

Stufentest — Warum wir eine ansteigende Belastung durchführen

Der Stufentest ist das Herzstück der VarioLab-Diagnostik. Statt einer einzelnen Momentaufnahme in Ruhe wird die Belastung in klar definierten Stufen gesteigert — ein Prinzip, das die Sportwissenschaft seit Jahrzehnten nutzt, um Leistungsschwellen zu bestimmen. Klassisch geschieht das über Blutabnahmen und Milchsäure-Messung (Laktatstufentest); VarioLab erreicht dasselbe Ziel ohne Blutabnahme, allein über die Analyse des Herzrhythmus.

Der Stufentest im Detail

Die Wattzahl steigt alle drei Minuten um eine feste Stufe. Diese Zeitspanne ist kein Zufall: Drei Minuten sind die Mindestzeit, die der Herzrhythmus benötigt, um sich auf eine neue Belastungsstufe einzupendeln und stabile, auswertbare Messwerte zu liefern. Eine kürzere Stufendauer würde noch Übergangseffekte der vorherigen Stufe mit abbilden und die Auswertung verfälschen.

Die Trittfrequenz wird während des gesamten Tests konstant bei 60 Umdrehungen pro Minute gehalten — eine bewusst gewählte Kontrollvariable. Unterschiedliche Trittfrequenzen erzeugen bei identischer Wattleistung unterschiedliche Muskelrekrutierungsmuster und damit unterschiedliche Herzkreislaufantworten. Ohne diese Vorgabe wären zwei Tests derselben Person nicht mehr sauber miteinander vergleichbar.

3 Minuten pro Stufe · konstant 60 U/min · fünf Stufen bis zur individuellen Ausbelastung

Warum eine ansteigende Belastung objektiv wertvoll ist

Eine einzelne Messung — egal ob in Ruhe oder bei einer einzigen Wattzahl — kann niemals eine Schwelle zeigen. Eine Schwelle ist per Definition ein Übergang: der Punkt, an dem sich der Stoffwechsel von überwiegend aerober zu zunehmend anaerober Energiegewinnung verschiebt. Um diesen Übergang zu erfassen, muss der Körper durch verschiedene Belastungsintensitäten hindurch beobachtet werden — genau das leistet der Stufentest.

Klassische Laktatstufentests (etabliert unter anderem durch Mader und Heck in den 1970er- und 1980er-Jahren, mit der bekannten 4-mmol/l-Schwelle als Orientierungswert) folgen demselben Grundprinzip: schrittweise Belastungssteigerung, Messung bei jeder Stufe, Bestimmung des Übergangspunkts aus dem Kurvenverlauf. VarioLab überträgt dieses bewährte Prinzip auf eine blutfreie Messgröße.

- Ohne Belastungssteigerung kein Übergangspunkt erkennbar — eine Schwelle braucht einen Verlauf, keinen Einzelwert
- Fünf Stufen liefern genug Datenpunkte für eine belastbare Kurve und eine präzise Interpolation der Schwellen-Wattzahl
- Dasselbe methodische Grundprinzip wie beim klassischen Laktatstufentest — nur ohne Nadel

Warum DFA $\alpha 1$ statt Blutabnahme

Die Detrended Fluctuation Analysis (DFA) untersucht, wie geordnet oder chaotisch die Schwankungen zwischen aufeinanderfolgenden Herzschlägen sind. Bei niedriger Belastung ist dieses Muster komplex und fein strukturiert (hoher DFA- $\alpha 1$ -Wert). Mit steigender Belastung wird das Muster zunehmend einfacher und regelmäßiger — der Wert fällt. Forschungsarbeiten von Rogers, Gronwald und Kollegen (u. a. veröffentlicht in *Frontiers in Physiology*) konnten zeigen, dass dieser Abfall sehr eng mit den klassischen, laktatbasierten Schwellen übereinstimmt: ein DFA- $\alpha 1$ -Wert von etwa 0,75 markiert die aerobe Schwelle, ein Wert von etwa 0,50 die anaerobe Schwelle. Der entscheidende Vorteil:

Diese Information steckt bereits im Herzrhythmus selbst. Es ist keine Blutabnahme, kein Labor und keine Wartezeit auf ein Ergebnis nötig — die Auswertung erfolgt unmittelbar nach dem Test, direkt aus den Daten des Brustgurts.

Die drei Protokolle: individuell passend

Damit die Schwelle im Testverlauf weder zu früh noch zu spät erreicht wird — beides würde die Genauigkeit der Auswertung verringern — bietet VarioLab drei Wattbereiche an, passend zum jeweiligen Leistungsniveau.

Protokoll	Wattbereich	Zielgruppe
A	50 – 150 W	Einsteiger, Freizeitsportler
B	75 – 175 W	Trainierte Freizeitsportler
C	100 – 200 W	Gut trainierte / Leistungssportler

VarioLab wertet nach jedem Test automatisch aus, ob die gefundene Schwelle zu nah am oberen Rand des gewählten Protokolls lag, und empfiehlt bei Bedarf für den nächsten Test das nächsthöhere Protokoll — damit die Schwelle beim Folgetest wieder mittig im Testbereich liegt und die Interpolation präzise bleibt.

Der Stufentest und die VarioLab-Auswertung

Aus den fünf Messpunkten (Watt und DFA $\alpha 1$ je Stufe) berechnet VarioLab per Interpolation die exakte Wattzahl, bei der die Kurve die Werte 0,75 und 0,50 kreuzt — die individuelle aerobe und anaerobe Schwelle. Aus diesen beiden Ankerpunkten leiten sich anschließend automatisch die vier persönlichen Trainingszonen (Z1 bis Z4) sowie die Trainingsempfehlungen im Bericht ab. Stufen mit auffälligen oder statistisch unsicheren Werten werden dabei automatisch erkannt und von der Berechnung ausgeschlossen, damit ein einzelner unruhiger Messwert nicht die gesamte Auswertung verzerrt.

Praktische Anwendung

- Sicherheit hat Vorrang: Die Herzfrequenz wird fortlaufend gegen individuelle, alters- und geschlechtsabhängige Grenzwerte überwacht (Warnung ab 85 %, automatischer Abbruch ab 92–95 % der geschätzten Maximalherzfrequenz)
- Ein Abbruch auf Wunsch des Sportlers ist jederzeit möglich — das Ergebnis basiert dann auf den bis dahin abgeschlossenen Stufen
- Gleichmäßige Trittfrequenz und ruhiges Atmen während der Fahrt verbessern die Datenqualität spürbar
- Das subjektive Belastungsempfinden (Borg-Skala) wird nach jeder Stufe ergänzend erfragt — ein zweiter, unabhängiger Blick auf dieselbe Belastung

Merksatz: Eine Schwelle lässt sich nicht in Ruhe messen und nicht erraten — nur eine Belastung, die konsequent ansteigt, macht den Übergang von aerob zu anaerob sichtbar.

Diese Inhalte sind kein Ersatz für ärztliche oder therapeutische Behandlung, sondern dienen lediglich der Information der Nutzer.