

## Korrelationen zwischen Intensitätsbereichen und Wiederholungszahlen



Die Frage nach dem «richtigen» Trainingsgewicht ist schwer zu beantworten – egal ob im Leistungs- oder gesundheitsorientierten Krafttraining.

In dieser trainingsmethodischen Auseinandersetzung soll die Beziehung zwischen den Intensitätsbereichen und den Wiederholungszahlen im Krafttraining unter besonderer Berücksichtigung der Muskelfasertypen genauer beleuchtet werden.



Urs Geiger, PTScFH, CAS CADM, CAS Sportphysiotherapie, Berufsschullehrer HWS Huber Widemann Schule, Basel, langjähriger Berufsbildner, Praktikumslehrperson DZ, ETH Zürich, Buchautor

### Einleitung

Für die Leistungsbewertung (→ Maximalkraftniveau) und die Trainingssteuerung wird in der Kraftdiagnostik mehrheitlich der 1-RM-Krafttest genutzt und als Goldstandard zitiert. Neben der Leistungsbewertung wird auch die gewünschte Trainingsintensität als prozentuales Verhältnis zur Maximalkraftleistung berechnet. Dabei wird davon ausgegangen, dass bei submaximalen Trainingsintensitäten eine weitgehend lineare Beziehung zwischen 1-RM und maximal möglicher Wiederholungszahl besteht.

Diese Korrelation präsentiert sich grafisch aber vielmehr «bogenförmig-exponentiell» d. h., dass nach anfänglicher Rechtsverschiebung (→ geringe Zunahme der Wiederholungen), diese mit abnehmender Belastungsintensität immer steiler in Richtung mehr Wiederholungen ansteigt (siehe Abb. 1). Allein aufgrund dieser Tatsache ist die Berechnung der gewünschten Trainingsintensität in prozentualer Abhängigkeit des 1-RM (= 100%) nicht ausreichend zuverlässig. Die zu ermittelnden Wiederholungszahlen werden zudem in erheblichem Masse durch die Testübung selbst, die beanspruchte Muskelgruppe, das individuelle Maximalkraftniveau, die sportartspezifisch bevorzugte Kraftbeanspruchung und die Muskelfaserzusammensetzung beeinflusst.

Dass die Testmethode des 1-RM im gesundheits- und fitnessorientierten Krafttraining zudem nicht praktikabel ist, muss nicht weiter begründet werden. Eine nützliche Alternative zum 1-RM-Krafttest stellt die Bestimmung des *Mehr-Wiederholungs-Maximums (MWM)* dar. Von der Forschungsgruppe S. Gail et al. am Institut für Sportwissenschaft, Universität Augsburg (1), wurde das 5-RM wissenschaftlich dem 1-RM gegenübergestellt. Der sehr hohe Zusammenhang zwischen 5-RM und 1-RM ( $r=0,97$ ;

$p < 0,001$ ) belegt, dass das 5-RM als Indikator der Maximalkraft geeignet ist. Zudem weist das 5-RM eine deutlich geringere Streuung ( $CV^1 = 15,8\%$ ) bezüglich der maximal möglichen Wiederholungszahl im Vergleich zum 1-RM ( $CV = 36,2\%$ ) auf.

Wenn die maximal möglichen Wiederholungen (RM) bei einer Last von 90% des 1-RM mit denen des 5-RM verglichen werden, streuen die Wiederholungszahlen beim 1-RM um 20,4% wesentlich stärker. Für die Praxis bedeutet dies, dass nach Bestimmung des 5-RM die rechnerische Festlegung der Trainingsintensitäten deutlich zuverlässiger ist als beim 1-RM. ▶

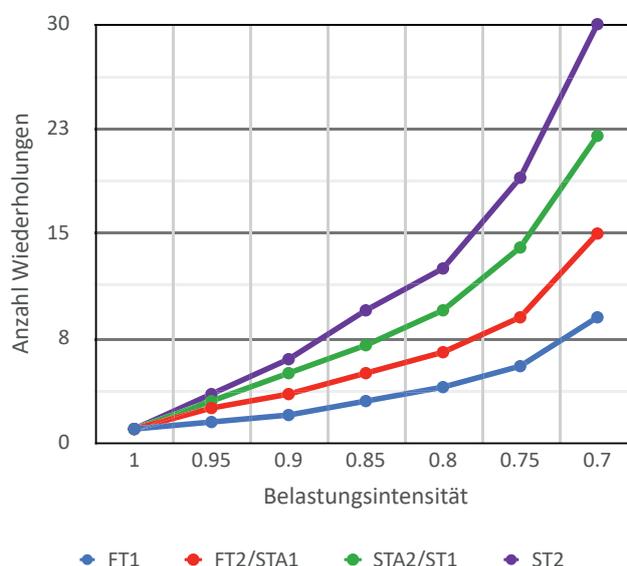


Abb. 1: Fasertypabhängige Beziehungen zwischen prozentualen Belastungsintensitäten (x-Achse) und möglicher Wiederholungszahlen (y-Achse). Der Bereich zwischen FT1 (blau) und FT2 (rot) stellt den Range von minimaler und maximaler Wiederholungszahl bei überwiegender Anteil an FT-Fasern dar; der Bereich zwischen STA1 (rot) und STA2 (grün) repräsentiert ein ausgeglichenes Verteilungsmuster von ST- und FT-Fasern; der Bereich zwischen ST1 (grün) und ST2 (violett) ist gültig für ein Verteilungsmuster mit überwiegender Anteil an ST-Fasern (Geiger, 2020).

<sup>1</sup>Variationskoeffizient (= relatives Streuungsmass)

### 1. Eigenschaften der Muskelfasertypen und ihr Einfluss auf die Kraftentwicklung

In der Einleitung wurde auf Einflussfaktoren hingewiesen, welche die interindividuellen Schwankungen der Wiederholungszahlen innerhalb der verschiedenen Belastungsintensitäten erklären; namentlich die prozentuale Zusammensetzung der Muskelfasern spielt dabei eine entscheidende Rolle. Die faserspezifischen Voraussetzungen basieren einerseits auf energetischen Aspekten wie Myoglobingehalt, Mitochondrienvolumen, enzymatischer Ausstattung, Kapillarisation und auf neuronalen Aspekten wie Feuerrate (Impulsfrequenz und Amplitude) und Impulsmuster (kontinuierlich oder salvenartig).

Bekanntlich werden die Muskelfasern vereinfacht in Typ I (slow-twitch, ST-Fasern) und Typ II (fast-twitch, FT-Fasern) unterteilt; gelegentlich wird auch Typ IIc (intermediäre Fasern) erwähnt, der aber mit nur ca. 2% einen unbedeutenden Anteil am Gesamtspektrum hat. Bei genauerer Betrachtung stellt sich diese sehr vereinfachte Einteilung in ausschliesslich ST- und FT-Fasern als zu vereinfacht heraus. Das Faserspektrum ist vielmehr als Kontinuum zu verstehen, d. h. es besteht ein abgestufter Übergang von kleinen ST-Fasern zu mittleren FT-oxidativen, mittelgrossen FT-oxidativen (syn.: Typ IIa), grossen FT-glykolytischen und sehr grossen FT-glykolytischen Fasern (syn.: Typ IIx). Nur so ist erklärbar, dass dynamisch unterschiedliche Kontraktionsformen in Bezug auf ihre Schnelligkeit (Kontraktionszeiten zwischen 25 und 150 ms) und Dauer (→ Ermüdungsresistenz) fließend ineinander übergehen können. Mit der Grösseneinteilung ist die entsprechende «physische Dimension» der innervierenden Alpha-Motoneurone angesprochen, welche das EPSP (exzitatorisch postsynaptisches Potenzial<sup>2</sup>) und damit den quantitativen und qualitativen Aspekt des aufsteigenden Rekrutierungsmusters (siehe Abb. 2) massgeblich beeinflusst.

Unabhängig von den genannten Unterscheidungsmerkmalen entscheidet letztlich das Myosinfilament oder genauer dessen sog. MLC (Myosin Light Chains) und MHC (Myosin Heavy Chains). Das Motorprotein Myosin der Skelettmuskeln wird der Klasse II zugeordnet. Auf dem leichten Meromyosin (*Schwanzteil*) der verschiedenen Fasertypen sind zwei «langsame» und drei «schnelle»

Proteine angeordnet, deren unterschiedliche Zusammensetzung die Kontraktionsschnelligkeit der Muskelfaser mitbestimmen. Auf dem schweren Meromyosin (*Hals- und Kopfteil*) haben insbesondere das MLC (*essential und regulatory light chain*) aufgrund ihrer hohen Calcium-Affinität über ihre Myosinmoleküle ebenfalls erheblichen Einfluss auf die Kontraktionsgeschwindigkeit.

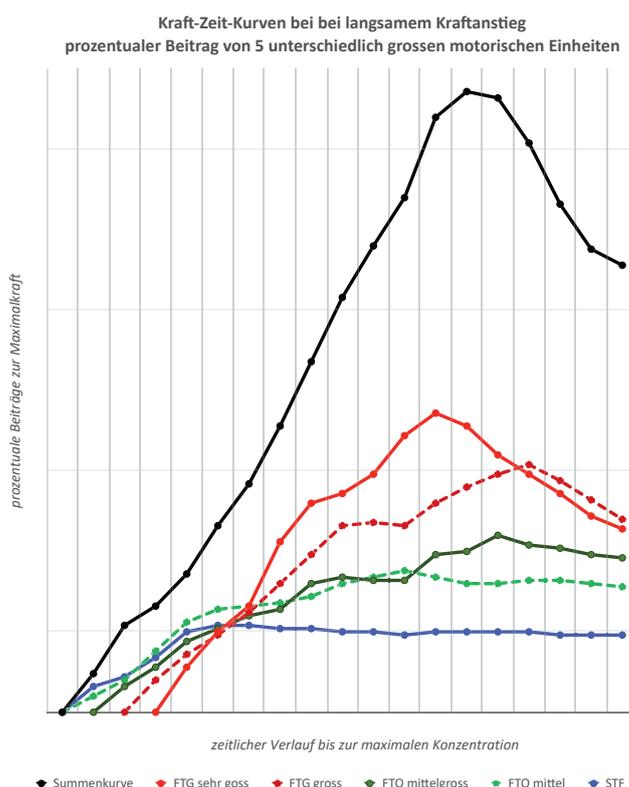


Abb. 2: Darstellung des Rekrutierungsmusters gemäss aufsteigender Grössenordnung von STF (blau: klein), FTO (hellgrün: mittel, olivgrün: mittelgross) und FTG (dunkelrot: gross, hellrot: sehr gross) bei langsamem Kraftaufbau bis zum Kraftmaximum (vgl. Test für WM). Beachte die verzögerte Innervation von den kleinsten zu den grössten motorischen Einheiten (ME). Die Summenkurve entspricht zu einem beliebigen Zeitpunkt der Kontraktion der Kraftsumme aller aktivierten ME (Geiger, 2016).

<sup>2</sup> lokale, graduelle Änderung des Membranpotenzials an der postsynaptischen Membran von Nervenzellen, die ein Aktionspotenzial im postsynaptischen Element auslöst

## 2. Muskelfasertest

Mit folgendem Muskelfasertest lässt sich annäherungsweise die individuelle Faserzusammensetzung abschätzen. Dazu wird die Gewichts­differenz zwischen den Wiederholungsbereichen 8-RM und 15-RM in ein prozentuales Verhältnis gesetzt, welches durch folgenden Quotienten ausgedrückt wird:

$$100 \times \frac{\text{Gewicht für 15 Wdh.}}{\text{Gewicht für 8 Wdh.}}$$

Formel 1: Berechnung des prozentualen Verhältnisses von FT- und ST-Fasern

Das Resultat (%) wird in Tabelle 1 einer Bewertung zugeordnet. Daraus lassen sich die optimalen Wiederholungsbereiche für die Verbesserung in einem bestimmten Trainingsbereich individueller einschätzen.

Resultat	Bewertung
> 89 %	deutlich höherer Anteil an Typ-I-Muskelfasern
> 87–89 %	leicht höherer Anteil an Typ-I-Muskelfasern
81–87 %	etwa gleiche Anteile an Typ-I- und Typ-II-Muskelfasern
76–81 %	leicht höherer Anteil an Typ-II-Muskelfasern
< 76 %	deutlich höherer Anteil an Typ-II-Muskelfasern

Tab. 1: Der Prozentsatz (Resultat) erlaubt eine Einschätzung (vgl. Bewertung) der quantitativen Verteilung von Typ-I- und Typ-II-Muskelfasern.

In Abb. 3 sind Intensitätsbereiche zwischen 70% und 100% des Gewichtsmaximums und dazu durchschnittliche Wiederholungsmaxima für die drei Kategorien von Muskelfasertypen dargestellt. ▶

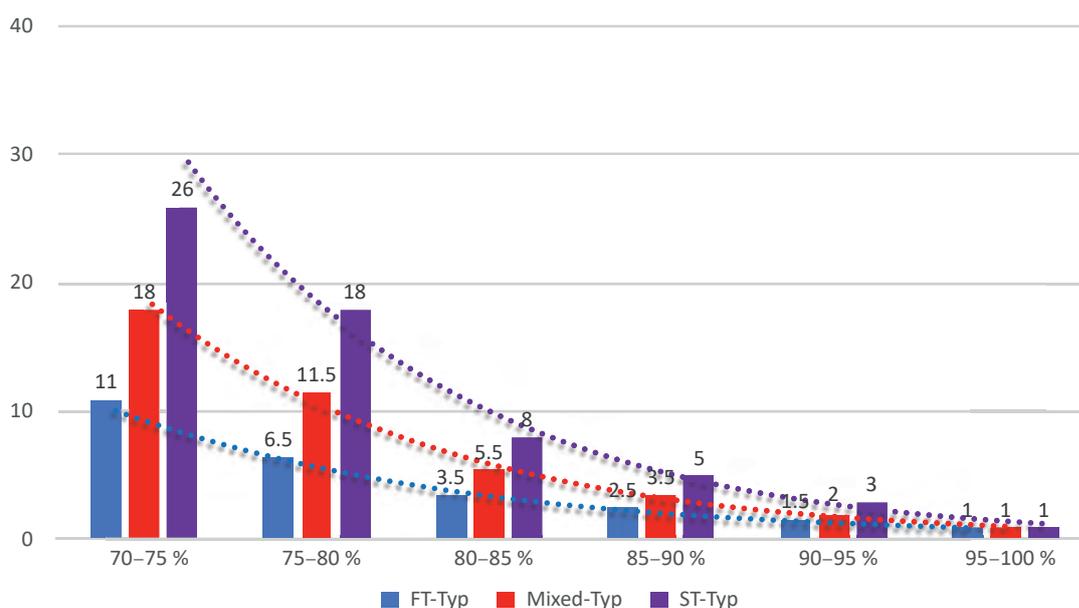


Abb. 3: Das Säulendiagramm ist eine andere Darstellung der Datenreihe in Abb. 1 und zeigt den unterschiedlichen Verlauf der ansteigenden Wiederholungszahlen bei abnehmender Belastungsintensität (in 5-Prozent-Schritten) für 3 repräsentative Klassifizierungen betreffend Faserverteilung (FT-Typ: deutlich höherer Anteil an Typ-II-Fasern; Mixed Typ: etwa gleicher Anteil an Typ-I- und Typ-II-Fasern; ST-Typ: deutlich höherer Anteil an Typ-I-Fasern). (Geiger, 2020).

### 3. Trainingskonsequenzen der Fasertypisierung

Wenn nach der *Formel 1* eine Einschätzung des Muskelfasertypus vorgenommen wurde, kann in Anlehnung an den in *Abb. 2* charakterisierten Zusammenhang von Belastungsintensität und möglichem Wiederholungsbereich eine typenspezifische Trainingsvorgabe abgeleitet werden. Trotz dieser nachgewiesenen strukturellen Gesetzmässigkeit sollte nicht schlussgefolgert werden, dass es *die eine* perfekte Anzahl Wiederholungen gibt. Um das gesamte muskuläre Kraftpotenzial der Muskulatur optimal entwickeln zu können, ist es erforderlich, die unterschiedlichen Reizspezifikationen der verschiedenen Fasertypen zu berücksichtigen. Für das übergeordnete Trainingsziel der *Muskelhypertrophie* ist es deshalb zielführend, beide Fasertypen gleichermaßen anzusprechen. Dazu braucht es wie erwähnt eine *unterschiedliche* Anzahl an Wiederholungen.

Die Hauptausprägungen der Kraft sind im Allgemeinen über die Merkmale *intramuskuläre Koordination (IMK)*, *Muskelquerschnitt (Hypertrophie)* und *Kraftausdauer* definiert. Üblicherweise werden daran feste Wiederholungsbereiche gekoppelt. (7)-5-1 Wiederholung für IMK (→ Intensive Rekrutierung I, II und III), (6)-8-12 Wiederholungen für Hypertrophietraining und 15-20-30 Wiederholungen für intensive und extensive Kraftausdauer.

Aufgrund der unterschiedlichen fasertypischen Eigenschaften ist es aber erforderlich, alle drei Intensitätsbereiche periodisiert für eine optimalen Entwicklung des Gesamtmuskelpotenzials zu nutzen (*siehe Tab. 2*).

### 4. Muskelpotenzial vs. strukturelle bzw. funktionelle Spezialisierung

Im Gegensatz zum pyramidenartigen Trainingsaufbau mit dem Ziel, die maximale Muskelstärke zu entwickeln, wird durch die auf die beiden Fasertypen bezogene *Periodisierung* versucht, das Potenzial der gesamten Muskulatur optimal herauszubilden; damit sollte erreicht werden, dass die Verbesserung der Kraft nicht einseitig auf primär funktioneller (u. a. intramuskuläre Koordination) oder struktureller Adaptation (u. a. Muskelfaserquerschnitt) basiert. Eine Leistungskontrolle nach einem abgeschlossenen Gesamtzyklus (Periode A, B und C) gemäss *Formel 1* (Muskelfasertest) kann über die Tendenz der Verbesserung des Leistungspotenzials Aufschluss geben.

Weil grundsätzlich keine allgemeingültige Aussage betreffend *die* perfekte Anzahl an Wiederholungen gemacht werden kann, sind sowohl die numerischen Angaben zur Dauer der Trainingsperioden als auch zur Anzahl Wiederholungen entsprechend den drei Fasertypen als Richtwerte zu verstehen.

Krafttrainingsmethode zur Entwicklung des Gesamtleistungspotenzials	Muskelstärke (→ Unterstützung für den Muskelaufbau)	Hypertrophie für FT-Fasern	Hypertrophie für ST-Fasern
Trainingsperioden fasertypspezifisch	Periode C	Periode B	Periode A
Dauer der Trainingsperioden	3 Wochen	3-4 Wochen	4 Wochen
Fast-twitch Typ	1-3 Wdh.	4-5 Wdh.	6-12 Wdh.
Mixed Typ	3-5 Wdh.	6-12 Wdh.	13-20 Wdh.
Slow-twitch Typ	6-8 Wdh.	13-15 Wdh.	21-30 Wdh.

Tab. 2: Trainingskonzept zur Entwicklung des muskulären Gesamtleistungspotenzials unter Berücksichtigung des Muskelfasertypus. Der Trainingsprozess versteht sich als fortlaufender Zyklus zwischen Periode A, Periode B und Periode C.

## Schlussfolgerungen

- Der Krafttest 1-RM ist für die Festlegung der Trainingsintensität in der Praxis fehleranfällig, weil kein linearer Zusammenhang zwischen 1-RM und dem WM bei submaximalen Trainingsintensitäten besteht und die Streuung bezüglich ihrer maximal möglichen Wiederholungen sehr gross ist.
- Wissenschaftlich wurde der Nachweis erbracht, dass das 5-RM im Vergleich zum 1-RM eine zuverlässigere Festlegung der Trainingsintensität erlaubt.
- Es gibt nicht eine allgemeingültige und genau vordefinierte Anzahl Wiederholungen für ein Trainingsziel im Krafttraining.
- Mit einem Muskelfasertest ist es möglich, die Wiederholungszahlen bedarfsweise in Bezug auf den Normbereich nach oben (bei ST-Dominanz) oder nach unten (bei FT-Dominanz) anzupassen.
- Die Durchführung eines Muskelfasertests für Einzelmuskeln ist nicht sinnvoll, weil an einer mehrgelenkigen Trainingsübung mehrere Muskeln mit unterschiedlichem Faserspektrum beteiligt sind.
- Der Muskelfasertest bildet – bezogen auf eine Trainingsübung – das «durchschnittliche Faserspektrum» aller beteiligten Muskeln ab und kann trainingssteuernd eingesetzt werden.
- Für das Trainingsziel «Hypertrophie» ist es sinnvoll, beide Fasertypen spezifisch mit unterschiedlichen Wiederholungszahlen anzusprechen.
- Beim Typ-II können eher weniger Sätze pro Muskel(-gruppe) und Trainingseinheit empfohlen werden.
- Beim Typ-I können eher mehr Sätze pro Muskel(-gruppe) und Trainingseinheit empfohlen werden.
- In Bezug auf Hypertrophieeffekte und Kraftzuwachsrate unterscheiden sich FT- und ST-dominante Faserverteilung deutlich.
- Eine FT-dominante Faserverteilung führt zu schnelleren Kraftzuwachsraten und grösseren Hypertrophieeffekten; damit steigt auch das Risiko von Überlastungen am passiven Bewegungsapparat.
- Eine ST-dominante Faserverteilung bedingt langsamere Kraftzuwachsraten und geringere Hypertrophieeffekte; die Kraft der ST-Fasern lässt sich dennoch erheblich steigern.
- Um die Wirksamkeit des Krafttrainings im Allgemeinen und die strukturelle Ausprägung der Adaptation im Speziellen quantifizieren zu können, sind regelmässige 5-RM-Krafttests nach jeder Periode (C, B, A) zu empfehlen. ◀

### Literatur

- 1 Gail S., **Validität eines 5-RM Krafttests im Gesundheits- und Fitnesport.** Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie 65 (3), 2015.
- 2 Toigo M., **MuskelRevolution.** Springer Spektrum, 2015.
- 3 Geiger U., **Therapie funktioneller Dysbalancen mit Kleingeräten.** Urban & Fischer, 2016.
- 4 Laube W., **Sensomotorisches System.** Thieme Verlag, 2009.
- 5 Bant H., **Sportphysiotherapie.** Thieme Verlag, 2011.
- 6 Unsöld W., **Muskelfasertest.** YPSI Your Personal Strength Institute, Stuttgart.
- 7 Freiwald J., **Optimales Krafttraining.** Sport-Rehabilitation-Prävention, Spitta Verlag, 2016
- 8 Froböse I., **Leistung messen und steigern.** Gräfe und Unzer, 2018