

Leistung testen

*Vom Labortest zum Feldtest:
Trainingszonen bestimmen und Leistung gezielt verbessern*

Stefan Schurr

Vorwort

Warum Leistungsdiagnostik kein Selbstzweck ist

Wer regelmäßig trainiert, möchte irgendwann wissen, wo er tatsächlich steht. Wie leistungsfähig bin ich? Wo liegen meine individuellen Trainingsbereiche? Welche Intensität ist für lockeres Ausdauertraining sinnvoll? Wo beginnt der Schwellenbereich? Und wie lässt sich erkennen, ob das Training die gewünschte Wirkung zeigt?

Leistungsdiagnostik kann helfen, diese Fragen zu beantworten. Sie macht physiologische Reaktionen auf Belastung sichtbar, hilft bei der Bestimmung individueller Trainingsbereiche und ermöglicht es, Veränderungen der Leistungsfähigkeit im Zeitverlauf zu beobachten.

Doch mehr Messwerte bedeuten nicht automatisch mehr Erkenntnis. Eine VO_2max , eine Laktatkurve oder eine bestimmte Schwellenleistung besitzen für sich allein zunächst nur einen begrenzten praktischen Wert. Entscheidend ist, was diese Informationen bedeuten und welche Konsequenzen sich daraus für das Training ergeben.

Genau an diesem Punkt setzt der dritte Band der SMART-TRAINING-Reihe an. Die ersten beiden Bände beschäftigten sich vor allem mit der Beobachtung und Interpretation von Belastung, Erholung und Trainingsdaten. Während in „HRV verstehen“ eine einzelne physiologische Kennzahl im Mittelpunkt stand, erweitert „Wearables sinnvoll nutzen“ den Blick auf die Vielzahl moderner Trainings- und Erholungsdaten.

In diesem Band richtet sich der Blick nun stärker auf die Leistungsfähigkeit selbst. Die zentrale Frage lautet:

Wie kann ich meine tatsächliche Leistungsfähigkeit bestimmen und daraus sinnvolle Trainingsentscheidungen ableiten?

Es geht nicht darum, aus dir einen Leistungsdiagnostiker zu machen. Das Ziel besteht vielmehr darin, die wichtigsten physiologischen Zusammenhänge so weit zu verstehen, dass du Testergebnisse einordnen und für dein eigenes Training nutzen kannst.

Du solltest verstehen, was bei steigender Belastung im Körper geschieht, welche Größen tatsächlich gemessen werden und was Begriffe wie VO_2max , LT1, VT1, FTP oder Critical Power bedeuten. Darauf aufbauend lässt sich klären, wie aus diesen Informationen sinnvolle Trainingsbereiche abgeleitet werden können.

Der Weg dorthin muss nicht zwangsläufig durch ein sportmedizinisches Labor führen. Spiroergometrie und Laktatdiagnostik liefern zwar wertvolle Informationen, doch auch Feldtests und moderne modellbasierte Verfahren können wichtige Hinweise auf die Leistungsfähigkeit und die Trainingszonen geben. Keine dieser Methoden liefert eine unumstößliche Wahrheit. Testergebnisse müssen deshalb immer im persönlichen und methodischen Kontext betrachtet werden.

Das Kriterium ist nicht, wie aufwendig ein Test ist oder wie viele Werte anschließend im Befund stehen. Wichtig ist, ob sich daraus bessere Entscheidungen ableiten lassen.

Denn Leistungsdiagnostik ist kein Selbstzweck.

Nicht testen, weil man testen kann. Testen, um besser zu trainieren.

Inhalt

Vorwort.....	4
Warum testen?.....	9
Was passiert im Körper?.....	17
Was wird gemessen?.....	25
Was bedeuten die einzelnen Schwellen?.....	33
Wo liegen meine Trainingszonen?.....	41
Wie kann ich meine Leistungsfähigkeit bestimmen?.....	51
Was können moderne Modelle?.....	71
Wie trainiere ich mit meinen Ergebnissen?.....	81
Schlussgedanken.....	89
Anhang.....	91

Wie kann ich meine Leistungsfähigkeit bestimmen?

Vom Labortest zum Feldtest

Wir wissen nun, welche physiologischen Größen und Schwellen für die Trainingssteuerung interessant sein können. Doch damit stellt sich die entscheidende praktische Frage:

Wie lassen sich diese Werte zuverlässig bestimmen?

Die Möglichkeiten reichen von einer Spiroergometrie oder Laktatdiagnostik im Labor bis zu einfachen Feldtests auf dem Rad oder beim Laufen. Manche Verfahren erfassen physiologische Reaktionen direkt, andere leiten Leistungskennwerte aus standardisierten Belastungen ab. Sie unterscheiden sich im Aufwand, in der Genauigkeit und vor allem darin, welche Fragen sie beantworten können.

Ein aufwendiger Labortest ist nicht automatisch die beste Wahl. Ein gut durchgeführter Feldtest kann für die regelmäßige Verlaufskontrolle ausgesprochen wertvoll sein, während eine Spiroergometrie oder Laktatdiagnostik zusätzliche Informationen liefern, sofern physiologische Übergänge genauer untersucht werden sollen.

Wichtig ist nicht nur, welchen Test du durchführst, sondern auch, wie. Vorbereitung, Testprotokoll, Belastungsdauer und Auswertung beeinflussen das Ergebnis und damit seine Vergleichbarkeit.

Im Mittelpunkt stehen die wichtigsten Labor- und Feldverfahren aus praktischer Sicht:

Wie läuft der Test ab, welche Werte liefert er, wo liegen typische Fehlerquellen – und für welche Fragestellung eignet er sich?

Im Labor: Spiroergometrie und Laktatdiagnostik

Leistungsdiagnostik im Labor bietet die Möglichkeit, äußere Belastung und innere Reaktion unter standardisierten Bedingungen gemeinsam zu erfassen. So lassen sich physiologische Übergänge und Leistungskennwerte häufig genauer einordnen als mit einfachen Feldtests allein.

In der Praxis läuft eine Labordiagnostik meist als progressiv ansteigender Belastungstest ab – entweder auf dem Fahrradergometer oder auf dem Laufband. Welche Variante gewählt wird, hängt vor allem von der Sportart und der Fragestellung ab.

Vor dem Test sollten Belastung, Ernährung und Erholung möglichst standardisiert sein. Eine sehr harte Trainingseinheit am Vortag, Schlafmangel, Dehydrierung oder ungewohnt niedrige Kohlenhydratspeicher können die Ergebnisse beeinflussen. Auch Koffein, Medikamente oder ein ungewohnter Testzeitpunkt sollten bei der Interpretation berücksichtigt werden.

Während des Tests erhöht man die Belastung progressiv. Beim Radfahren geschieht das über steigende Wattzahlen, beim Laufen über Geschwindigkeit und gegebenenfalls Steigung. Je nach Verfahren werden gleichzeitig unterschiedliche Messgrößen erfasst.

Bei der **Spiroergometrie** trägt der Sportler eine Maske, über die Atemvolumen sowie Sauerstoff- und Kohlendioxidkonzentrationen analysiert werden. In der Regel dokumentiert man zusätzlich Herzfrequenz und äußere Leistung beziehungsweise Pace. So entsteht ein Belastungsprofil, das zeigt, wie Atmung und Gaswechsel auf steigende Intensität reagieren.

Bei der **Laktatdiagnostik** wird am Ende jeder Belastungsstufe eine kleine Blutprobe entnommen. Das geschieht meist am Ohrläppchen. So lässt sich verfolgen, wie sich die Blutlaktatkonzentration mit zunehmender Belastung verändert. Auch hier werden Herzfrequenz sowie Leistung oder Pace mit erfasst, damit die gemessenen Werte einem konkreten Belastungsniveau zugeordnet werden können.

Die reine Belastungsdauer hängt stark vom verwendeten Protokoll ab. Hinzu kommen Vorbereitung, Einweisung und gegebenenfalls eine Erholungsphase nach dem Test. Am Ende erhält der Sportler einen Ergebnisbericht, der je nach Labor mehr oder weniger umfangreich ausfallen kann.

Was kann die Spiroergometrie beantworten?

Die Spiroergometrie zeigt vor allem, wie Atmung und Gaswechsel auf steigende Belastung reagieren. Sie eignet sich besonders, um Größen wie VO_2max sowie ventilatorische Übergänge einzuordnen und den Verlauf von Sauerstoffaufnahme, Kohlendioxidabgabe und Ventilation sichtbar zu machen.

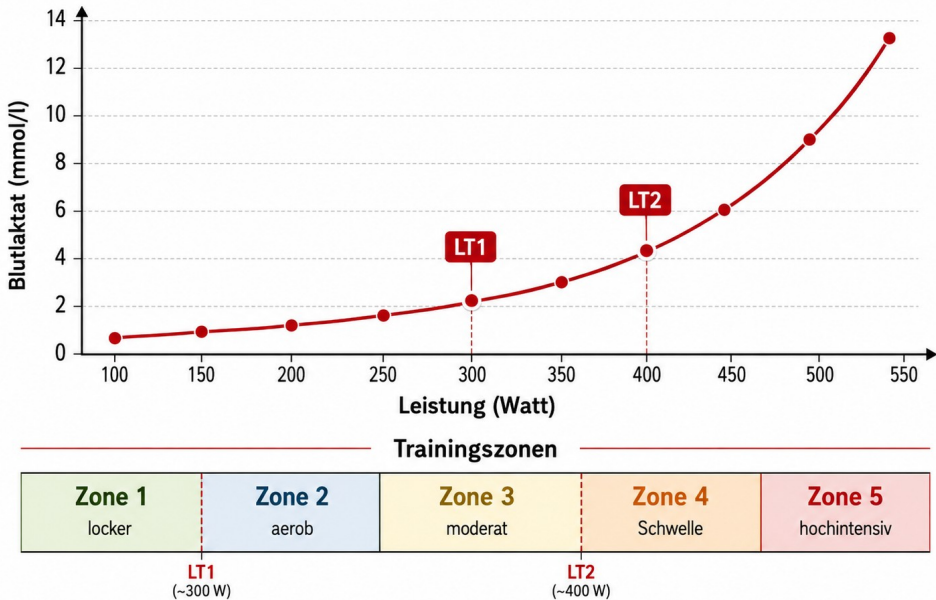
Ihr Vorteil liegt darin, dass sie mehrere Reaktionsgrößen gleichzeitig erfasst und dadurch ein relativ differenziertes Bild der Belastungsreaktion ermöglicht. Aus den ventilatorischen Übergängen lassen sich anschließend praktisch nutzbare Trainingsbereiche ableiten.

Was kann ein Laktattest beantworten?

Bei einer Laktatdiagnostik wird die Blutlaktatkonzentration über mehrere Belastungsstufen hinweg mit der jeweiligen **Leistung beziehungsweise Pace** verknüpft. Dadurch entsteht eine individuelle Laktatleistungskurve, die zeigt, wie sich die Belastungsreaktion mit zunehmender Intensität verändert.

Aus dem Verlauf dieser Kurve können – abhängig vom verwendeten Auswertungsverfahren – Übergangsbereiche wie **LT1 und LT2** bestimmt werden. Den ermittelten Punkten lassen sich anschließend konkrete Werte für Leistung oder Pace und meist auch für die Herzfrequenz zuordnen. Damit bietet die Laktatdiagnostik nicht nur Informationen über den Stoffwechsel, sondern auch praktische Bezugspunkte für die Festlegung individueller Trainingsbereiche.

Laktatleistungskurve und abgeleitete Trainingszonen



Schematische Darstellung

Abb.: Beispiel einer Laktatleistungskurve aus einem Stufentest. Aus dem individuellen Kurvenverlauf lassen sich Übergangsbereiche wie LT1 und LT2 ableiten und in Trainingszonen übersetzen. Die Zonengrenzen sind dabei modellabhängig.

Die Abbildung zeigt diesen Zusammenhang bewusst schematisch. LT1 und LT2 liefern zwei physiologische Bezugspunkte, aus denen jedoch nicht automatisch ein einziges verbindliches Zonensystem entsteht. Zusätzliche Zonengrenzen hängen davon ab, welches Trainingsmodell verwendet wird. Die dargestellten fünf Zonen sind deshalb ein Beispiel dafür, wie diagnostische Ergebnisse in praktikable Trainingsbereiche übertragen werden können – keine universelle Einteilung.

Gerade darin liegt der praktische Nutzen der Laktatdiagnostik: Statt Trainingsbereiche ausschließlich aus allgemeinen Prozentwerten abzuleiten, lassen sie sich stärker an der individuellen Reaktion auf steigende Belastung ausrichten.

Wie zuverlässig die daraus bestimmten Werte sind, hängt allerdings auch vom Testprotokoll, der Stufendauer, der Blutentnahme und dem verwendeten Auswertungsverfahren ab.

Was bringt die Kombination?

Die Kombination aus Spiroergometrie und Laktatdiagnostik verbindet zwei unterschiedliche Perspektiven auf dieselbe Belastung. Die Spiroergometrie zeigt die Reaktion von Atmung und Gaswechsel, der Laktattest ergänzt die stoffwechselbezogene Seite. Werden beide Verfahren gemeinsam durchgeführt, lassen sich ventilatorische und laktatbezogene Übergänge miteinander vergleichen, wodurch sich ein vollständigeres Gesamtbild ergibt.

Das bedeutet nicht, dass die Kombination immer notwendig ist. Für manche Fragestellungen reicht bereits eines der beiden Verfahren. Wenn Trainingsbereiche jedoch möglichst individuell bestimmt oder unterschiedliche Schwellenkonzepte gemeinsam eingeordnet werden sollen, kann die Kombination einen echten Zusatznutzen bieten.

Das Testprotokoll beeinflusst das Ergebnis

Ein Leistungstest kann je nach Durchführung unterschiedliche Werte liefern. Wie schnell die Belastung steigt, wie lange einzelne Stufen dauern und auf welchem Ergometer getestet wird, beeinflusst die Reaktion des Körpers – und damit teilweise auch das Ergebnis der Diagnostik.

Grundsätzlich lassen sich **Rampen- und Stufenprotokolle** unterscheiden.

Bei einem **Rampentest** steigt die Belastung kontinuierlich oder in sehr kurzen Abständen an. Dadurch ergibt sich innerhalb relativ kurzer Zeit ein gleichmäßiger Belastungsverlauf bis zur maximalen Ausbelastung. Solche Protokolle eignen sich besonders gut für Spiroergometrien und die Bestimmung maximaler Größen.

Bei einem **Stufentest** bleibt die Belastung dagegen für eine bestimmte Zeit konstant, bevor sie auf die nächste Stufe erhöht wird. Das ist insbesondere für Laktatmessungen praktisch, weil am Ende jeder Stufe eine Blutprobe entnommen und der Wert einer definierten Leistung oder Pace zugeordnet werden kann.

Ein wichtiges Kriterium ist die Stufendauer. Nach einer Belastungssteigerung benötigen Herzfrequenz, Sauerstoffaufnahme und besonders die Blutlaktatkonzentration Zeit, um auf die neue Intensität zu reagieren. Bei sehr kurzen Stufen kann die gemessene Laktatkonzentration deshalb der aktuellen Belastung zeitlich hinterherlaufen. Untersuchungen zeigen, dass sich die an einer Laktatschwelle ermittelte Leistung verändern kann, wenn die Dauer der Belastungsstufen verändert wird. Wie stark dieser Effekt ausfällt, hängt allerdings von Protokoll, Sportart und verwendeter Schwellenmethode ab.

Auch die Höhe der Belastungssteigerung spielt eine Rolle. Große Leistungssprünge führen schneller zur Ausbelastung, liefern aber weniger Messpunkte entlang des Belastungsverlaufs. Kleinere Schritte ermöglichen eine feinere Auflösung, verlängern jedoch den Test und können zusätzliche Ermüdung verursachen. Ein gutes Protokoll sollte zur erwarteten Leistungsfähigkeit des Sportlers passen.

Bei Rampentests gilt ein ähnliches Prinzip. Eine sehr steile Rampe führt schneller zu hohen Leistungen, während ein langsamer Anstieg den Test verlängert. Dabei kann sich insbesondere die erreichte Spitzenleistung verändern. Für die Bestimmung der VO_2max ist weniger ein einziges vorgeschriebenes Protokoll entscheidend als eine Belastungssteigerung, die zum Leistungsniveau der getesteten Person passt und weder zu einer extrem kurzen noch unnötig langen Ausbelastung führt.

Fahrrad oder Laufband?

Auch die Sportart des Tests sollte zur Fragestellung passen. Radfahren und Laufen beanspruchen Muskulatur und Herz-Kreislauf-System nicht vollkommen identisch. So können sich beispielsweise Herzfrequenz, Sauerstoffaufnahme und

die Leistung an physiologischen Übergängen unterscheiden. Für sportartspezifische Trainingszonen sollte daher möglichst in der jeweiligen Sportart getestet werden.

Für einen Radsportler ist ein Fahrradergometer daher meist die naheliegende Wahl, für einen Läufer das Laufband. Bei Triathleten können getrennte Lauf- und Radwerte sinnvoll sein, weil sich eine beim Radfahren bestimmte Schwellenherzfrequenz nicht unverändert auf das Laufen übertragen lässt.

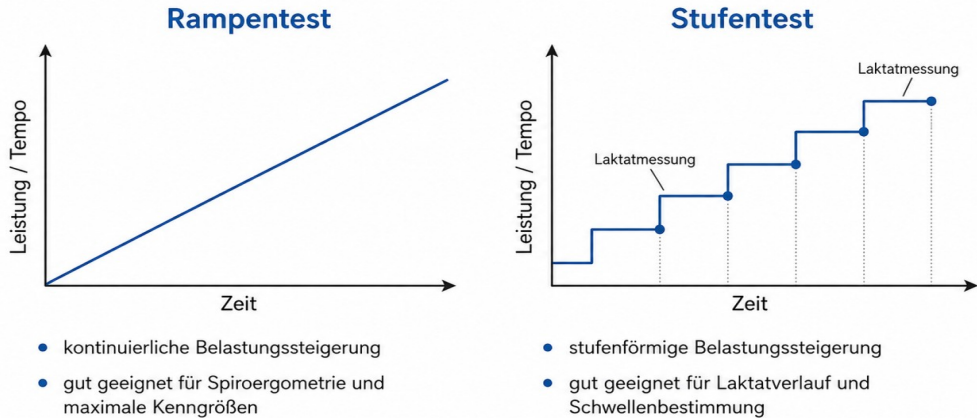
Maximal oder submaximal?

Nicht jede diagnostische Frage erfordert eine Belastung bis zur vollständigen Ausbelastung. VO_2max oder maximale Leistungskennwerte setzen in der Regel eine sehr hohe bis maximale Belastung voraus. Physiologische Übergänge können wir dagegen häufig bereits im submaximalen Verlauf erkennen.

Das ist praktisch relevant: Wer hauptsächlich seine Trainingsbereiche bestimmen oder deren Entwicklung verfolgen möchte, benötigt nicht zwangsläufig bei jeder Untersuchung einen maximalen Test. Soll dagegen gleichzeitig die maximale aerobe Leistungsfähigkeit beurteilt werden, wird der Test meist bis zur Ausbelastung fortgesetzt.

Für Vergleiche über die Zeit gilt deshalb vor allem: Das Protokoll sollte möglichst konstant bleiben. Ein Ergebnis aus einem dreiminütigen Stufenprotokoll lässt sich nicht ohne Weiteres mit einem Wert aus einem deutlich anderen Rampen- oder Stufentest vergleichen. Eine Veränderung kann sonst zumindest teilweise auf die Methode und nicht auf die tatsächliche Leistungsentwicklung zurückgehen.

Rampentest und Stufentest im Vergleich



Das Testprotokoll beeinflusst, welche Messwerte erfasst werden und wie sie interpretiert werden können.

Abb.: Rampen- und Stufentests unterscheiden sich im Belastungsverlauf.

Typische Größenordnungen bei Laktat-Stufentests

Sportart	Stufen-dauer	Steigerung je Stufe	Einordnung
Radfahren	etwa 3–5 min	häufig etwa 20–30 W	kleinere Schritte liefern mehr Messpunkte, verlängern aber den Test
Laufen	etwa 3–5 min	häufig etwa 1 km/h, je nach Protokoll auch größere Schritte	größere Temposprünge verkürzen den Test, bilden den Verlauf aber gröber ab

Tab.: Die Angaben sind Beispiele, keine verbindlichen Standardprotokolle. Ausgangsbelastung, Stufendauer und Belastungssteigerung müssen zum Leistungsniveau und zur verwendeten Auswertungsmethode passen. Für Verlaufskontrollen sollte dasselbe Protokoll beibehalten werden.

Feldtests auf dem Rad

Mit einem zuverlässigen Powermeter oder Smarttrainer lassen sich viele leistungsdiagnostische Fragen auch außerhalb des Labors beantworten. Der große Vorteil: Feldtests kann man unter realistischen Bedingungen durchführen und relativ einfach wiederholen.

Damit ein Vergleich über die Zeit sinnvoll bleibt, sollten jedoch nicht nur der Test selbst, sondern auch die Rahmenbedingungen möglichst ähnlich sein.

Vor dem Test: Bedingungen standardisieren

Für Verlaufskontrollen sollten möglichst dieselben Voraussetzungen gelten:

- in den Tagen zuvor vergleichbare Trainingsbelastung
- ausreichend erholt und normal ernährt
- möglichst ähnliche Tageszeit und Umgebungsbedingungen
- derselbe Powermeter beziehungsweise Smarttrainer
- bei Bedarf Kalibrierung nach Herstellervorgabe
- vergleichbares Aufwärmen
- Leistung, Herzfrequenz und subjektives Belastungsempfinden dokumentieren

Outdoor sollten außerdem Strecke, Wind und Verkehr berücksichtigt werden. Indoor spielen vor allem Raumtemperatur und Kühlung eine Rolle.

MERKSATZ

Wer seine Entwicklung beurteilen möchte, sollte nicht ständig das Testverfahren wechseln.

20-Minuten-FTP-Test

Der 20-Minuten-Test gehört zu den bekanntesten Feldtests im Radsport. Er verbindet eine relativ einfache Durchführung mit einem gut reproduzierbaren Leistungswert und lässt sich sowohl auf der Straße als auch auf einem Smarttrainer absolvieren.

Ziel ist es, über 20 Minuten die höchste Leistung zu fahren, die möglichst gleichmäßig aufrechterhalten werden kann. Aus der gemessenen Durchschnittsleistung wird häufig eine FTP geschätzt, indem der Wert mit 0,95 multipliziert wird.

PRAXISPROTOKOLL: 20-MINUTEN-TEST

1. Etwa 20 Minuten locker bis moderat einfahren.
2. Einige kurze Steigerungen einbauen.
3. Eine etwa 5-minütige intensive Vorbelastung absolvieren und anschließend 5–10 Minuten locker fahren.
4. 20 Minuten mit der höchsten Leistung fahren, die über die gesamte Dauer gehalten werden kann.
5. Die ersten Minuten kontrolliert beginnen und die Leistung möglichst gleichmäßig halten. Erst gegen Ende steigern, wenn noch Reserven vorhanden sind.
6. Die Durchschnittsleistung der 20 Minuten bestimmen.
7. Nach dem verbreiteten Verfahren:
$$\text{FTP-Schätzung} = \text{20-Minuten-Leistung} \times 0,95$$

Ergebnis: Gemessen wird die durchschnittliche 20-Minuten-Leistung. Die daraus berechnete FTP ist ein **abgeleiteter Schätzwert**, der anschließend beispielsweise zur Festlegung leistungsbasierter Trainingsbereiche verwendet werden kann.

Achtung: Der Faktor 0,95 ist keine individuelle physiologische Konstante.