



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Sport BASPO

Explosivkraftmessungen der unteren Extremitäten

„Quattrojump“

Leichtathletik: Modul Leistungsdiagnostik

Dr. Klaus Hübner, 07.08.2023

EHSM
Eidgenössische
Hochschule
für Sport
Magglingen



Gliederung

Anforderungsprofil

Definition der Explosivkraft

Erklärung des Testverfahren

Interpretation und Trainingsempfehlungen

(Erweiterte Testverfahren)





Hintergrund und Ausgangslage

Stetige Zunahme des Leistungsniveaus im Spitzensport
Ausreizen aller Leistungskomponenten
Explosivkraft als zentrale Leistungsvoraussetzung für
azyklische (Bsp. Wurf/Sprung) und zyklische
Bewegungen (Bsp. Sprint) in der Leichtathletik
Höchster Ausprägungsgrad dieser Fähigkeit wird im
Training angestrebt





Sportartspezifische Tests



Speerwurf-Weltmeister Johannes Vetter beim Messplatz-Training am IAT in Leipzig.

Speerwurf, IAT Leipzig
Stabhochsprung, Magglingen





Einordnung der Explosivkraft





Schnellkraftfähigkeit

Konditionelle Leistungsvoraussetzung: Fähigkeit, bei willkürlicher Kontraktion die Muskelkraft schnell zu mobilisieren, das Kraftmaximum in optimal kurzer Zeit zu erreichen und dem eigenen Körper bzw. dem Sportgerät eine maximale Beschleunigung zu erteilen.

Schnabel/Harre/Krug, 2008, S. 588



Komponenten der Schnellkraft

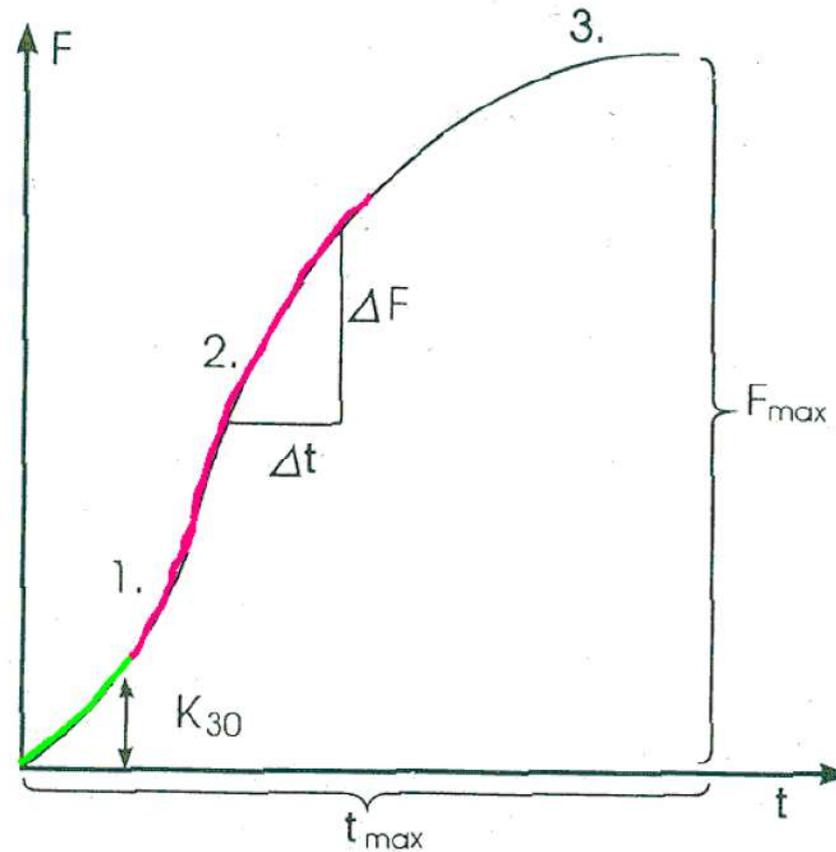


Abbildung 3.3.-3 Die Schnellkraftfähigkeit und ihre Komponenten Start- und Explosivkraftfähigkeit (nach BÜHRLE/SCHMITDTBLEICHER 1981)



Maximalkraft als Voraussetzung

Explosivkraft wird 21-28% durch die Maximalkraft erklärt





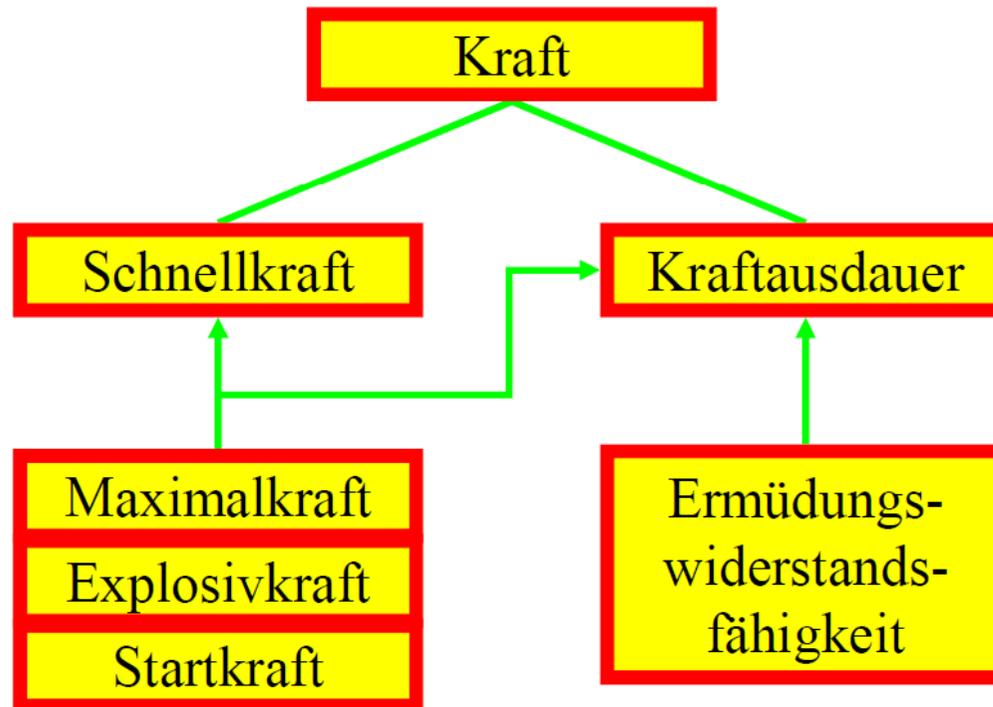
Komponenten und Struktur des Kraftverhaltens

(Schmidtbleicher, 2006)

Motorische Eigenschaft

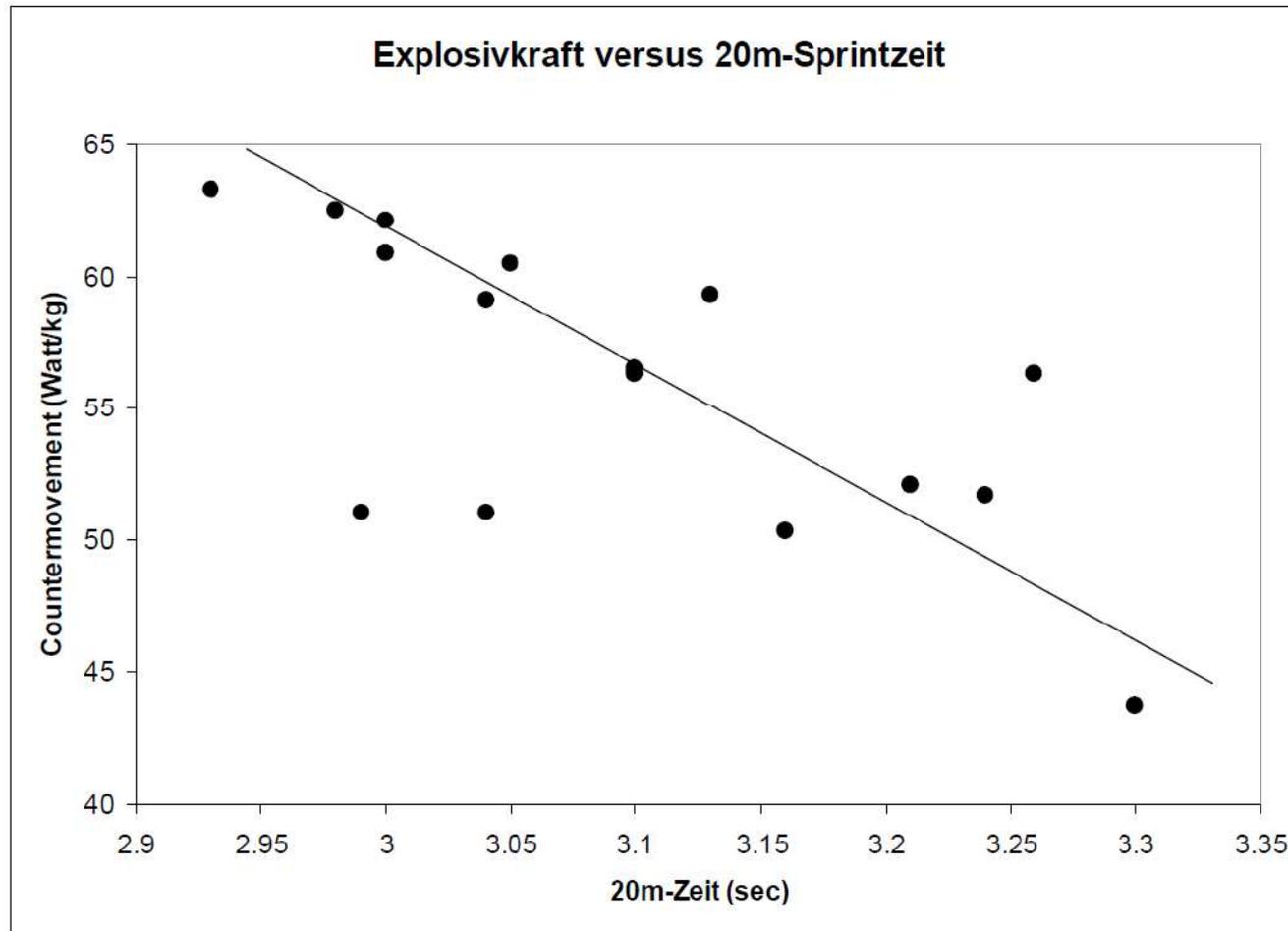
Erscheinungsformen

Komponenten





Bezug der Explosivkraft zur Sprintzeit





Bezug der Anlaufgeschwindigkeit zum Wettkampfergebnis

Relation zwischen individuellem Sprintvermögen und tatsächlicher Anlaufgeschwindigkeit im Stabhochsprung

Eine Studie bei einem internationalen Stabhochsprungwettkampf

Wolke Böhler, Michi Gross, Klaus Köhler | Eidgenössische Hochschule für Sport Magglingen EHSM

EHSM
Eidgenössische
Hochschule
für Sport
Magglingen

Einführung

Die Anlaufgeschwindigkeit ist in der komplexen Sportart Stabhochsprung von grosser Bedeutung. Um den Anlauf zu verbessern, wird er als Trainingsübung oft neben der Anlage ausgeübt. Bei dieser Anlaufkontrolle simulieren die Athleten und Athletinnen den Anlauf mit Stab ohne dabei den Sprung zu vollziehen. Dennoch scheitern es Stabhochspringer und Stabhochspringerinnen nicht, für präzise Sprünge im Wettkampf auszustufen.

Fragestellungen dieser Studie

1. Wie gross ist die Zusammenhang zwischen der Anlaufgeschwindigkeit und der maximalen Sprunghöhe beim Stabhochsprung?
2. Wie unterscheiden sich kinematische Parameter (Geschwindigkeit, Schrittlänge, Schritzfrequenz, Bodenkontaktzeit) zwischen einem Wettkampflauf, einer Anlaufkontrolle mit Stab und einem Regelstabsprint ohne Stab?
3. Gibt es Unterschiede zwischen verschiedenen Leistungsstufen?

Methode

120 Stabhochsprüngerinnen aus acht verschiedenen Nationen wurden in eine leistungsstärkere Gruppe (n = 10, Belastung 4.4 m ± 0.1, Top-100 der Weltbestenliste) und eine leistungsstärkere Gruppe (n = 10, Belastung 3.8 m ± 0.1) eingeteilt. Innershalb von zwei Tagen absolvierten die Teilnehmerinnen einen Wettkampf, eine Anlaufkontrolle mit Stab und einen Regelstabsprint ohne Stab. Dabei wurden die Geschwindigkeit, die Schrittlänge, die Bodenkontaktzeit und die Schritzfrequenz mit einem OptoJump-System (Mitragage, Indano, Italien) gemessen.

Resultate

Die Körpergrösse (p = 0.93) und das Gewicht (p = 0.15) unterscheiden sich zwischen der Gruppe 1 (168 cm, 61.7 kg) und Gruppe 2 (168.8 cm, 60.3 kg) nicht signifikant.

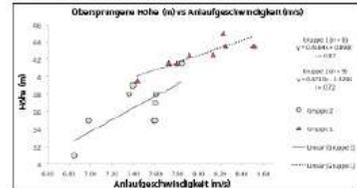


Abbildung 1 zeigt den sehr grossen Zusammenhang zwischen übersprungener Höhe und Anlaufgeschwindigkeit (r = 0.86). Das bedeutet, die Höhe kann bei der leistungsstärkeren Gruppe (1) zu 76% mit der Anlaufgeschwindigkeit erklärt werden, respektive zu 8% bei der leistungsstärkeren Gruppe (2).

Die kinematischen Parameter bei den drei Laufvarianten sind in Tabelle 1 dargestellt. Signifikante Unterschiede sind in Tabelle 2.



LASPO
2512 Magglingen



© EHSM/2015, J. B. B. B. B. B.

Tabelle 1: Mittelwert und Standardabweichung der Geschwindigkeit (m/s), Schrittlänge (m), Bodenkontaktzeit (s) und Frequenz (Hz) bei drei verschiedenen Laufbedingungen von Gruppe 1 (n = 10) und 2 (n = 10)

Gruppe	Wettkampflauf		Anlaufkontrolle		Regelstabsprint	
	1	2	1	2	1	2
Geschwindigkeit (m/s)	2.69 ± 0.26	2.41 ± 0.24	2.38 ± 0.41	2.19 ± 0.20	2.88 ± 0.41	3.16 ± 0.30
Schrittlänge (m)	1.80 ± 0.11	1.75 ± 0.11	1.85 ± 0.11	1.73 ± 0.17	1.94 ± 0.17	1.95 ± 0.16
Bodenkontaktzeit (s)	0.128 ± 0.013	0.128 ± 0.017	0.121 ± 0.016	0.119 ± 0.017	0.110 ± 0.017	0.110 ± 0.016
Frequenz (Hz)	4.27 ± 0.22	4.21 ± 0.23	4.10 ± 0.37	4.19 ± 0.26	4.75 ± 0.17	4.75 ± 0.19

Tabelle 2: Signifikanz (p) und Effektstärke (d) der Variablen Geschwindigkeit, Schrittlänge, Bodenkontaktzeit und Frequenz im paarweisen Vergleich der Laufbedingungen aufgeteilt nach Gruppenzugehörigkeit (Gruppe 1 n = 10, Gruppe 2 n = 10). * p < 0.05, ** p < 0.01, *** p < 0.001 nach Wilcoxon

Gruppe	Geschwindigkeit		Schrittlänge		Bodenkontaktzeit		Frequenz	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Wettkampflauf	p: 0.01**	0.01**	0.02	0.02**	0.26	0.21	0.01**	0.04
Anlaufkontrolle	p: 1.00	0.77	0.14	0.16	0.16	0.16	0.83*	0.06
Anlaufkontrolle vs Regelstabsprint	p: 0.01**	0.01**	0.01**	0.01**	0.01**	0.01**	0.00*	0.00
Regelstabsprint vs Wettkampflauf	p: 0.00*	0.00**	0.13**	0.18**	0.01**	0.00**	0.00*	0.04
	d: 1.24	1.22	1.34	1.42	0.26	0.25	0.85	0.87

Sowohl ist ersichtlich, dass sich die Frequenz zwischen einem Regelstabsprint und dem Lauf mit Stab weniger stark verändert, als die Schrittlänge und die Bodenkontaktzeit. Die Anlaufkontrolle war signifikant langsamer als der Wettkampflauf (p < 0.01). Die Gruppen unterscheiden sich beim Regelstabsprint bei der Schrittlänge und im Wettkampflauf der Geschwindigkeit und Bodenkontaktzeit signifikant (p < 0.05).

Diskussion für die Praxis

- Es gibt einen starken Zusammenhang zwischen der Anlaufgeschwindigkeit im Wettkampf und übersprungener Höhe. Die leistungsstärkere Gruppe kann mit identischer Anlaufgeschwindigkeit höher springen als die leistungsstärkere Gruppe.
- Leistungsstärkere Athletinnen vollziehen weniger Geschwindigkeit zwischen einem Wettkampflauf und einem Regelstabsprint. Dies vollzieht sich die Bodenkontaktzeit zwischen einem Lauf mit und ohne Stab bei Leistungsstärkeren Athletinnen ebenfalls.
- Aufgrund der deutlich höheren Anlaufgeschwindigkeit bei der Anlaufkontrolle im Vergleich mit dem Wettkampflauf muss in Frage gestellt werden, ob sich die Anlaufkontrolle als Trainingsübung eignet.
- Anhand der Studie kann abgeschätzt werden, ob die Athletinnen im Training den Schwerpunkt auf die Verbesserung der Anlaufgeschwindigkeit oder der Stabhochsprungstechnik legen sollten.

Dank an alle Athletinnen, Trainierer sowie Helferinnen, die diese Studie ermöglicht haben.



Bezug der Anlaufgeschwindigkeit zum Wettkampfergebnis (2)

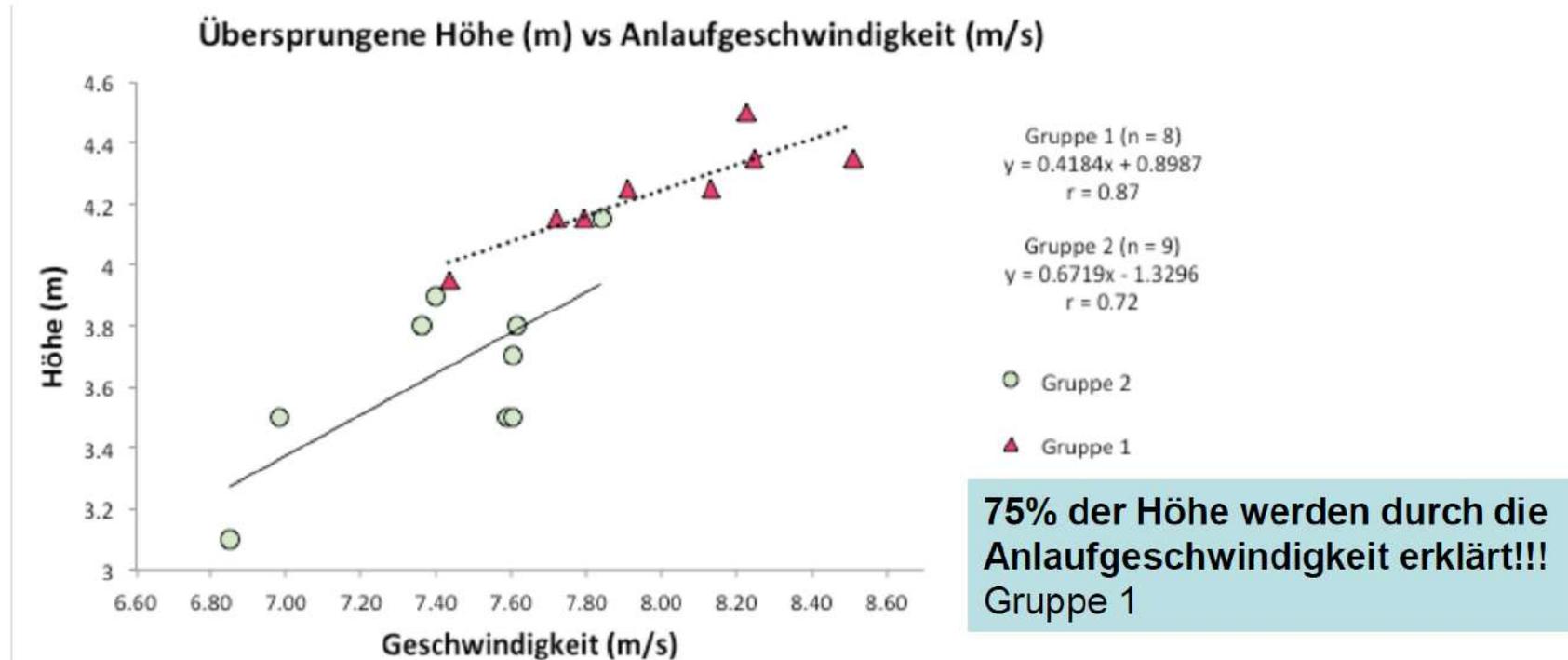


Abbildung : Korrelation zwischen Anlaufgeschwindigkeit (m/s) und übersprungener Höhe (m) für Gruppe 1 (Top 100) und 2 (>Top 100)



Feldtests zur Höhenmessung

Direkte Höhenmessungen



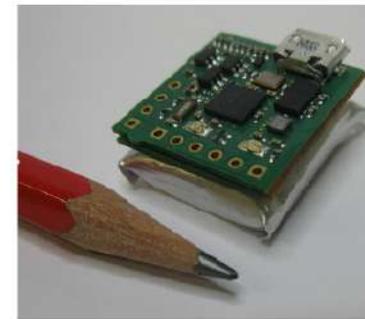
Jump and reach

Höhenberechnungen durch die Flugzeit

$$h_{vol} = \frac{g}{2} \cdot \left(\frac{t_{vol}}{2} \right)^2$$



Optojump



**Beschleunigungs-
messer**

**Verschiedene
Smartphone-Apps**



Vergleich von Kraftkurven

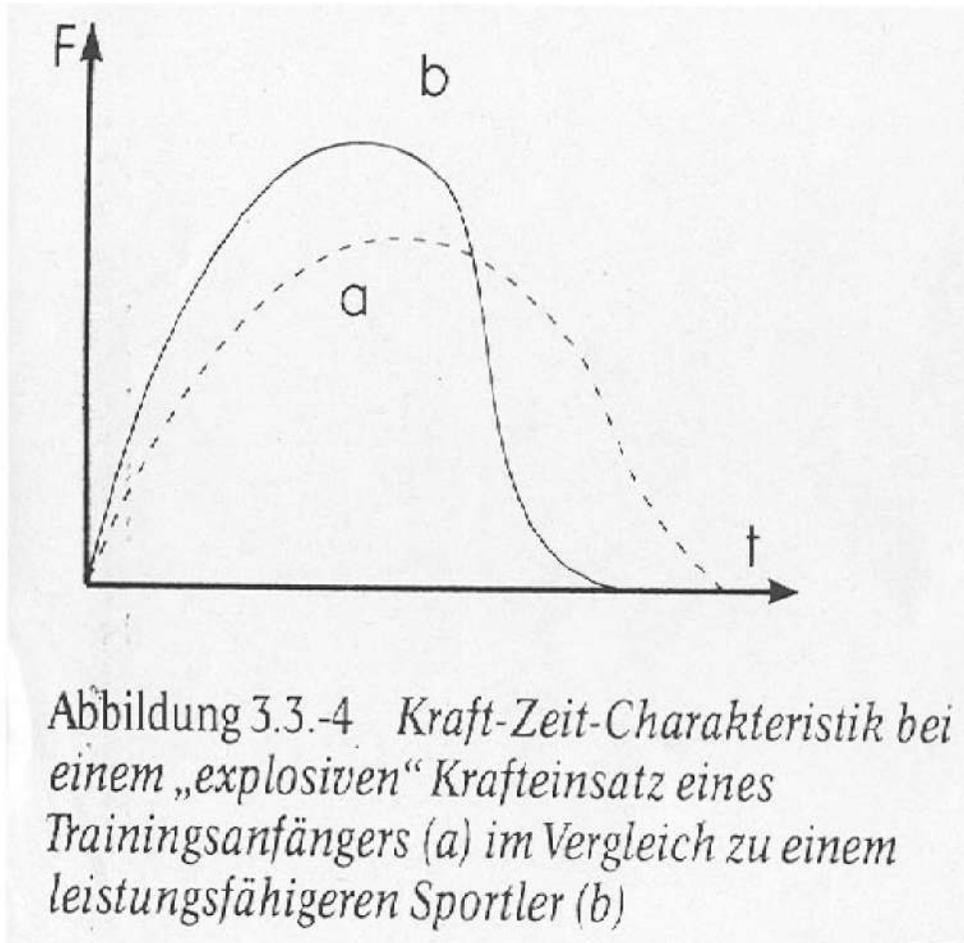


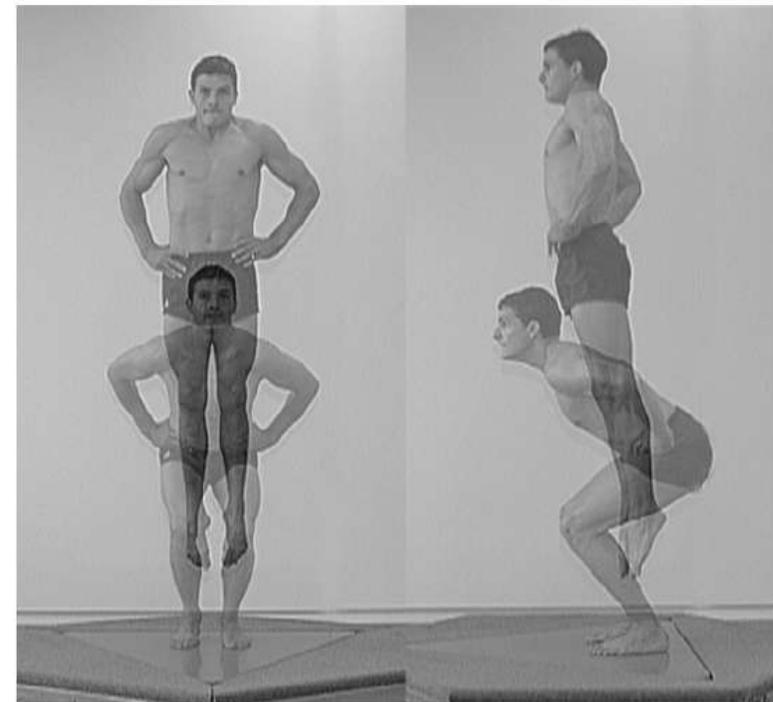
Abbildung 3.3.-4 Kraft-Zeit-Charakteristik bei einem „explosiven“ Krafteinsatz eines Trainingsanfängers (a) im Vergleich zu einem leistungsfähigeren Sportler (b)



Einfacher Sprungkrafttest mit Kraftmessplatten (Quattrojump)

Ermittlung der Explosivkraft
(maximale mechanische Leistung
und Sprunghöhen).

Aus der Niveaubestimmung
erfolgen einige
Trainingsempfehlungen.



Einfacher Sprungkrafttest mit Kraftmessplatten (Quattrojump)

1) Checkliste ausfüllen

2) Messung: Grösse und Gewicht

3) Testprotokoll:

– Counter movement jump (cmj)	:	3 Sprünge
– Squat jump (sj)	:	3 Sprünge
– Einbeinsprung links (ll)	:	3 Sprünge
– Einbeinsprung rechts (rl)	:	3 Sprünge
	Total	: 12 Sprünge

4) Auswertung und Trainingsempfehlungen

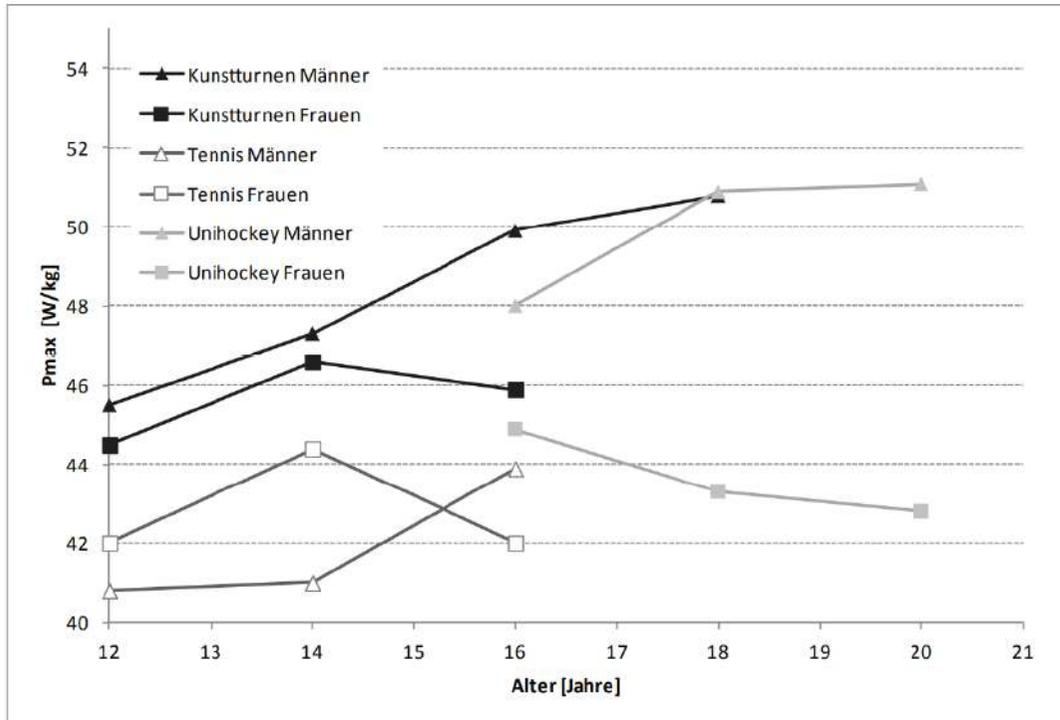


Zielwerte nach Disziplin im Countermovementjump (W/kg)

	Männer	Frauen
100 m	>80 (90)	>70 (80)
110 mH/ 100 mH	>75	>70
400 m / 400 mH	>70	>60
Stabhochsprung		>65
Mehrkampf	>70	>65



Explosivkraft im Altersverlauf



Mittelwerte der relativen maximalen Leistung (Pmax) beim Countermovement Jump (CMJ) der männlichen und weiblichen Athleten der Sportarten Kunstturnen, Tennis und Unihockey in verschiedenen Altersklassen.



Symmetrie

- $< 10\%$: normal
- $10 - 15\%$: überdenken
- $> 15\%$: Korrektur



Bilaterales Defizit

- beidbeinig < links + rechts
- Richtwert Beispiel Leichtathletik: -16%
- Trainingsempfehlung: bei kleiner als 13% eher einbeinige Übungen, bei grösser 19% eher beidbeinige Übungen

$$BD = 100 * \left(\frac{b}{r+l} - 1 \right)$$



Effect of Prestretch

$$= (hf(\text{CMJ})/hf(\text{SJ}) * 100\%) - 100\%$$

4 – 8 %

Trainingsempfehlungen: bei grösser 10%
eher Krafttraining, bei kleiner 2% eher
Sprünge mit kurzer Kontaktzeit



Zusammenfassung

Testverfahren nach Anforderungsprofil und Niveau/Ausbildungsstand auswählen.

Die aus dem Test gewonnenen Parameter sollten neben der Ermittlung des Niveaus und der Entwicklung des Athleten vor allem der Ableitung von Trainingsempfehlungen dienen.

Aufgabe der Leistungsdiagnostik als Teil der Trainingssteuerung besteht primär in der Unterstützung der individuellen Trainingsplanung.



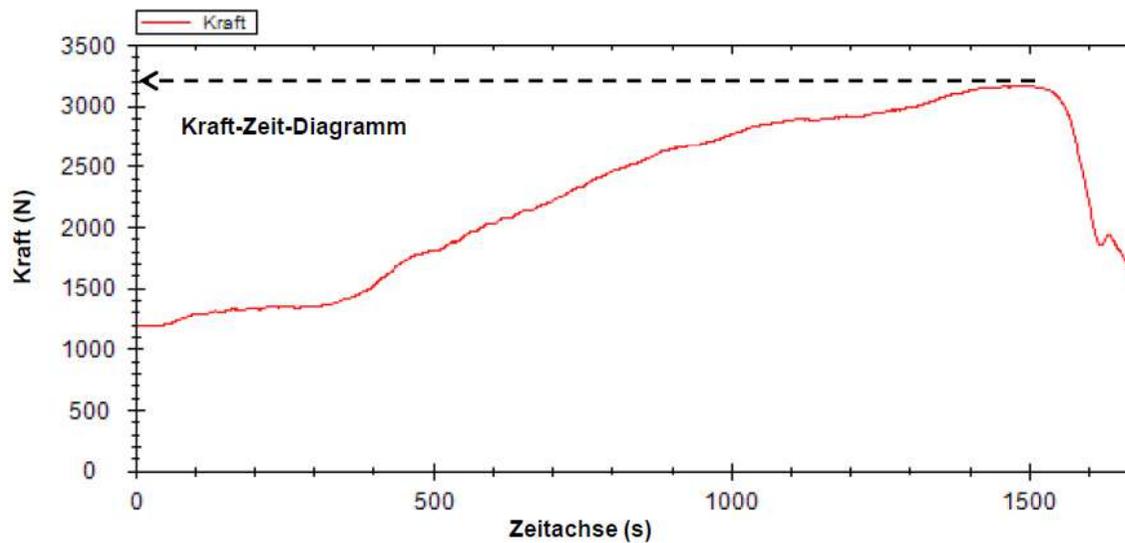
Erweiterte Testverfahren: MLD-Test





1. Teil: Isometrische Maximalkraft

beidbeinig (70° und 100°),
einbeinig links und einbeinig rechts



Beidbeiniges schematisches Beispiel





Explosivkraftmessungen

Sprünge mit Zusatzlast



Goniometerkontrolliert (Kniewinkel sportartspezifisch).

Je Laststufe ein CMJ + ein SJ .

Laststufen: - einfache Körpergewicht,
- + 20% KG,
- + 40% KG,
- + 60% KG,
- + 80% KG,
- + 100% KG.