

RUB

RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

Biomechanische Leistungsdiagnostik

Schwerpunkt Training & Diagnostik

Dienstag



<https://tinyurl.com/225h5ycw>

Seminar Biomechanische Leistungsdiagnostik (SoSe23_100774)

Mittwoch



<https://tinyurl.com/27m9fpaz>

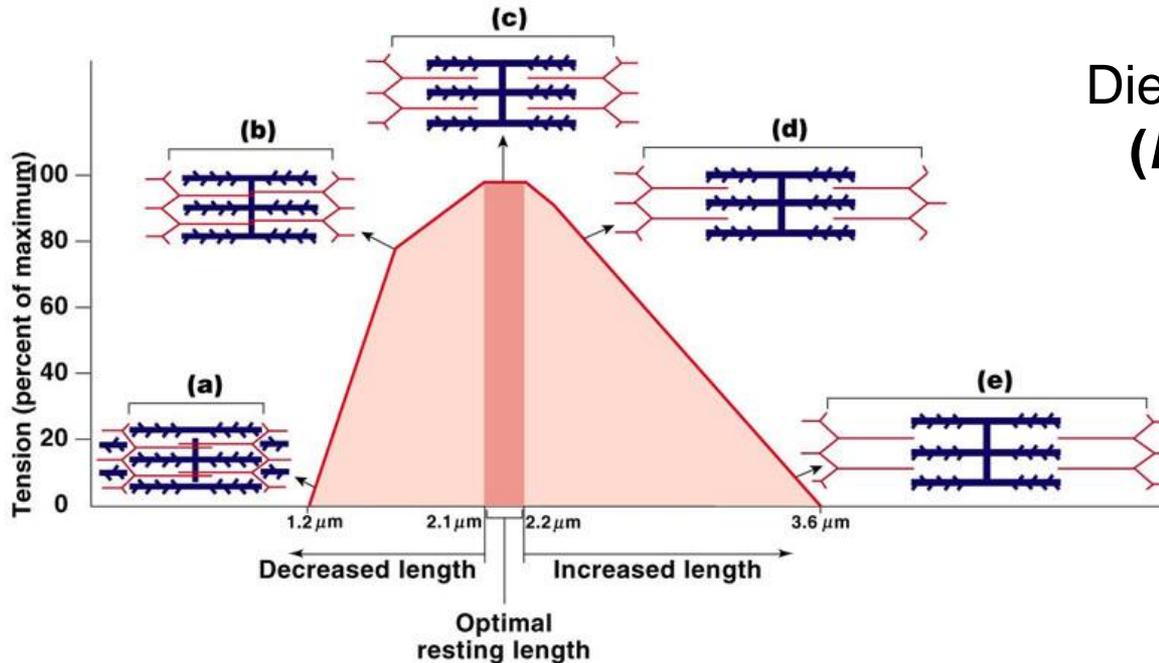
Seminar Biomechanische Leistungsdiagnostik (SoSe23_100975)

Inhalte und Organisation

- Begriffsbestimmung
- Sprungkraftdiagnostik
- Maximalkraftdiagnostik
- Explosivkraftdiagnostik
- Diagnostik der Kraftausdauer

		DI	MI
Woche	Inhalt	Datum	Datum
1	Organisation und Begriffsbestimmung	04.04.2023	05.04.2023
2	Diagnostik – Definitionen und Testtheorie	11.04.2023	12.04.2023
3	Einführung in die Sprungkraftdiagnostik I	18.04.2023	19.04.2023
4	Einführung in die Sprungkraftdiagnostik II (online)	25.04.2023	26.04.2023
5	Laborsession	02.05.2023	03.05.2023
6	Auswertung der Sprungdaten	09.05.2023	10.05.2023
7	Einführung in die Maximalkraftdiagnostik	16.05.2023	17.05.2023
8	Einführung in die Explosivkraftdiagnostik	23.05.2023	24.05.2023
9	Laborsession Gruppe 1	06.06.2023	07.06.2023
10	Laborsession Gruppe 2	13.06.2023	14.06.2023
11	Auswertung der Maximal- und Explosivkraftdiagnostik	20.06.2023	21.06.2023
12	Einführung in die Kraftausdauerdiagnostik	27.06.2023	28.06.2023
13	Klausurvorbereitung	04.07.2023	05.07.2023

Kraft – isometrische Muskelkraft



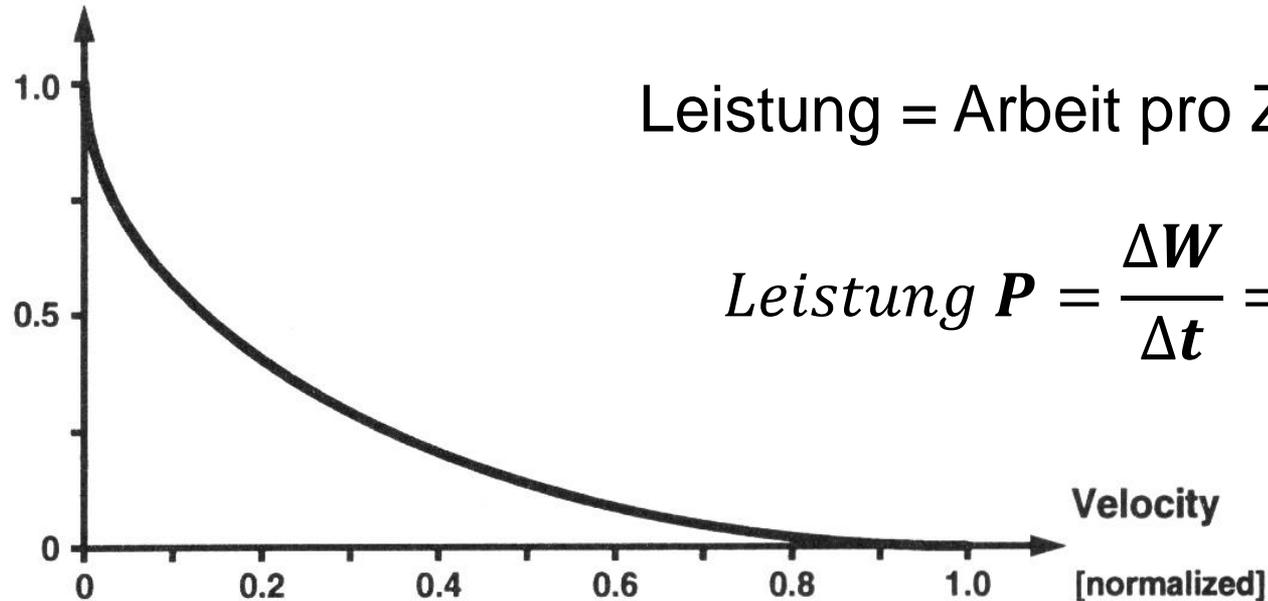
Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Figure 12-16

Die **Kraft-Längen-Relation** ($F-l-r$) gibt die maximale **isometrische Kraft** Abhängigkeit der **Muskellänge** an.

Kraft – dynamische Muskelkraft (konz./exz.)

Force
[normalized]



$$\text{Arbeit } W = \vec{F} \cdot \Delta \vec{s} \quad [\text{Joule}]$$

Leistung = Arbeit pro Zeiteinheit [Watt]

$$\text{Leistung } P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{\vec{F} \cdot \Delta \vec{s}}{\Delta t} = \vec{F} \cdot \vec{v}$$

Wiederholungsfragen Begriffsbestimmung

- Wie sieht die Kraft-Längen-Relation (F-l-r) aus und inwiefern ist sie bei einer Kraftdiagnostik von Bedeutung? Welche Mechanismen sind für die Form der Kurve verantwortlich?
- Wie sieht die Kraft-Geschwindigkeits-Relation (F-v-r) aus und was kann man an ihr ablesen? Was muss man aufgrund dieser Relation bei dynamischen Kraftmessungen beachten?
- Wieso können die resultierende Kräfte komplexer Bewegungen nicht einzelnen Muskeln zugeordnet werden?

Diagnostik – Definitionen und Testtheorie

Hauptgütekriterien

Objektivität, Reliabilität, Validität

Nebengütekriterien

Normierung, Ökonomie, Vergleichbarkeit, Nützlichkeit

Diagnostik – Definitionen und Testtheorie

Messfehler = Jedes Testergebnis entspricht eigentlich dem wahren Ausprägungsgrad des untersuchten Merkmals, wird aber von einem Messfehler überlagert.

→ **Jede Messung ist fehlerhaft!**

1. Axiom: Jeder gemessene Wert x_i setzt sich zusammen aus dem wahren Wert X und einem Messfehler e_x :

$$x_i = X \pm e_x$$

Bsp. Sprungweite: $440 \text{ cm} = 439,9 \text{ cm} + 0,1 \text{ cm}$

Diagnostik – Definitionen und Testtheorie

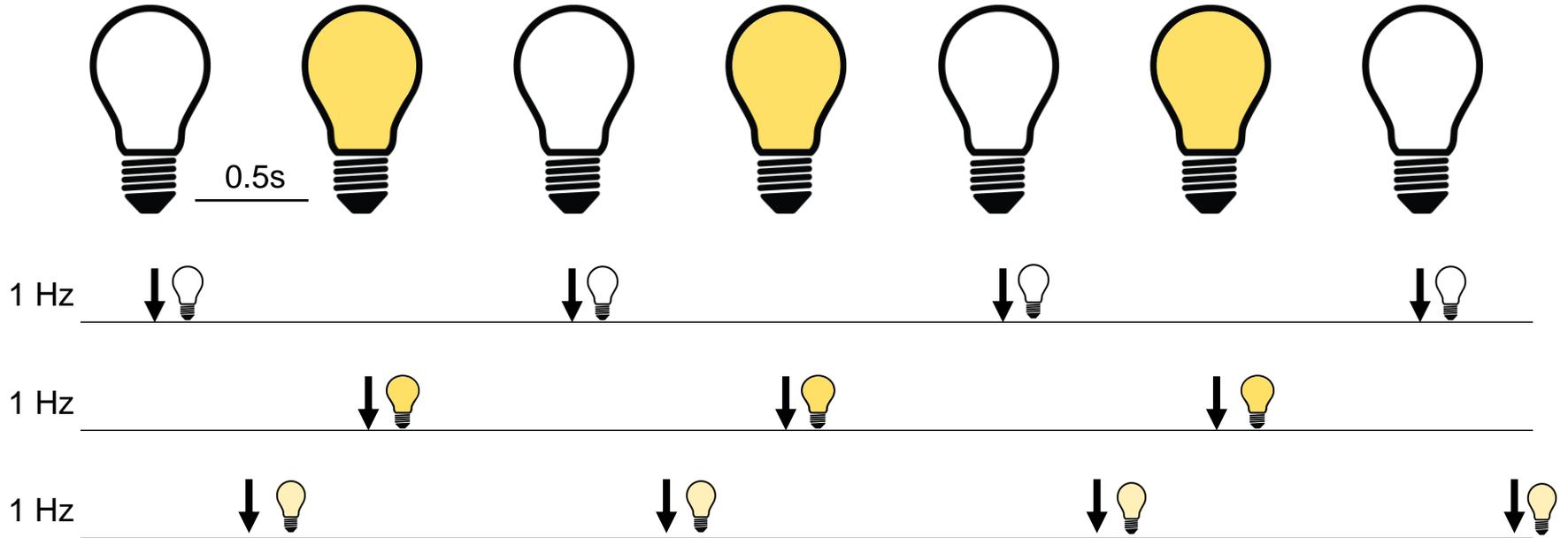
2. Axiom: Die Messfehler sind bei mehreren Messungen zufällig verteilt. Der mittlere Fehler ist Null (Fehlerausgleich).

$$\bar{e}_x = 0$$

3. Axiom: Messfehler aus verschiedenen Messungen sind voneinander unabhängig. $\rightarrow r(e_{x1}, e_{x2}) = 0$

4. Axiom: Die Messfehler sind unabhängig vom Ausprägungsgrad des wahren Wertes. $\rightarrow r(X, e_x) = 0$

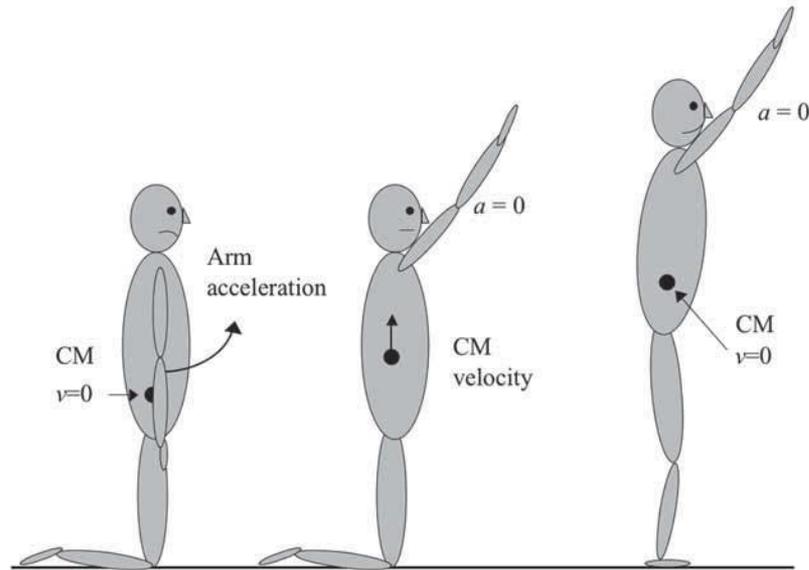
Messfrequenz



Wiederholungsfragen Diagnostik

- Nenne jeweils für die Objektivität, Reliabilität und Validität ein Beispiel für eine hohe und eine geringe Erfüllung des jeweiligen Gütekriteriums.
- Wie kann die Reliabilität geprüft werden?
- Was sind die Axiome der klassischen Testtheorie in Bezug auf den Messfehler?
- Weshalb ist der Begriff der Frequenz für die Leistungsdiagnostik wichtig und was passiert, wenn die Frequenz falsch gewählt ist (*bspw. exakt zweifache Frequenz des Messsignals*) ?

Springen



Sprungkraftdiagnostik

Sprungformen

1. *Squat Jump* (SJ, Strecksprung)
2. *Counter Movement Jump* (CMJ, Strecksprung mit Ausholbewegung)
3. *Dropjump* (DJ, Fallsprung)

Sprungkraftdiagnostik

Sprungformen – Was wird diagnostiziert?

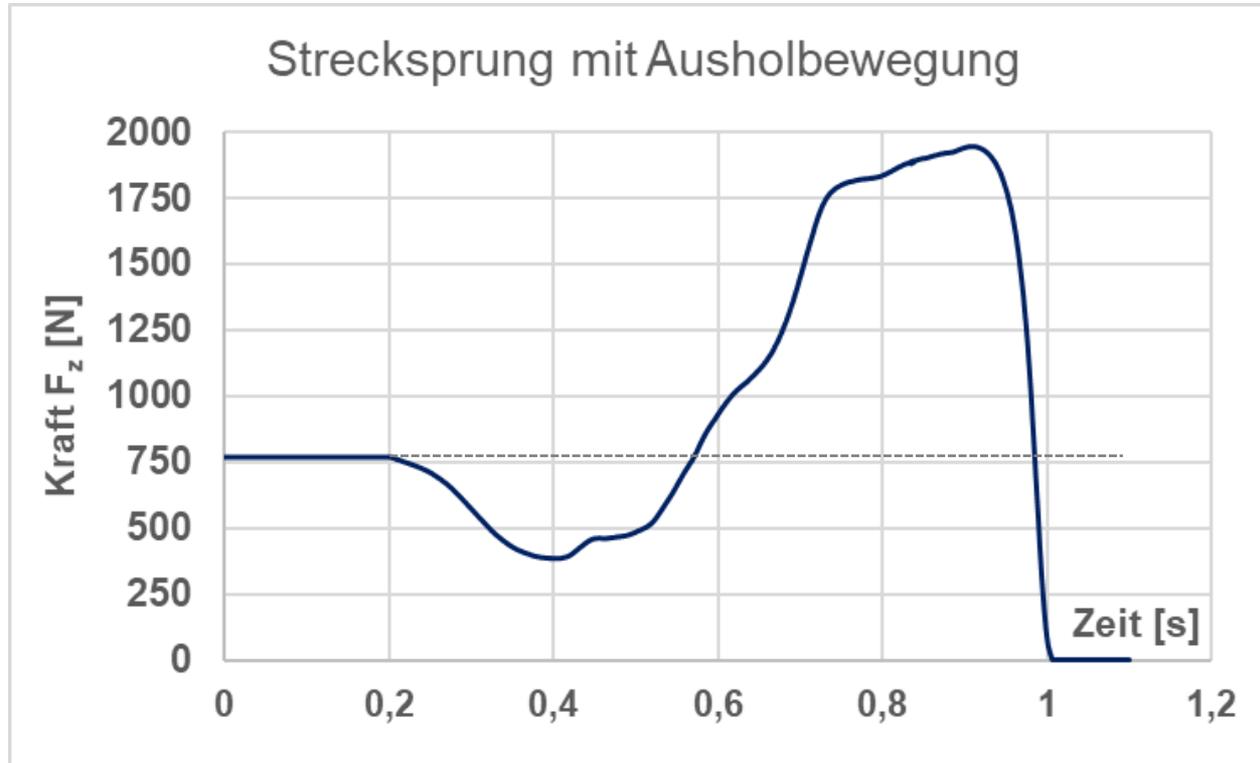
1. SJ: konzentrische Arbeitsweise, Ausführungsgeschwindigkeit gering
2. CMJ: exzentrisch-konzentrisch, langer DVZ
3. DJ: exzentrisch-konzentrisch, kurzer DVZ

Sprungkraftdiagnostik

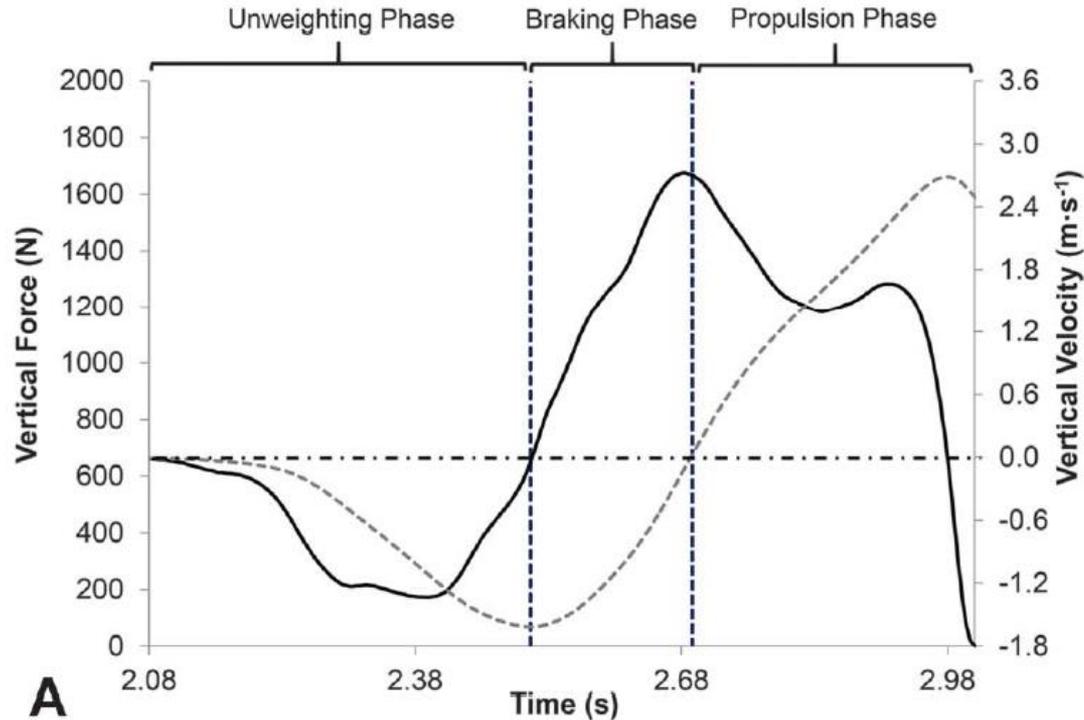
Ausführung

- **Testumgebung**
- **Aufwärmen**
- **Ausgangsstellung**
- **Instruktion**
- **Kontrolle**

Sprungkraftdiagnostik – Sprungkurve CMJ

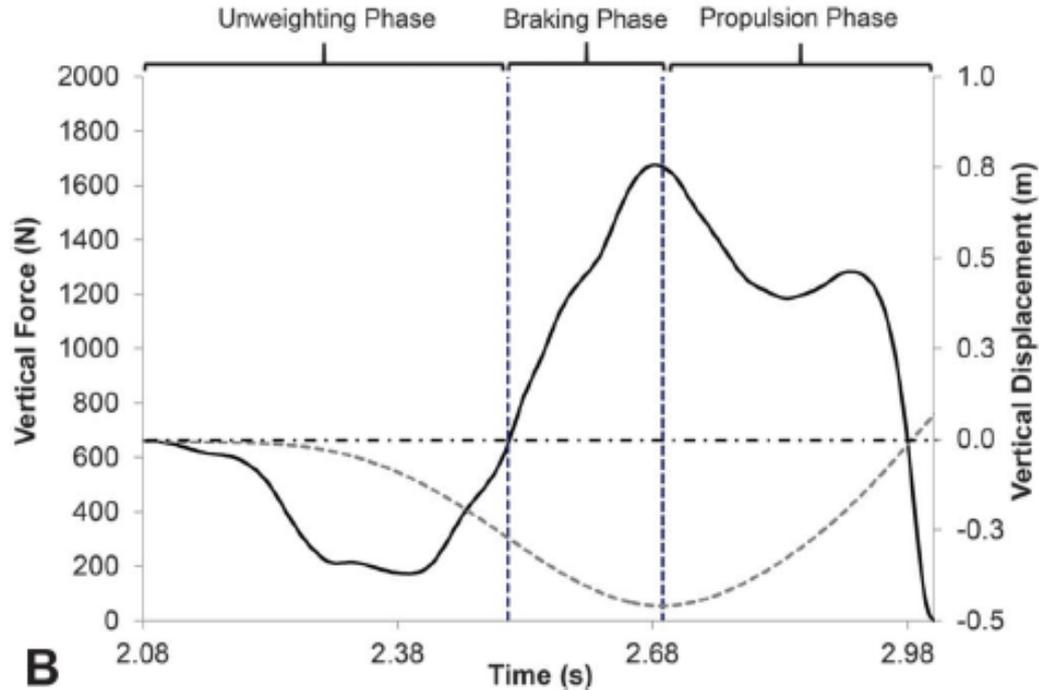


Sprungkraftdiagnostik – Sprungkurve CMJ



A

Sprungkraftdiagnostik – Sprungkurve CMJ



Sprungkraftdiagnostik

Bestimmung der Sprunghöhen

1. Flugzeitverfahren
2. Absprungimpulsverfahren
3. Doppelte Integration des Beschleunigung-Zeit-Verlaufs
4. Bildgebende Verfahren

Sprungkraftdiagnostik

1. Flugzeitverfahren

Basierend auf den Gesetzen des freien Falls:

$$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

(mit $s =$ Sprunghöhe h , $a =$ Erdbeschleunigung g , $t =$ Flugzeit)

$$h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot \frac{t_{Flug}^2}{2} = \frac{1}{8} \cdot g \cdot t_{Flug}^2 = 0,307 \text{ m}$$

Sprungkraftdiagnostik

2. Absprungimpulsverfahren

Basierend auf Kraftstoß, Impuls und Energieerhaltung:

$$\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta \vec{v}$$

$$m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$\rightarrow h = \frac{v^2}{2g}$$

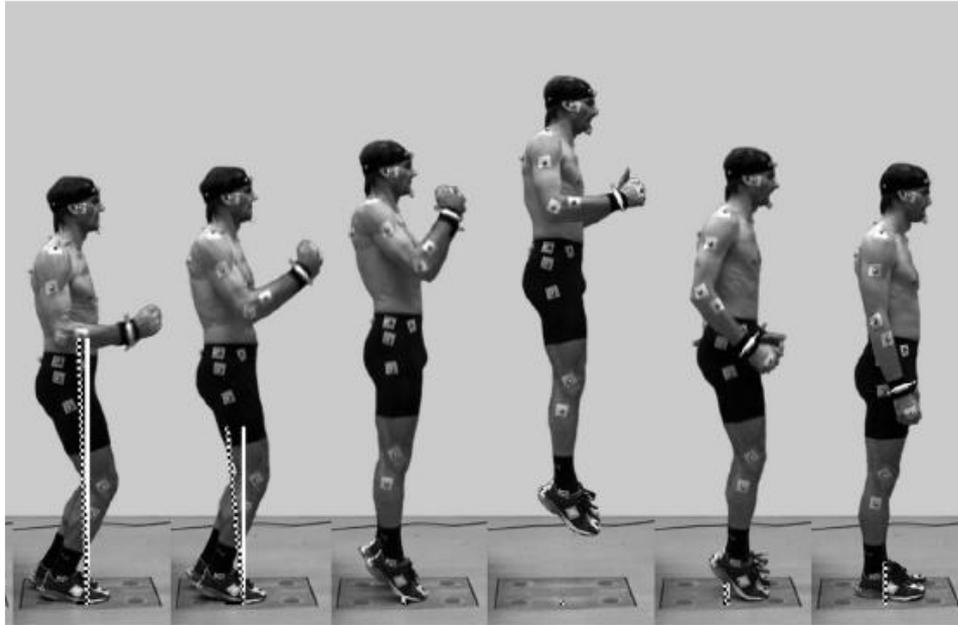
Sprungkraftdiagnostik

3. Doppelte Integration des Beschleunigung-Zeit-Verlaufs

Basierend auf dem Zusammenhang zwischen Kraft und Beschleunigung, sowie Beschleunigung, Geschwindigkeit und Weg.

Sprungkraftdiagnostik

4. Bildgebende Verfahren



Wiederholungsfragen Sprungkraftdiagnostik

- Wie springt man?
- Was beeinflusst die Tiefe der Start- (SJ) oder Ausholposition (CMJ)?
- Was ist der Unterschied zwischen dem Counter Movement Jump und dem Drop Jump im Bezug auf den Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus?

Sprungkraftdiagnostik – Fehlerquellen

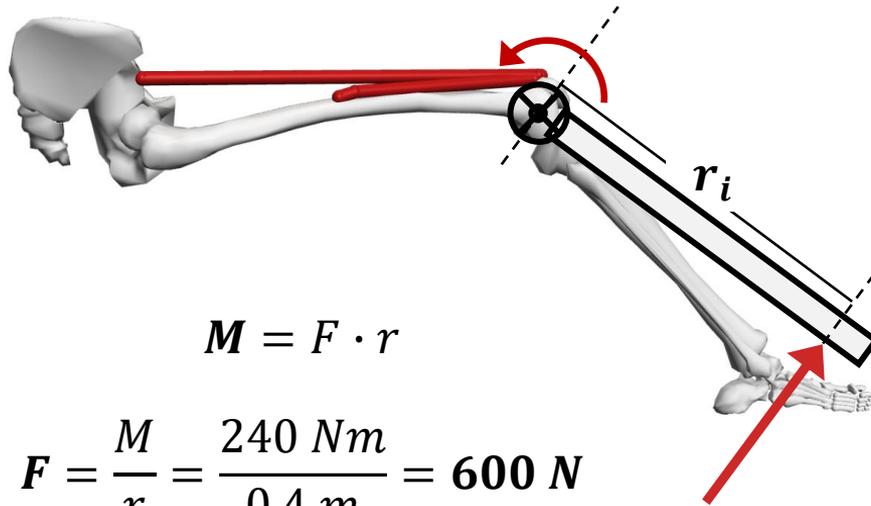
- Messfrequenz [Hz] (FT, IMP, DI, MC)
- Messgenauigkeit der Kraftmessplatte (FT, IMP, DI)
- Landehaltung entspricht nicht der Absprungposition (FT)
- Bestimmung der Sprungphasen (FT, IMP, DI)
- Bestimmung der Gewichtskraft (IMP, DI)
- Erhöhung des KSP vor Absprung (FT, IMP)

Wiederholungsfragen Sprungkraftauswertung

- In welche Phasen kann man einen CMJ einteilen und wie definiert man diese?
- Welche Möglichkeiten zur Berechnung der Sprunghöhe gibt es und auf welchen Konzepten basieren sie?
- Was sind die Vor- und Nachteile jeder Methode?

(Maximal-) Kraftdiagnostik

Übereinstimmung von Geräteachse und Drehachse im Gelenk



$$M = F \cdot r$$

$$F = \frac{M}{r} = \frac{240 \text{ Nm}}{0.4 \text{ m}} = 600 \text{ N}$$

Abweichung	M ($F \cdot r$)	Fehler
$\pm 0.5 \text{ cm}$	237 / 243 Nm	$\pm 1.3\%$
$\pm 1.0 \text{ cm}$	234 / 246 Nm	$\pm 2.5\%$
$\pm 1.5 \text{ cm}$	231 / 249 Nm	$\pm 3.8\%$
$\pm 2.0 \text{ cm}$	228 / 252 Nm	$\pm 5.0\%$
$\pm 2.5 \text{ cm}$	225 / 255 Nm	$\pm 6.3\%$
$\pm 3.0 \text{ cm}$	222 / 258 Nm	$\pm 7.5\%$

Maximalkraftdiagnostik (am Bsp. Kniestrecke)

Unabhängige Variablen:

- Getestetes Gelenk
- Gelenkwinkel
- Bewegungsumfang
- Winkelgeschwindigkeit (max: 560 deg/s)
- Winkelbeschleunigung (max: 10000 deg/s²)

- *Z.B., 90 Grad @ 560 Grad/s = 0,16 Sekunden*

Maximalkraftdiagnostik (am Bsp. Kniestrecker)

Abhängige Variablen:

- Netto-Gelenkdrehmoment (der Motor kann 750 Nm erzeugen)
- Kraft (Peak to Peak-Drehmoment)
- Arbeit - (*Kraft * Weg vs. Drehmoment * Winkelverschiebung*)
- Leistung - (*Arbeit / Zeit oder Kraft * Geschwindigkeit*)
- Asymmetrie (Verletzungsrisiko)

Maximalkraftdiagnostik (am Bsp. Kniestrecker)

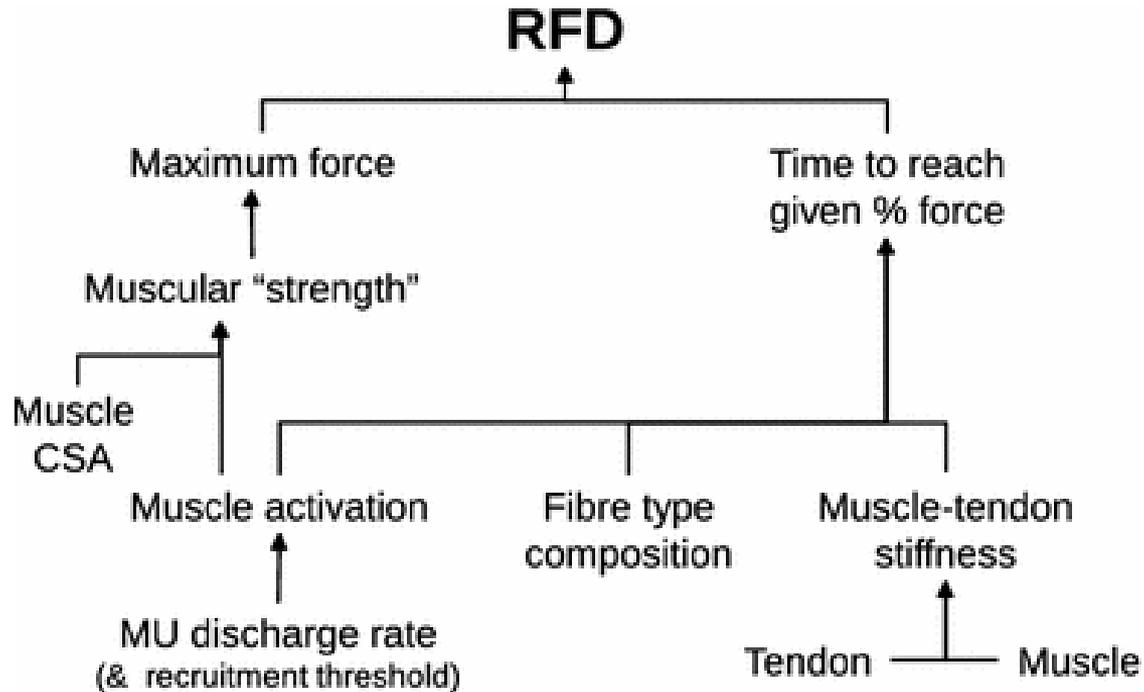
Wie soll die Testkontraktion gestaltet sein?

- Intensität, Dauer, Ausführung, Anzahl, Pause, ...?
- Anweisung, Motivation, Feedback, ...?
- Test- und Lerneffekte?
- Qualitätskontrolle?

Wiederholungsfragen Maximalkraftdiagnostik

- Weshalb spielt es für das Drehmoment keine Rolle, auf welcher Höhe am Bein der Adapter des Dynamometers angebracht ist?
- Nach welchen Zielstellungen könnte man die gewählte Gelenkstellung begründen und was wird damit kontrolliert / standardisiert?
- Welche Parameter müssen bei der Testkontraktion zur Maximalkraft beachtet / standardisiert werden?

Explosivkraftdiagnostik



Explosivkraftdiagnostik

- **Wie soll die Testkontraktion gestaltet sein?**
- Intensität, Dauer, Ausführung, Anzahl, Pause, ...?
- Anweisung, Motivation, ...?
- Test- und Lerneffekte?
- Qualitätskontrolle?

Explosivkraftdiagnostik

→ **Ausführung der Kontraktion: Ballistische versus gehalten**

“ [...] indicate that the maximal rate of torque development is ~16% greater for ballistic than step and hold contractions“

→ **Ausführung der Kontraktion: Testanweisung ‚stark UND schnell‘ versus ‚schnell DANN stark‘**

Explosivkraftdiagnostik

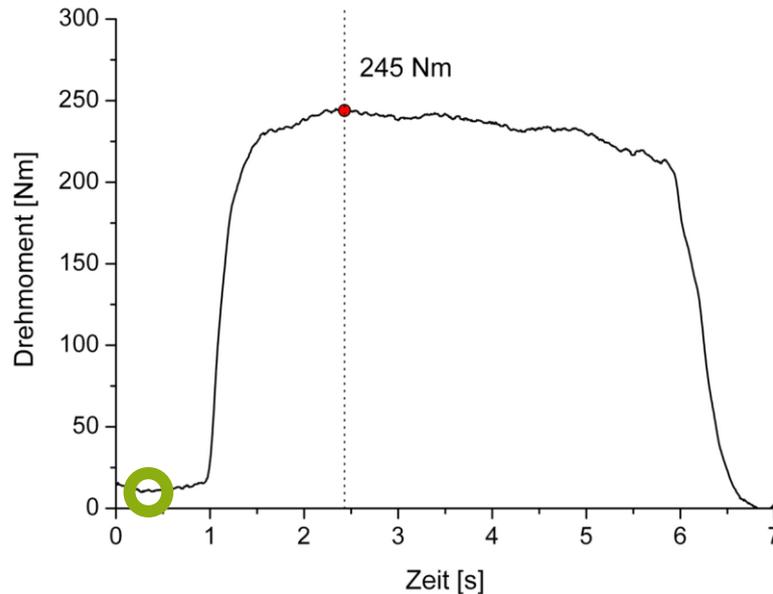
- geeigneter Dynamometer, Messfrequenz mind. 1000 Hz
- Mindestens eine separate Gewöhnungseinheit
- Testanweisung sinnvoll wählen!
- F_{\max} und F_{expl} ggf. getrennt erfassen (Achtung Ermüdung)
- Ausschluss „schlechter“ Versuche (Baseline, Vorspannung, Ausholbewegung)

Wiederholungsfragen Explosivkraftdiagnostik

- Welche neuronalen Mechanismen bestimmen die Explosivkraft?
- Welche muskulären Mechanismen beeinflussen die Explosivkraft?
- Welche Parameter müssen bei der Testkontraktion zur Explosivkraft beachtet / standardisiert werden?

Maximalkraftdiagnostik (am Bsp. Kniestrecker)

→ Wie soll die Maximalkraft bestimmt werden?



Wiederholungsfragen Maximalkraftdiagnostik II

1. Wie würdet ihr die Drehmomentdaten der Diagnostik analysieren?
 - *Wie wird das maximale Drehmoment ermittelt?*
2. Wenn ihr mehr Kontraktionen durchführen könntet, welche Dynamometer-parameter würdet ihr ändern?
 - *Welche Gelenkwinkel würdet ihr testen, um das Drehmoment-Winkel-Verhältnis des Kniestreckers zu beurteilen?*

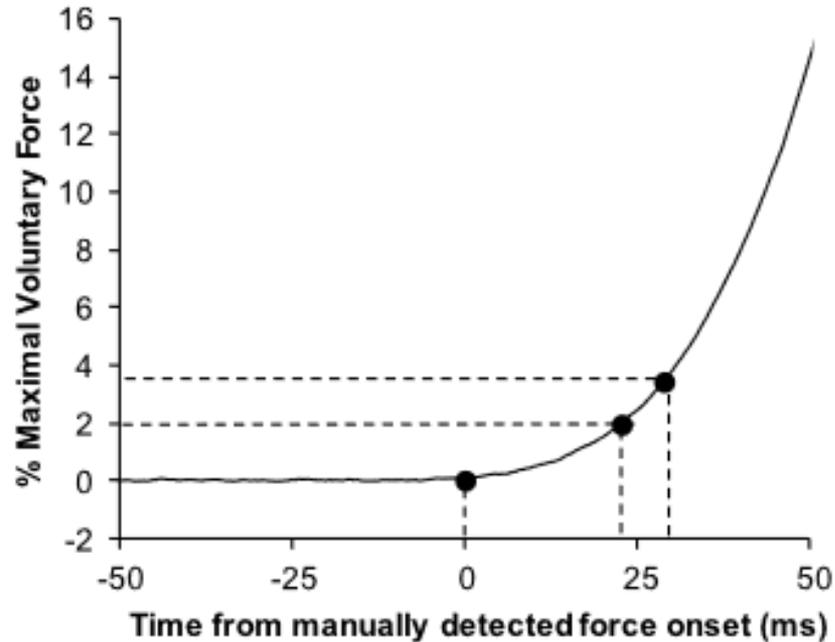
Wiederholungsfragen Maximalkraftdiagnostik II

3. Versteht, wie die Daten aussehen könnten und wie ihr sie analysieren würdet, wenn der Teilnehmer zusätzliche Kontraktionen durchführt
 - *Bei welchem Kniegelenkwinkel würde das maximale Drehmoment erzeugt werden (beste Schätzung) und was würde bei stärker gebeugten und gestreckten Kniegelenkwinkeln passieren?*

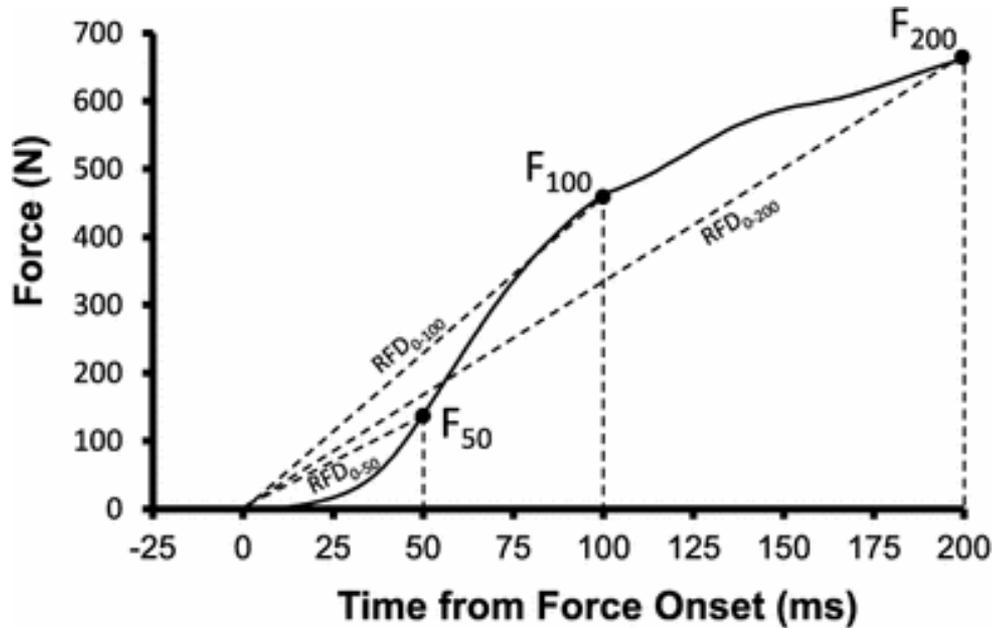
4. Versteht, was ihr aus dem spezifischen Test lernen könnt

5. Versteht die Limitationen von Dynamometertests und der besonderen Analyse eures Tests

Explosivkraftdiagnostik



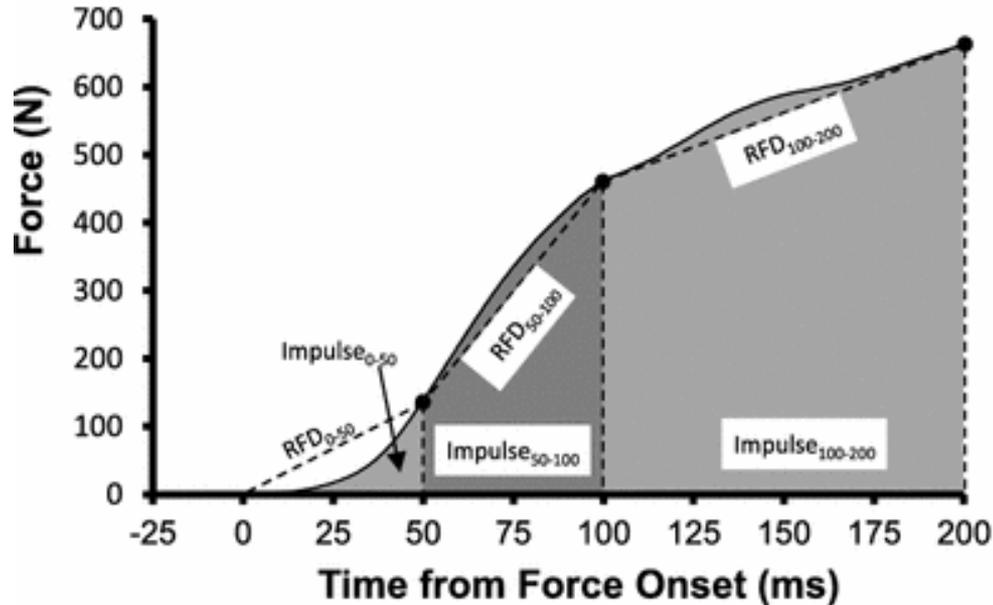
Explosivkraftdiagnostik



→ **Zeitbezogene** Auswertung:

Kraft / Drehmoment / Impuls
nach Zeit ((30), 50, 100, 200
ms)

Explosivkraftdiagnostik



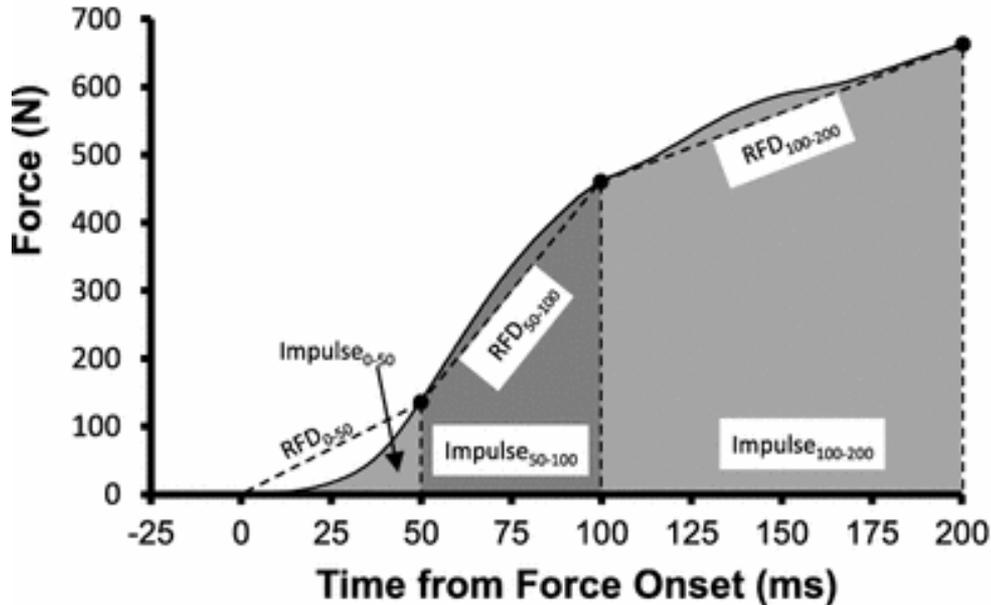
→ **Zeitbezogene** Auswertung:

Kraft / Drehmoment / Impuls
nach Zeit ((30), 50, 100, 200
ms)

Impuls = Fläche unter der
Kurve;

$$\vec{F} \cdot \Delta t$$

Explosivkraftdiagnostik



→ **Kraftbezogene**
Auswertung:

notwendige Zeit zum
Erreichen von Kraft /
Drehmoment / Impuls

Wiederholungsfragen Explosivkraftdiagnostik II

1. Wie würdet ihr die Drehmomentdaten der Diagnostik analysieren?
 - Wie würdet ihr die Explosivkraft bestimmen?
2. Wenn ihr mehr Kontraktionen durchführen könntet, welche Dynamometer-parameter würdet ihr ändern?
 - Wie viele Kontraktionen würdet ihr den Teilnehmer durchführen lassen, um seine maximale Drehmomententwicklung zuverlässig zu ermitteln?

Wiederholungsfragen Explosivkraftdiagnostik II

3. Versteht, wie die Daten aussehen könnten und wie ihr sie analysieren würdet, wenn der Teilnehmer zusätzliche Kontraktionen durchführt
 - Welches sind die zuverlässigsten Messgrößen zur Beurteilung der Explosivkraft und welche anderen Messgrößen könnten verwendet werden?
4. Versteht, was ihr aus dem spezifischen Test lernen könnt
5. Versteht die Limitationen von Dynamometertests und der besonderen Analyse eures Tests

Diagnostik der Kraftausdauer

Was ist muskuläre Ermüdung?

- Motorisches Defizit
- Eine Wahrnehmung oder eine nachlassende geistige Funktion
- Allmähliche Abnahme der Kraftkapazität eines Muskels
- Endpunkt einer anhaltenden Aktivität

Diagnostik der Kraftausdauer

Was ist muskuläre Ermüdung?

‘An exercise-induced reduction in the ability of muscle to produce force or power whether or not the task can be sustained’

Diagnostik der Kraftausdauer

Wieso kommt es zur muskulären Ermüdung?

- Erschöpfung der Energie
- Anhäufung von Stoffwechselnebenprodukten
- Verminderte Kalziumfreisetzung
- Beeinträchtigte Erregungs-Kontraktions-Kopplung
- Neuronale Faktoren

Diagnostik der Kraftausdauer

1. Maximale Dauerkontraktion („sustained contraction“) über eine vorgegebene Zeit.
2. Submaximale Dauerkontraktion bis das vorgegebene Kraftniveau nicht mehr aufrecht erhalten werden kann („task-failure“).
3. Maximale intermittierende Kontraktion mit vorgegebener Anzahl, Kontraktions- und Pausendauer.
4. Submaximale intermittierende Kontraktionen bei vorgegebenem Kraftniveau (fix oder „Stufenprotokoll“) bis „task-failure“.

Wiederholungsfragen Kraftausdauer

- Wie könnte man muskuläre Ermüdung definieren und was sind die Schwierigkeiten dabei?
- Was ist der Unterschied zwischen einer ‚*Force-task*‘ und einer ‚*Position-task*‘ ?
- Welche unterschiedlichen Protokolle zur apparativen Diagnostik der Kraftausdauer gibt es und was sind die Vor- und Nachteile jeder?
- Was sind Limitationen der Kraftausdauerdiagnostik?