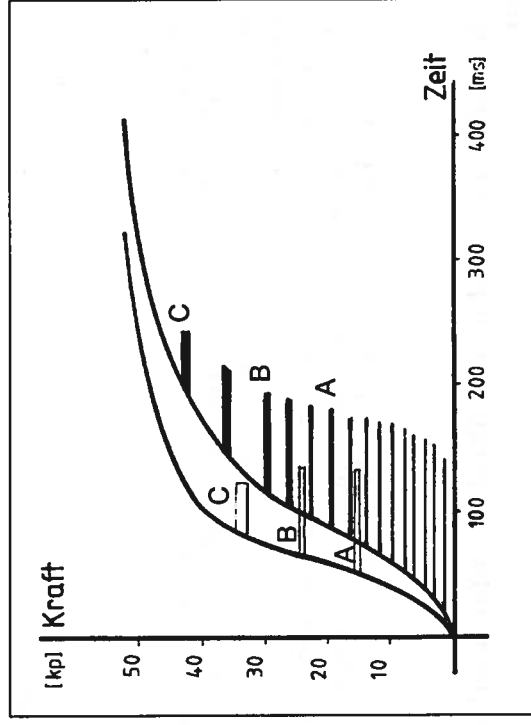


Abb. 7: Das HENNEMAN'sche Rekrutierungsprinzip:

Die Querstriche symbolisieren einzelne Muskelfasern; die dünnen langen Striche: die leicht erregbaren, zuerst rekrutierten Einheiten mit langer Kontraktionszeit - die dicken kurzen Striche: die später rekrutierten, schwerer erregbaren Einheiten mit kurzer Kontraktionszeit. Die Strichdicke entspricht dem Kraftbeitrag, mit dem die einzelne Einheit zur Gesamtspannung beiträgt.

In der neurophysiologischen Grundlagentheorie gab es recht ausgedehnte Diskussionen, ob bei maximal schnellen Kontraktionen nur die schnell kontrahierenden Muskelfasern selektiv in den Kontraktionsvorgang einbezogen sind. In der Gegenposition wurde angenommen, daß auch bei schnellen ballistischen Kontraktionen das zunächst bei langsamen Kontraktionen erkannte "HENNEMAN'sche Rekrutierungsprinzip" die Rekrutierung der motorischen Einheiten bestimmt. Das HENNEMAN'sche Rekrutierungsprinzip ist in der Abbildung 7 veranschaulicht. Das Prinzip besagt, daß bei allen Kontraktionen die motorischen Einheiten nicht gleichzeitig, sondern in einer bestimmten Reihenfolge aktiviert werden. Zuerst entladen die kleinen langsam leitenden, aber leicht erregbaren Alpha-Motoneuronen, danach die großen Alpha-Motoneuronen mit schnellerer Leitungsgeschwindigkeit.

Dieses Prinzip ist recht sinnvoll, denn durch eine solche sukzessive Rekrutierung kann erreicht werden, daß alle Muskelfasern bzw. motorischen Einheiten zum gleichen Zeitpunkt mechanisch wirksam werden. Zum anderen werden bei wiederholten und mit wenig Kraftaufwand ablaufenden Bewegungsformen die anaerob ausgelegten, unökonomisch arbeitenden Muskelfasern erst gar nicht aktiviert.

Neuere Untersuchungsergebnisse (u.a. DESMEDI/GODAUX 1977 - Diskussion im Überblick dargestellt bei MÜLLER 1987) bekräftigen die Auffassung, daß auch bei maximal schnell ablaufenden ballistischen Kontraktionen die Rekrutierung nach dem "HENNEMAN"schen Rekrutierungsprinzip" erfolgt. Grundsätzlich werden nur die Startzeiten der motorischen Einheiten zusammengeschoben, das heißt, alle Fasern werden früher, aber in der gleichen Reihenfolge aktiviert.

Mit dem über die Innervation steuerbaren unterschiedlichen Zusammenschieben der Rekrutierungsabfolge kann auch innerhalb des Muskels der Kontraktionsablauf auf den Bewegungszweck hin optimiert werden. Eine solche Abstimmung wird als "intramuskuläre Koordination" bezeichnet.

Wenn vom Kontraktionsbeginn an ein möglichst hoher Kraftanstieg produziert werden soll, kann der Bereich, in dem die motorischen Einheiten nacheinander aktiviert werden, auf 20 msec zusammengeschoben werden. Man spricht von synchroner Aktivierung der motorischen Einheiten bei ballistischen Kontraktionen. Es muß angenommen werden, daß die Fähigkeit zu einer möglichst gleichzeitigen und damit synchronen Aktivierung durch Training verbessert werden kann.

Die Rekrutierung der motorischen Einheiten wird über die Innervationsfrequenz gesteuert. Unter dem Aspekt einer möglichst schnellen Kraftentwicklung kommt es also darauf an, alle motorischen Einheiten sofort möglichst hoch zu aktivieren.

Das unterschiedliche Verständnis von absoluter und relativer Schnellkraft

In den meisten Lehrbüchern ist Schnellkraft definiert als die Fähigkeit, schnell hohe Kraftwerte entwickeln zu können. In dieser Interpretation ist die Schnellkraft stark abhängig vom Maximalkraftniveau! Dies zeigt sehr anschaulich Abbildung 8.

Die hierarchische Zuordnung von Maximalkraft und Schnellkraft entspricht aber nicht der traditionellen Lehrmeinung! In den 50er- und 60er-Jahren wurde die Schnellkraft als etwas prinzipiell anderes, fast gegensätzliches von der Maximalkraft abgehoben. Bei zwei Kugelstoßern mit gleicher Leistung sah man beim einen Athleten die Leistung bedingt durch sein hohes Maß an Maximalkraft, beim anderen schrieb man die Leistung vor allem einer hohen Schnellkraftfähigkeit zu. Das Prädikat "schnellkräftig" wollte man nur den Athleten zubilligen, die trotz eines relativ niedrigen Maximalkraftniveaus hohe Schnellkraftleistungen erzielen konnten.

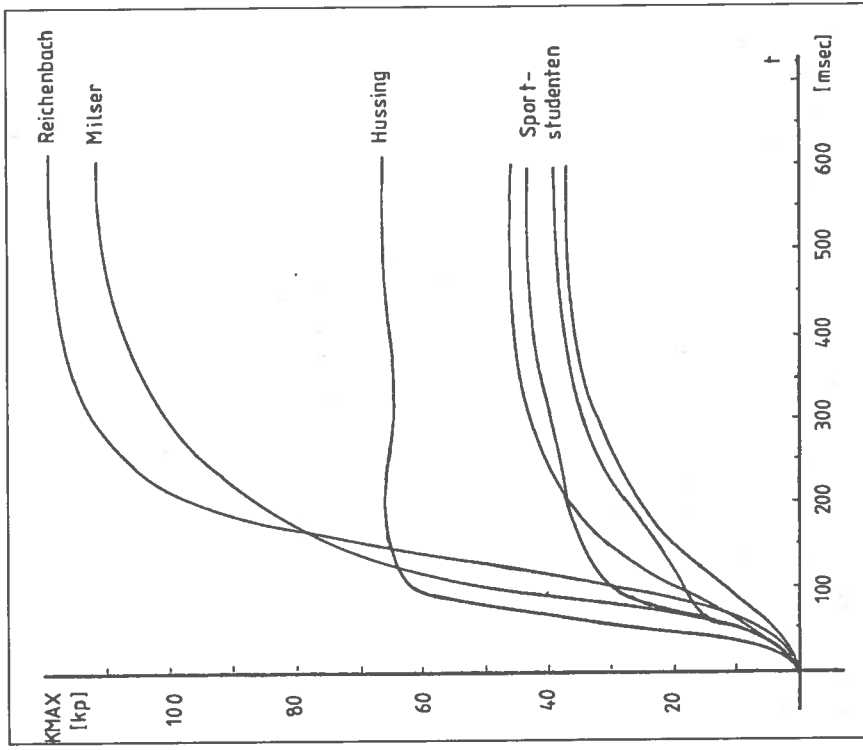


Abb. 8: Kraft-Zeit-Kurven von Weltklasseathleten und Sportstudenten (Explosive isometrische Kontraktion der Armstrecker - BÜHRLE 1985a)

Die Kraftanstiegskurve als Ansatz zur Erfassung der Schnellkraftfähigkeit

Es besteht Konsens, daß sich das Schnellkraftvermögen eines Athleten vor allem in der Fähigkeit zeigen muß, schnell hohe Kraftwerte entwickeln zu können. Mit der Möglichkeit, die Kraftanstiegskurve kontinuierlich zu erfassen, ergaben sich neue Möglichkeiten zur Definition und Operationalisierung der Schnellkraftfähigkeit. WERCHOSHANSKIJ (1972) ging davon aus, daß die Geschwindigkeit der Kraftentwicklung am besten durch diesen Kennwert als Explosivkraft. Die Abbildung 9 zeigt das Armkraft-Meßgerät (AKM) des Freiburger Labors und Abbildung 10 eine registrierte Kraftanstiegskurve mit den eingezeichneten Parametern zu Abschätzung ihres Anstiegs.

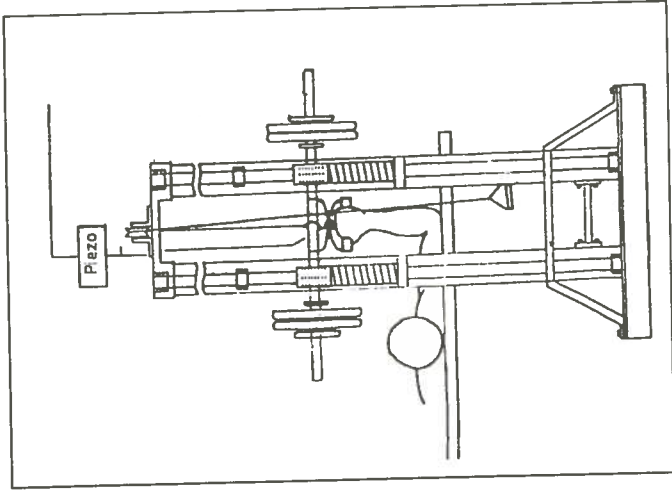


Abb. 9: Das Armkraft-Meßgerät

Wenn man von dem absoluten Schnellkraftkonzept ausgeht - also von einer Schnellkraftfähigkeit, die stark vom Maximalkraftwert abhängt, ist der Explosivkraftwert sicherlich der naheliegende Kennwert zur Abschätzung der Schnellkraft.

Bei der computergesteuerten mathematischen Analyse der Kraftanstiegskurven wird der Explosivkraftparameter berechnet als Steigungswert der Tangente im Wendepunkt.

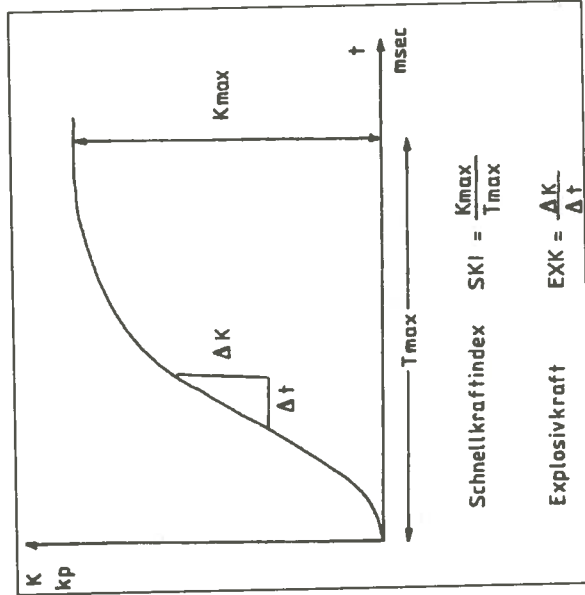


Abb. 10: Parameter zur Erfassung des Kraftanstiegskurve

Wie wichtig es für eine differenzierte Kraftdiagnose ist, einen Kennwert anzusetzen, der die Fähigkeit zur schnellen Kraftentfaltung unabhängig vom Maximalkraftniveau beschreibt, soll das Streuungsdiagramm in Abbildung 11 aufzeigen. Aufgetragen sind hier die Explosivkraftwerte gegen die Maximalkraftwerte der bundesdeutschen Kugelstoßer (Freiburger Untersuchungsbeefunde aus den Jahren 1984/85).

An der Position des einzelnen Athleten zur Regressionsgeraden (Abb.11) ist zu erkennen, in wie weit die Fähigkeit zur schnellen Kraftentfaltung entwickelt ist. Athleten, die oberhalb der Regressionsgeraden liegen, zeichnen sich in Relation zur Maximalkraft durch einen hohen Explosivkraftwert aus. Der Trainer wird für diese Athleten Trainingsmaßnahmen ansetzen, die vor allem sein Maximalkraftniveau erhöhen. Athleten, die unterhalb der Regressionsgeraden markiert sind, haben in Relation zur Maximalkraft ein schwächer ausgebildetes Vermögen zur schnellen Kraftentfaltung. Entsprechend sind andere spezifische Trainingsmaßnahmen zu wählen. Die tradierte Auffassung von einem an der Maximalkraft relativierten Schnellkraftkonzept ist also durchaus sinnvoll und hat vor allem Bedeutung für die Sportpraxis.

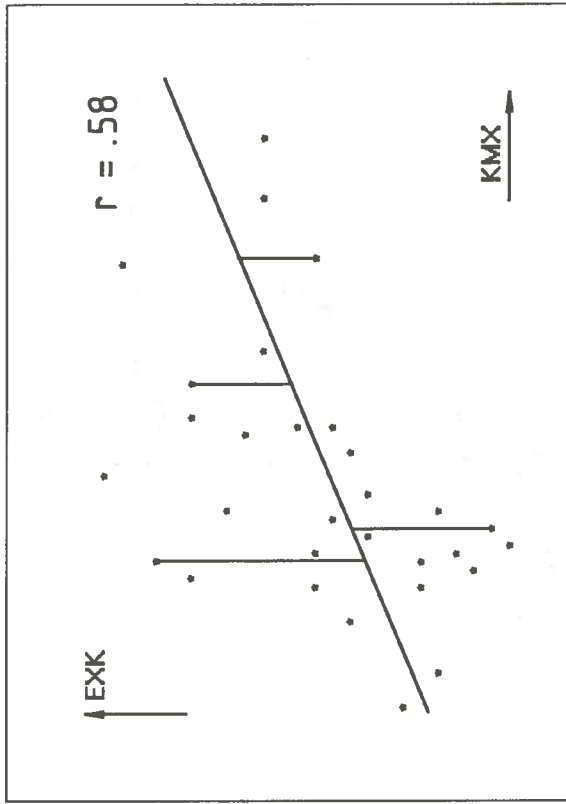


Abb. 11: Zusammenhang von Maximalkraft und Explosivkraft bei Kaderathleten im Kugelstoßen

Für die Bezeichnung dieser Fähigkeit ist der Terminus "schnelle Kontraktionsfähigkeit" gewählt worden. Zur Abschätzung dieser Fähigkeit können die Residuen herangezogen werden, also die positiven und negativen Abstände von der Regressionsgeraden in Y-Richtung. Der weniger anschauliche, aber handlichere und unabhängige von den Gruppenkennwerten zu ermittelnde Parameter ist der relative Explosivkraftwert:

$$EXK_{rel} = EXK : KMX$$

Die Residuen und die relativen Explosivkraftwerte korrelieren mit Koeffizienten über $r > .95$. Sie vermitteln also die gleiche Information.

Strukturkonzept der Schnellkraft

Wenn an dieser Stelle das Freiburger Strukturmodell vorgelegt wird, so sicherlich nicht mit dem Anspruch, daß dies das allein denkbare und sinnvolle sei. Es soll eine Diskussionsgrundlage sein. Es wird aber beiden herausgestellten Schnellkraftauffassungen gerecht.

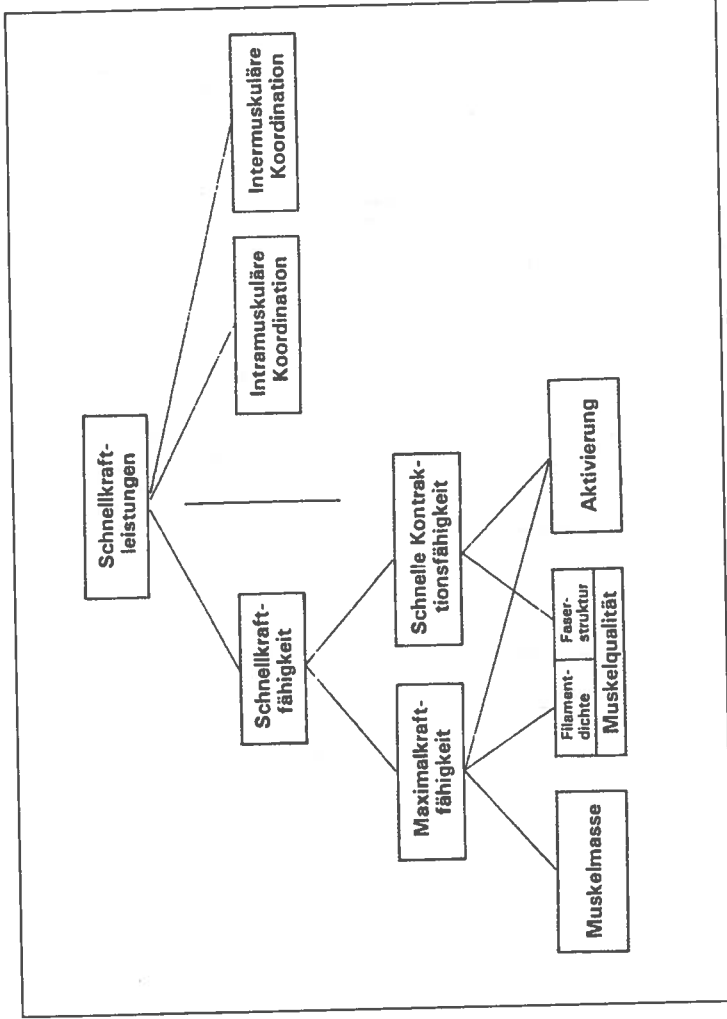


Abb. 12: Strukturmodell der Schnellkraft und ihrer Komponenten

Die Maximalkraftfähigkeit und die "schnelle Kontraktionsfähigkeit" sind als basale Fähigkeiten herausgestellt und bestimmen die Explosivkraft und die Schnellkraft. Die Schnellkraftfähigkeit (als Fähigkeit, hohe "Kraftstöße" zu produzieren; siehe weiter unten!) und die Explosivkraftfähigkeit (als Fähigkeit, hohe Explosivkraftwerte zu realisieren) sind nicht deckungsgleich; sie sind zwar beide von den genannten Basalfähigkeiten bestimmt, aber in unterschiedlicher Gewichtung!

Die biologischen Voraussetzungen oder Kapazitäten sind in der untersten Zeile aufreih.

Meßverfahren zur Abschätzung der Komponenten des Schnellkraftverhaltens

Es gibt heute eine große Zahl von Meßverfahren und abgeleiteten Parametern, die alle beanspruchen, die Schnellkraftfähigkeit quantitativ zu erfassen. Häufig haben sich die Konstrukteure nicht sehr um ein zugrundeliegendes theoretisches Konzept bemüht. Sie

beanspruchen für ihr Meßverfahren logische Validität und gehen davon aus, daß Schnellkraft das ist, was ihr Gerät mißt.

Im folgenden werden die wichtigsten Verfahren herausgestellt und die der Schnellkraft zugeordneten Parameter aufgelistet und diskutiert.

1. Isometrische Testkontraktion und ihre Parameter

Bei den isometrischen Tests wird der Proband aufgefordert, seine Maximalkraft möglichst schnell - man sagt "explosiv" - zu entfalten. Die Fähigkeit, schnell hohe Kraftwerte zu realisieren (absolutes Schnellkraftkonzept) und die Fähigkeit, seinen Maximalkraftwert schnell entwickeln zu können (relatives Schnellkraftkonzept) läßt sich aus dem Kraftanstiegsverlauf ableiten. Für die operationale Abschätzung der Schnellkraftkomponenten wird man daher den Kraftanstiegsverlauf mit Parametern zu erfassen und zu beschreiben versuchen.

Entsprechend dem Armkraft-Meßgerät können für jede Gelenks- und Gliedmaßenkontraktion entsprechende Geräte konstruiert werden. So etwa das Bein kraft-Meßgerät (BKM), das Abbildung 13 zeigt. Mit dem Armkraft- und Bein kraft-Meßgerät kann sowohl dynamisch als auch isometrisch gemessen werden. Bei beiden Testformen handelt es sich um eine mehrgelenkige Gliedmaßenkontraktion.

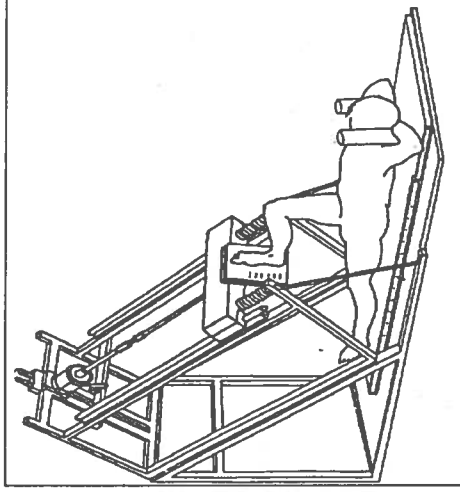


Abb.13: Das Bein kraft-Meßgerät

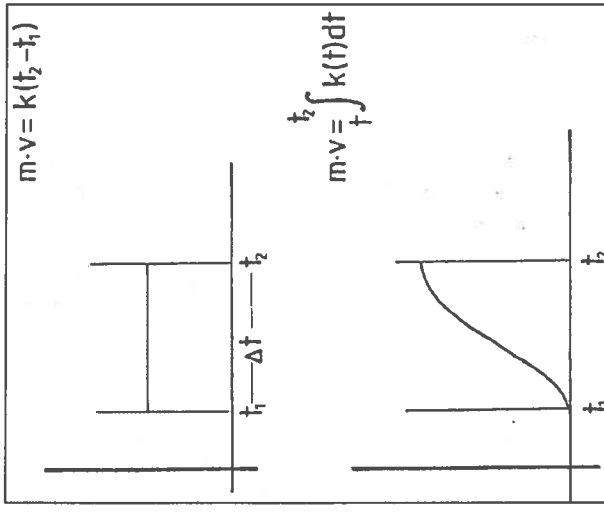


Abb.14: Kraft-Zeit-Kurve und Kraftstoß

Das populärste Meßgerät für eine eingelenkige Kraftmessung ist der Kraftstuhl für die Knieextensoren (Abb.18).

Von Schnellkraftbewegungen bzw. -leistungen wird recht einheitlich gesprochen, wenn dem eigenen Körper oder einem Gerät eine möglichst hohe Geschwindigkeit erteilt werden soll. Die Geschwindigkeitsänderung ist vom Kraftstoß bestimmt, der auf den zu

beschleunigenden Körper einwirkt. Der Kraftstoß, der in einem Zeitintervall ($t_2 - t_1$) realisiert wird, entspricht der Fläche unter der Kraftkurve in diesem Intervall (Abb. 14).

Es ist nun naheliegend, die Schnellkraftfähigkeit (absolute Schnellkraftinterpretation) zu definieren als die Fähigkeit, bei einer isometrischen Kontraktion einen möglichst hohen Kraftstoß, z.B. innerhalb von 200 ms zu erzeugen. Die Schnellkraftfähigkeit ließe sich bei dieser Vereinbarung sehr einfach operational abschätzen und festlegen.

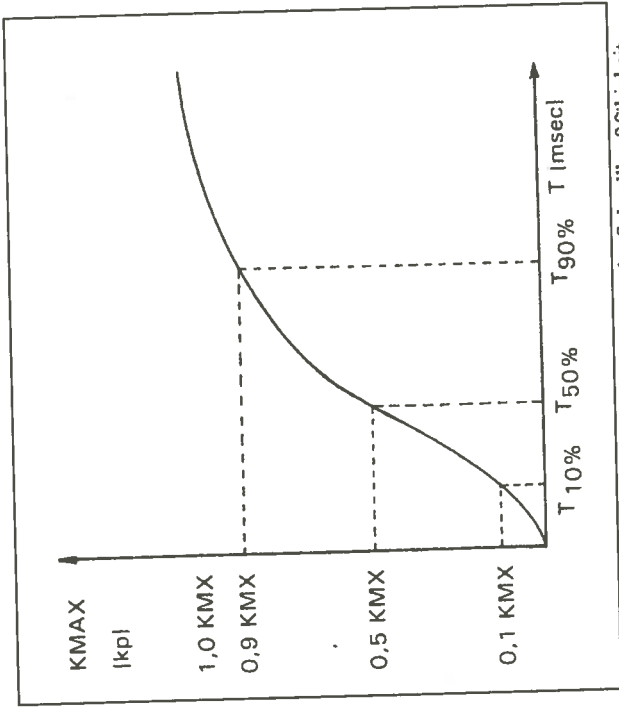


Abb. 15: Zeit-Parameter zur Erfassung der Schnellkraftfähigkeit

Der bereits eingeführte Explosivkraftparameter EXK ist nicht identisch mit dem Kraftstoßparameter. Dies zeigt deutlich die Abbildung 8 mit den Kraftanstiegskurven von Weltklasseathleten und Sportstudenten. Einer der Sportstudenten realisierte einen Explosivkraftwert, der dem der Athleten entspricht. Sein innerhalb dem 200 ms Zeitfenster produzierter Kraftstoß ist aber wesentlich niedriger! Sowohl die Schnellkraftfähigkeit als auch die Explosivkraft sind von der schnellen Kontraktionsfähigkeit und der Maximalkraft abhängig. Das Maximalkraftniveau bestimmt aber in sehr viel stärkerem Maße den Schnellkraftwert. Die Abhängigkeit der Explosivkraft ist deutlich niedriger.

Als ein Parameter, der die "schnelle Kontraktionsfähigkeit" (relativierte Schnellkraftinterpretation) abschätzt, ist bereits der relative Explosivkraftwert und der Residualwert vorgestellt worden. Weitere mögliche Parameter zur Abschätzung dieser Fähigkeit sind die Zeitwerte, bei denen im Kraftanstieg die verschiedenen Prozentwerte des Maximalkraftniveaus erreicht werden (Abb. 15).

2. Dynamisch konzentrische Testkontraktion und ihre Parameter

Für viele Trainer und auch für einige Wissenschaftler ist die Schnellkraftfähigkeit nur als Parameter vorstellbar, der auf dynamisches Kontraktionsverhalten bezogen werden muß. Ihrer Auffassung nach kann Schnellkraft daher nur in entsprechenden Bewegungsformen diagnostisch erfasst und abgeschätzt werden.

Das Armkraft- und das Beinkraft-Meßgerät kann entsprechend eingesetzt werden. Der Proband hat die Aufgabe, die Ausstoßbewegung gegen den nicht zusätzlich belasteten Schlitten möglichst schnell auszuführen.

Zur Abschätzung der Schnellkraft (absolute Komponente) kann die Ausstoßzeit herangezogen werden, die der Proband benötigt, um eine definierte Strecke zu durchstoßen. Beim Freiburger Armkraft-Meßgerät sind dies z.B. 20 Zentimeter. Als weiterer Parameter wird auch die am Ende dieser Strecke erreichte Ausstoßgeschwindigkeit ermittelt.

Wird die Testkontraktion gegen unterschiedliche Lasten ausgeführt, so ergeben sich Kraftkurven, wie sie in Abbildung 16 dargestellt sind:

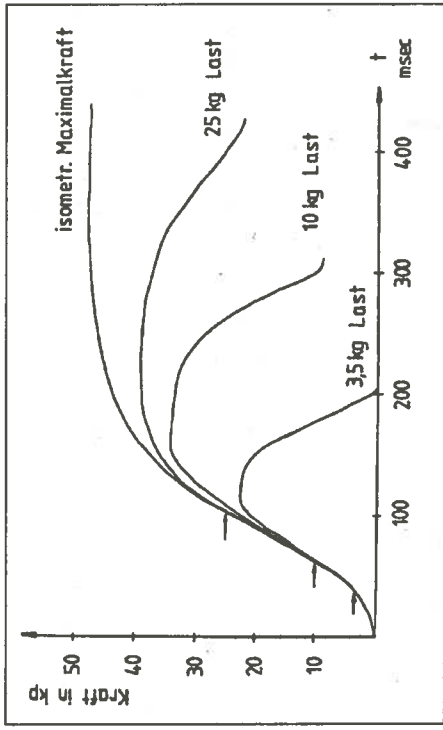


Abb. 16: Kraftanstiegskurven eines Probanden bei maximal schneller Ausstoßbewegung gegen unterschiedliche Lasten (AKM)

Als Kennwert zur Abschätzung der Schnellkraftfähigkeit ergibt sich naheliegend der Kraftwert, der bei leichten Lasten realisiert werden kann. Man bezeichnet diese Spitzenwerte als lastspezifische dynamische Kraftmaxima. Beim Armkraft-Meßgerät hat der leere Schlitten eine Masse von knapp 4 kg. In unseren Diagnosen ist dies die zu beschleunigende Testmasse.

Am so ermittelten dynamischen Kraftmaximum wird angesetzt, wenn ein Testparameter für die relative Schnellkraftkomponente, die schnelle Kontraktionsfähigkeit festgelegt wird. Je größer der Kraftanteil ist, den er von seinem Maximalkraftniveau in dieser schnellen Kontraktionsbewegung umsetzen kann, um so besser ist seine schnelle Kontraktionsfähigkeit ausgebildet. Abschätzparameter ist der Prozentwert.

3. Isokinetische Testkontraktion und ihre Parameter

Bei isokinetischen Kraftmeßgeräten (Abb. 18) wird ein Hebel von einer Maschine mit konstanter Geschwindigkeit bewegt. Der Proband muß gegen den sich von ihm weg bewegenden Hebel maximale Kräfteinsätze entfalten. Kennwert ist das maximale Drehmoment, das bei einer konzentrischen Kontraktion erreicht wird. Mit ansteigender Winkelgeschwindigkeit werden die realisierbaren Kraftmaxima immer kleiner (Hill'sche Gleichung).

Isometrische Testkontraktion	Parameter, die die Fähigkeit zur schnellen Kraftentfaltung in der Kraftniveau beschreiben (absolute Parameter) <ul style="list-style-type: none"> Integral der Kraftkurve bis zu einer Zeitschranke (Kraftstoß/Impuls) Explosivkraftwert 	Parameter, die die Fähigkeit zur schnellen Kraftentfaltung unabhängig vom Maximalkraftniveau zu beschreiben beanspruchen (relativierte Parameter) <ul style="list-style-type: none"> Relativer isometrischer Explosivkraftwert Zeiten für die Entwicklung eines prozentualen Kraftniveaus
Konzentrisch-dynamische Testkontraktion	<ul style="list-style-type: none"> Dynamisches Kraftmaximum Dynamischer Explosivwert Ausstoßzeit 	<ul style="list-style-type: none"> Dynamisches Kraftmaximum als Prozentwert vom isometrischen Maximalkraftniveau Relativer Explosivkraftwert Maximaler Drehmomentwert
Isokinetische Kontraktion	<ul style="list-style-type: none"> Maximaler Drehmomentwert 	<ul style="list-style-type: none"> Maximaler Drehmomentwert als Prozentwert des isometrisch ermittelten Drehmomentmaximums (bezogen auf einen bestimmten Winkel)

Abb. 17: Die Meßverfahren zur Erfassung der Schnellkraftkomponenten und die zugeordneten Parameter

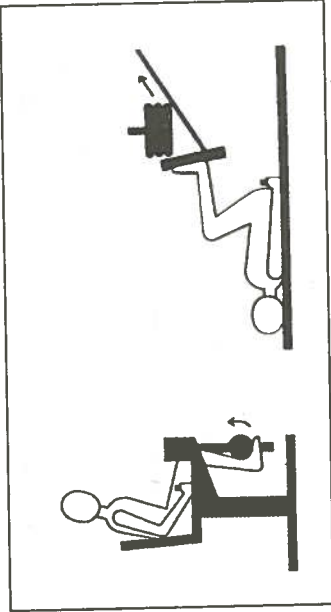


Abb 18: Zwei Meßvorrichtungen zur Erfassung der Beinrekraft (Kraftstuhl und Beinrekraft-Meßgerät)

Als Kennwert für das absolute Vermögen, schnell hohe Kraftwerte entwickeln zu können, wird das Drehmoment (SKdyn) festgelegt, das bei einer vereinbarten relativ hohen Winkelgeschwindigkeit (20 und 40 Zyklen pro Minute) realisiert werden kann. Konzeptionell entspricht der Parameter etwa dem lastspezifischen dynamischen Kraftmaximum der dynamischen Testkontraktion.

Eine Relativierung dieses Wertes auf das Maximalkraftniveau gelingt ähnlich wie bei konzentrischen Tests. In einer bestimmten Winkelstellung wird isometrisch das realisierbare maximale Drehmoment gemessen. In der isokinetisch aufgenommenen Kraftkurve wird das Drehmoment in dieser Winkelposition abgelesen und als Prozentwert des isometrischen Wertes ausgewiesen (SKdynrel).

Vergleich der Kennwerte unterschiedlicher Meßverfahren

Es stellt sich die Frage, ob unterschiedliche Meßverfahren und Parameter, die beanspruchen, die gleichen Fähigkeiten abzuschätzen, auch zu den gleichen Ergebnissen führen. Eine entsprechende Untersuchung wurde als Pilotstudie in Freiburg durchgeführt (LI et al. 1991).

Am Beinrekraft-Meßgerät (BKM) wurde bei einer möglichst explosiv durchgeführten isometrischen Maximalkraftkontraktion die Kraftanstiegskurve in den Winkelstellungen 70, 90 und 110 Grad registriert und der absolute (B70-EXK) und relative Explosivkraftwert (B70-EXKrel) ermittelt.

Am Kraftstuhl mit isokinetischer Meßtechnik (Desmodrom der Fa. SCHNELL) wurden die oben für dieses Verfahren herausgestellten Kennwerte bestimmt. Die isometrische Meßposition war die 110-Grad Position. Die dynamischen Meßwerte wurden bei Geschwindigkeiten von 20 und 40 Zyklen pro Minute registriert.

In der Studie wurden also ein eingelenkiges Meßverfahren mit isokinetischer Kontraktionsform mit einem die ganze Gliederkette einbeziehenden Verfahren mit konzentrischer Kontraktionsform verglichen. Korreliert wurden Kennwerte, die beanspruchen, die gleichen Komponenten der Schnellkraftfähigkeit abzuschätzen.

Die erfaßte Probandengruppe (N=12) war in ihrem Maximalkraftniveau sehr unterschiedlich. Es muß angenommen werden, daß sich bei dieser heterogenen Probandengruppe sehr viel leichter Zusammenhänge zwischen den an verschiedenen Diagnosegeräten erhobenen Kennwerten nachweisen lassen als bei einer im Hinblick auf ihr Kraftvermögen homogenen Gruppe. Sind in dieser Probandengruppe keine Zusammenhänge zu finden, dann können solche erst recht nicht bei den in ihren konditionellen Voraussetzungen sehr viel homogenen Kadergruppen des Spitzensports erwartet werden.

Die komplex strukturierte Schnellkraftfähigkeit wird mit den absoluten Explosivkraftwerten EXK (BKM) und SKdyn (Kraftstuhl) abgeschätzt. Die beiden an den unterschiedlichen Geräten ermittelten Merkmalsreihen zeigen einen mittleren Zusammenhang. Da beide Parameter hoch mit der Maximalkraft korrelieren, darf angenommen werden, daß der Zusammenhang beider Kennwerte durch deren Abhängigkeit von der Maximalkraft bedingt ist.

	Absolute Werte:			Relative Werte:		
	B70-EXK	B90-EXK	B110-EXK	B70-EXKrel	B90-EXKrel	B110-EXKrel
SKdyn-20	.76	.55	.66	-.33	.08	-.01
SKdyn-40	.66	.59	.57	-.43	.05	-.10

Abb. 19: Korrelationskoeffizienten zwischen den absoluten und relativen Explosivkraftwerten (BKW) und den absoluten und relativen dynamischen Drehmomentwerten (Desmodrom)

Die von der Maximalkraft unabhängigen relativen Werte EXKrel und %SKdyn, die beanspruchen, das schnelle Kontraktionsvermögen abzuschätzen, zeigen keine Abhängigkeit mehr. Das bedeutet, daß diese Kennwerte inhaltlich keineswegs die gleiche Fähigkeit abschätzen.

Beim kritischen Vergleich der beschriebenen Diagnoseverfahren sind die unterschiedlichen Kontraktionsformen zu beachten. Im Gegensatz zur isokinetischen Kontraktionsform erfolgt bei den beiden anderen Kontraktionsformen - der konzentrischen und der isometrischen - der Beginn der Kraftentwicklung immer unter isometrischen Bedingungen (Abb. 16). Bei der isokinetischen Kraftmessung muß die Kontraktions-

geschwindigkeit des Muskels bereits größer als die des Hebels sein, damit am Kraftfühler überhaupt eine Kraftwirkung auftreten kann. Die Kontraktion muß quasi den weglaufenden Hebel zuerst einholen.

In den meisten sportlichen Schnellkraftdisziplinen sind Kontraktionsformen gefordert, bei denen ein Körper aus der Ruhe maximal beschleunigt werden muß. Diese Kontraktionen beginnen immer mit einer mehr oder weniger langen isometrischen Phase. Bei der Betreuung von Athleten in der Schnellkraftdiagnose werden daher in Freiburg nur Meßstrecken mit isometrischem oder dynamisch konzentrischem Kontraktionsverlauf eingesetzt.

Die Methoden zur Verbesserung der schnellen Kontraktionsfähigkeit und zur Verbesserung der Aktivierung

Die Ausführungen in diesem letzten Abschnitt sind konkret auf die Trainingspraxis bezogen. Wie muskelphysiologische Untersuchungen zeigen, ist die Faserstruktur des Muskels stark genetisch bestimmt. Es kann nicht davon ausgegangen werden, daß durch Trainingsmaßnahmen die Kontraktionszeiten der Muskelfasern wirkungsvoll zu verkürzt werden sind. Das Bemühen, die schnelle Kontraktionsfähigkeit zu verbessern, muß daher schwergewichtig auf die Innervation ausgerichtet sein. Das Trainingsprinzip muß sein: Den Muskel möglichst hochfrequent immer und immer wieder zu innervieren.

Ein wichtiger neurophysiologischer Befund ist hier richtungweisend: Bei maximalen Belastungen im Kurzzeitbereich verschwinden die hohen Frequenzen im EMG-Spektrum nach etwa 20 Sekunden (DIETZ 1978; VITTASALO/KOMI 1978; BIGLAND-RITCHIE u.a. 1978; JONES u.a. 1979; PETROFSKY/LIND 1980). Das bedeutet, daß der Muskel nur kurzzeitig und in Serien mit niedriger Wiederholungszahl hochfrequent innerviert werden kann.

Aus neurophysiologischer Sicht ist daher angezeigt, daß die willkürliche Aktivierungsfähigkeit am effektivsten trainiert werden kann mit der "Methode der kurzzeitigen maximalen Kontraktionen".

Diese Methode ist damit grundsätzlich anders akzentuiert als die optimalen Methoden für das Muskelmassentraining: Hypertrophiemethoden sind "Methoden der submaximalen Kontraktionen bis zur Erschöpfung". Bei der explosiven Kontraktionsausführung muß die Entwicklung des Maximalkraftniveaus so schnell wie möglich erfolgen. Bei den erschöpfenden Methoden ist dies nicht notwendig. Der wesentliche Unterschied der beiden Methodenkategorien liegt darin, daß die eine die Erschöpfung ansteuert, in der anderen Methodenkategorie die Erschöpfung aber konsequent zu vermeiden ist.

Dieser Unterschied wird in der Trainingspraxis oft nicht beachtet. Ein auf die Verbesserung der willkürlichen Aktivierungsfähigkeit oder der schnellen Kontraktionsfähigkeit ausgerichtetes Krafttraining darf nicht an ein physisch und psychisch ermüdendes allgemeines Konditions- oder Techniktraining angehängt werden. Ausdauertraining verschlechtert die Aktivierungskapazität und die schnelle Kontraktionsfähigkeit.

Methoden der kurzzeitigen maximalen Kontraktionen

- Belastungsvariablen
 - Serienzahl: 5 bis 7
 - Wiederholungszahl: 1 bis 4
 - Belastungshöhe: 90 bis 100%
 - Pausenlänge 3 bis 5 Minuten
- Kriterien dieser Methode

Die Kontraktionen müssen immer so *explosiv* wie möglich durchgeführt werden!

Bei jeder Kontraktion muß neu angesetzt werden. Eine Rhythmisierung im Sinne eines Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus ist zu vermeiden!

Die Trainingsmethode verlangt eine hohe Konzentration des Athleten!

Es darf nicht im oder bis zum ermüdeten Zustand trainiert werden!

Abb. 20: Methode der kurzzeitigen maximalen Kontraktionen

Auch in der Literatur ist diese Methodenkategorie dem herausgestellten Trainingsziel einhellig zugeordnet:

MACQUEEN (1954, 1195) stellt dem "Hypertrophie-Programm" das "Power-Programm" gegenüber und beschreibt es wie folgt: "Das Anfangsgewicht ist niemals geringer als das Zehnwiederholung-Maximum. Das Gewicht wird nach jedem Satz erhöht und konsequenterweise nimmt die Zahl der Wiederholungen ab. Das Gewicht kann so hoch sein, daß es nur einmal gehoben werden kann. Dabei soll immer wieder versucht werden, die benutzten Gewichte zu erhöhen..."

"Die effektivste Methode für die Verbesserung der Koordination zwischen den Muskeln und innerhalb der Muskeln ist das Training mit möglichst hohen Lasten bei geringer Anzahl der Wiederholungen in der Serie und großen Erholungsintervallen zwischen den Serien" (ZACIORSKIJ 1972, 49). KUZNEZOW (1972, 10) schreibt: "Die Vervollkommnung (Synchronisation) der innermuskulären Koordination durch die Aktivierung ... mit höchster Anspannung bei einmaliger Kontraktion - das ist einer der Wege zur Entwicklung von Muskelkraft." Besonders die genannten russischen Autoren haben schon in den Siebzigerjahren herausgestellt, daß mit dieser "Methode der kurzzeitigen maximalen Kontraktionen" die Maximalkraft gesteigert werden könne, ohne daß es dabei zu einer Vermehrung der Muskelmasse und damit zu einer Gewichtszunahme kommen würde. In der Zwischenzeit ist diese Aussage durch weitere Untersuchungsergebnisse verschiedener Autorengruppen bestätigt worden.

Von der neurophysiologischen Grundlagentheorie folgernd, müßte den exzentrischen Trainingsformen bei der Verbesserung der willkürlichen Aktivierungsfähigkeit eine besondere Rolle zufallen. Bei supramaximalen exzentrischen Kontraktion kommt es zu einer zusätzlichen Aktivierung durch den ausgelösten Muskeldehnungsreflex. 1989 haben NARDONE und Mitarbeiter (1989) EMG-Befunde vorgelegt, die im vorgenannten Sinne interpretiert werden können. Auch Freiburger Untersuchungsergebnisse haben diese Annahmen bestätigt.

In der Tabelle (Abb. 21) wird ein Überblick gegeben über konkrete Belastungsformen nach der "Methode der kurzzeitigen maximalen Kontraktionen".

Arbeitsweise: -konzentrisch -isometrisch -exzentrisch	Krafteinsatz: -explosiv -kontinuierlich	Belastungshöhe	Wiederholungen	Serien	Belastungsdauer	Pausenlänge	Maximale Kontraktionen	Submaximale Kontraktionen	Maximale exzentrische Kontraktionen	Maximale isometrische Kontraktionen
		100%	4 3 1-2 1	2 2 2 2	3 min	3 min	kon	kon	exz	iso
		100%	90-95-97-100%	4 3 1-2 1	3 min	3 min	expl	expl	expl	expl
		1	140-180%	3	3 min	3 min				100%
		5		5						2
		3-5 min								5
										2-3 sec
										3 min

Abb. 21: Übersicht über konkrete Belastungsformen nach der Methode der kurzzeitigen maximalen Kontraktionen

Für das spezifische Training des Schnellkraftvermögens in Abhebung vom Maximalkrafttraining wird in der Literatur durchgängig die Schnellkraftmethode - eine Wiederholungsfolge von maximal schnell durchgeführten Kontraktionen gegen relativ leichte Gewichte - als am effektivsten herausgestellt. Bei dieser Methode sollen 3 bis 5 Serien mit 7 Wiederholungen und einer Gewichtslast von 35 bis 50 Prozent der Maximallast möglichst schnell absolviert werden.

Methode Gruppe	Kennwert	A	E	D	%
MAX	KMXiso	44,95	53,25	8,30	19,6
	EXKrel	9,87	11,03	1,15	17,6
SK	KMXiso	45,15	52,87	7,72	17,1
	EXKrel	9,95	9,49	-0,46	0,9
MW	KMXiso	43,04	51,90	8,86	21,0
	EXKrel	10,23	9,06	-1,16	-7,4
KON	KMXiso	42,82	39,73	-3,09	-6,7
	EXKrel	11,59	10,10	-1,49	-11,7

Projekt Krafttrainingsmethoden Trainingszeit: 12 Wochen

Abb. 22: Veränderung des relativen Explosivkraftwertes durch ein Training mit verschiedenen Trainingsmethoden (Tabellarische Darstellung)

Die Herausstellung dieser Methode ist nach den in Freiburg ermittelten Untersuchungsergebnissen nicht gerechtfertigt. Bei allen durchgeführten vergleichenden Längsschnittuntersuchungen verbesserten die "kurzzeitigen maximalen Krafteinsätze" (MAX) die relative Explosivkraft als Kennwert der schnellen Kontraktionsfähigkeit in viel stärkerem Ausmaß als die Schnellkraftmethode (SK). Dies zeigen besonders deutlich die Ergebnisse der Längsschnittuntersuchung "Krafttrainingsmethoden" (BÜHRLE 1989, Abb. 22, 23).

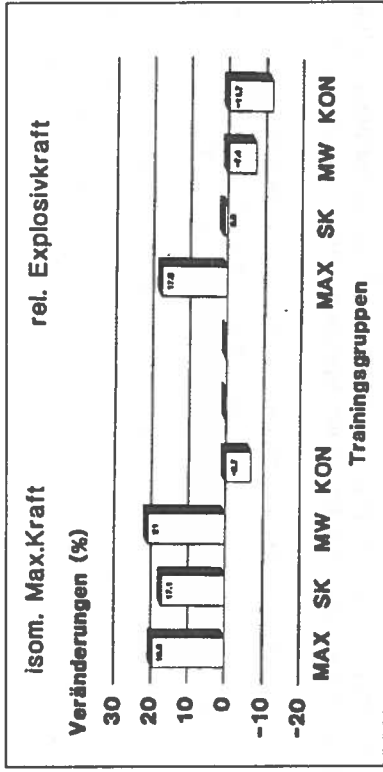


Abb. 23: Veränderung des relativen Explosivkraftwertes durch ein Training mit verschiedenen Trainingsmethoden (Graphische Darstellung)

Alle drei Trainingsmethoden bewirken eine signifikante Verbesserung der Maximalkraftfähigkeit (Zunahme zwischen 17,5 und 21,0 %). Demgegenüber führte nur das Training mit explosiv durchgeführten Kontraktionen gegen maximale und submaximale Lasten zu einer Verbesserung des relativen Explosivkraftwertes und der schnellen Kontraktionsfähigkeit.

Die Schnellkraftmethode bewirkte keine Veränderung. Wie erwartet verschlechterte sich bei den Probanden, die mit erschöpfenden Kontraktionen (MW) trainiert hatten, die schnelle Kontraktionsfähigkeit erheblich.

Bei einer weiteren Längsschnittuntersuchung trainierten 18 Probanden über 20 Wochen ihre Armstrecker mit explosiven Kontraktionen gegen hohe submaximale Lasten (schwerer als 85 Prozent). Pro Woche waren 3 Trainingseinheiten angesetzt. Gleichzeitig mit einer Verbesserung von 13,8 Prozent bei der Maximalkraftfähigkeit stellte sich auch bei der schnellen Kontraktionsfähigkeit ein Trainingseffekt von 20,6 Prozent ein. Da der Quotient "relative Explosivkraft" den Maximalkraftwert im Nenner hat und dieser Wert ebenfalls erheblich zunahm, sind die Trainingseffekte im Hinblick auf die schnelle Kontraktionsfähigkeit besonders bedeutsam.

Die Annahme von HARRE (1979, 145) daß maximale Krafteinsätze "keine Verbesserung der Kontraktionsgeschwindigkeit, wie sie für die Wettkampfbewegungen mit sehr geringem äußeren Widerstand typisch ist", bewirken, muß zurückgewiesen werden.

Auch STOBOY (1973, 149) kommt gegenüber HARRE zu konträren Aussagen. Er ließ eineiige Zwillinge unterschiedlich nach der "Schnellkraftmethode" und nach der "Methode der maximalen Kontraktionen" trainieren und formuliert: "Bei einem dynamischen Krafttraining mit großen Gewichten nimmt nicht nur die Kraft in den entsprechenden Muskelgruppen in Abhängigkeit von der Trainingsarbeit zu, sondern in einem bestimmten Bereich die Kontraktionsgeschwindigkeit für die Bewegung leichter Gewichte".

Zusammenfassung

In diesem Beitrag sollte aufgezeigt werden, daß das Konzept der "Schnellen Kontraktionsfähigkeit" ein sehr hilfreiches Instrumentarium für eine differenzierte Trainingssteuerung sein kann. Mit diesem Konstrukt käme man auch aus dem Dilemma heraus, daß in der Trainingslehre mit zwei unterschiedlichen Interpretationen von Schnellkraft argumentiert wird.

Die "schnelle Kontraktionsfähigkeit" ist eine Zielgröße im Trainingsprozeß, die sich sehr leicht ansteuern läßt. Kurzzeitige maximale Kontraktionen verbessern sie effektiv. Erschöpfendes Ausdauertraining hingegen verschlechtert diese Schnellkraftkomponente sehr schnell.

Schnelle explosiv durchgeführte Kontraktionen gegen sehr hohe Widerstände verbessern die schnelle Kontraktionsfähigkeit sehr viel wirksamer als ein Training nach der "Schnellkraftmethode". Diese Einsicht setzt sich bei den Trainern nur sehr schwer durch. Besonders bei sehr schnell ablaufenden Bewegungen kommt dem koordinativen Aspekt eine wesentliche Rolle zu. Die generelle Fähigkeit "schnelle Kontraktionsfähigkeit" muß auf den Bewegungsablauf abgestimmt und koordinativ eingebunden werden. Diese koordinative Ausrichtung wird am besten in der Wettkampfabübung selbst geleistet und automatisiert.

Literatur:

- BIGLAND-RITCHIE, B./ JONES, D.A./ HOSKING, G.P./ EDWARDS, R.H.T.: Central and peripheral fatigue in sustained maximum voluntary contractions of human quadriceps muscle. In: Clin.Sci.Mol.Med. 54 (1978). 609 - 614
- BÜHRLE, M.(ed): Grundlagen des Maximal- und Schnellkrafttrainings. Schorndorf, 1985
- BÜHRLE, M.: Dimensionen des Kraftverhaltens und ihre spezifischen Trainingsmethoden. In: BÜHRLE, M.(ed): Grundlagen des Maximal- und Schnellkrafttrainings; (1985a), 82 - 111
- BÜHRLE, M.: Maximalkraft - Schnellkraft - Reaktivkraft. In: Sportwissenschaft, 3 (1989), 311
- BÜHRLE, M./ KIBELE, A./ LJ, Q./ MÜLLER, K.-J.: Auf dem Wege zu einer standardisierten und differenzierten Kraftdiagnostik. In: MENZEL, H.-J./ PREISS, R. (ed): Forschungsgegenstand Sport, Frankfurt 1990, 89 - 101
- DESMEDT, J.E.: The size principle of motoneuron recruitment in ballistic or ramp voluntary contractions in man. In: Prog. Clin. Neurophysiol. VOL. 9 (1981), 97 - 136
- DESMEDT, J.E./ GODAUX, E.: Fast motor units are not preferentially activated in rapid voluntary contractions in man. In: Nature 267 (1977), 717 - 719
- DIETZ, V.: Analysis of the electrical muscle activity during maximal contraction and the influence of ischaemia; In: J. of neuro. Sci. 37 (1978), 1187- 1197
- DIETZ, V.: Neurophysiologische Grundlagen des Kraftverhaltens. In: BÜHRLE, M.(ed): Grundlagen des Maximal- und Schnellkrafttrainings; (1985), 16 - 34
- HÄKKINEN, K./ ALEN, M./ KOMI, P.V.: Changes in isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fiber characteristics of human muscle during training and detraining. In: Acta Physiol.Scand. 125 (1985), 573 - 585
- HÄKKINEN, K./ KOMI, P.V.: Electromyographic changes during training and detraining. In: Med.Sci.Sports Exerc. 15 (1983), 455 - 460.
- HARRE, D.: Trainingslehre. Berlin 1979
- HARRE, D./ LOTZ, J.: Schnellkrafttraining. In: Theorie und Praxis der Körperkultur 33 (1984), 452 - 460
- HENNEMAN, E.; SOMJEN, G.; CARPENTER, D.O.: Excitability and inhibibility of motoneurons of different sizes. In: J. Neurophysiol. 28 : 599 - 620, 1965

- HENNEMAN, E.; CLAMANN, H.P.; GILLIES, J.D.; SKINNER, R.D.: Rank order of motoneurons within a pool: Law of combination. In: J. Neurophysiol. 37 (1974), 1338 - 1349
- HOLLMANN, W./ HETTINGER, Th.: Sportmedizin - Arbeits- und Trainingsgrundlagen; Stuttgart/New York 1980
- JONES, D.A./ BIGLAND-RITCHIE, B./ EDWARDS, R.H.T.: Excitation frequency and muscle fatigue: mechanical responses during voluntary and stimulated contractions. In: Exp.Neurol. 64 (1979), 401 - 413
- KUZNIZOW, W.: Kraftvorbereitung. Berlin 1972
- LARSON, L./ TESCH, P.A.: Motor unit fiber density in extremely hypertrophied skeletal muscle tissue with heavy resistance exercise. In: Eur.J.Appl.Physiol.55 (1986), 130 - 136
- LI, Q./ BÜHRLE, M./ KIBELE, A./ MÜLLER, K.J./ SCHWIRTZ, A.: Messen die verschiedenen Kraftdiagnose-Verfahren die gleichen Kraftfähigkeiten? Erfassung einer Probandengruppe mit verschiedenen Testverfahren; In: BÜHRLE, M./ SCHURR, M. (Hrsg.) Leistungssport: Herausforderung für die Sportwissenschaft, 9. Sportwissenschaftlicher Hochschultag (DVS) , Freiburg 1989, Bundesinstitut für Sportwissenschaft Bd. 72, Schorndorf 1991, 372-378
- LETZELTER, M.: Trainingsgrundlagen - Training-Technik-Taktik. Hamburg 1978.
- MACQUEEN, K.J.: Recent advances in the technique of progressive resistance exercise. In: British med.J. 2 (1954), 1193 - 1198
- MORTANI, T./ de VRIES, H.A.: Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. In: American Journal of Physical Medicine 58 (1979), 115 - 130
- MÜLLER, K.-J.: Explosivkraft - eine generelle oder spezifische Eigenschaft. In: BÜHRLE, M. (ed.): Grundlagen des Maximal- und Schnellkrafttrainings, Schriftenreihe des BISP, Bd. 56, Schorndorf, 1985, 144 - 160
- MÜLLER, K.-J.: Statische und dynamische Muskelkraft. Beiträge zur Sportwissenschaft Bd. 7, Frankfurt, 1987
- NARDONE, A./ ROMANO, C./ SCHIEPPATI, M.: Selective recruitment of high threshold human motor units during voluntary isotonic lengthening of active muscle. In: Journal of Physiology 395 (1989), 363 - 381
- PENMAN, K.A.: Human striated muscle ultrastructural changes accompanying increased strength without hypertrophy. In: Research Quarterly, 41 (1970), 418 - 424
- PETROVSKY, J.S./ LIND, A.R.: Frequency Analysis of Surface Electromyogram During Sustained Isometric Contractions. In: Eur.J.Appl.Physiol. 43 (1980), 173 - 182
- SALE, D.G.: Neuronal adaption to strength training; In: KOMI, P.V.(ed): Strength and Power in Sport, Oxford 1991, 249 - 265
- SCHMIDT, R.F./ THEWS, G. (ed): Physiologie des Menschen, Berlin - Heidelberg - New York 1980
- SUST, M./ WEISS, T.: Zur Objektivierung der Schnellkraft. In: Theorie und Praxis der Körperkultur 36 (1987), 26 - 34
- VIIITASALO, J.T./ KOMI, P.V.: Forcetime characteristics and fiber composition in human leg extensor muscle. In: Eur. J. App. Physiol. 40 (1978), 7 - 15
- WERCHOSHANSKIJ, J.V.: Grundlagen des speziellen Krafttrainings. In: ADAM, D./ WERCHOSHANSKIJ, J.V.: Modernes Krafttraining im Sport: Trainerbibliothek 4 1972
- ZACIORSKIJ, V.M.: Die körperlichen Eigenschaften des Sportlers; Berlin 1972
- STOBOY, H.: Theoretische Grundlagen zum Krafttraining. In: 21 Schweiz.Ztschr. Sportmed. (1973), 149 - 163