

### Körperanalyse

Der Abschnitt „Körperanalyse“ gibt einen kurzen Überblick über die Basisdaten Körpergröße, Körpergewicht und Body Mass Index (BMI).

#### Referenzwerte BMI

Starkes Untergewicht:  $< 16 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

Mäßiges Untergewicht:  $16 - 16.9 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

Leichtes Untergewicht:  $17 - 18.4 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

**Normalgewicht:  $18.5 - 24.9 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$**

Präadipositas:  $25 - 29.9 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

Adipositas Grad I:  $30 - 34.9 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

Adipositas Grad II:  $35 - 39.9 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

Adipositas Grad III:  $\geq 40 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

### Leistungswerte

Im Abschnitt „Leistungswerte“ werden die Ergebnisse des Stufentests dargestellt. Der Stufentest wird bewusst bei relativ geringen Intensitäten begonnen, damit alle relevanten Phasen im Verlauf der Sauerstoffsättigung durchlaufen werden. Diese Phasen werden unten genauer erläutert.

Die einzelnen Werte werden unterteilt nach Testterminen dargestellt. Zudem wird dargestellt, wie sich die Werte seit dem letzten Test absolut und relativ verändert haben. Denn letztlich ergibt sich der Wert einer Leistungsdiagnostik ja erst aus den Vergleichswerten nach einer Trainingsphase.

#### Maximale Sauerstoffversorgung

Die maximale Sauerstoffversorgung repräsentiert die Leistung, bei der die höchste Sauerstoffsättigung am Muskel auftritt. Dieser Punkt korreliert eng mit der maximalen laktatfreien Intensität und den dort auftretenden physiologischen Bedingungen. Bei dieser Intensität wird viel Sauerstoff zum Muskel transportiert, der jedoch nicht vollständig zur Energiebereitstellung verbraucht wird. Ebenso erfolgt die Energiebereitstellung primär über Fette.

Die Sauerstoffsättigung repräsentiert das Verhältnis zwischen Sauerstofftransport zur Muskulatur und Sauerstoffverbrauch der Muskulatur. Am Punkt der maximalen Sauerstoffversorgung ist somit das Verhältnis zwischen Sauerstofftransport und -verbrauch am stärksten in Richtung Sauerstoffversorgung verschoben. Beim Training in diesem Bereich kann man also sehr gut davon sprechen „Luft an den Muskel“ zu fahren.



**Leistung [W]** bezeichnet die Leistung in Watt, bei der die maximale Sauerstoffversorgung auftritt.

**Leistung [W·kg<sup>-1</sup>]** bezeichnet die Leistung in Watt relativ zum Körpergewicht, bei der die maximale Sauerstoffversorgung auftritt.

**Herzfrequenz [min<sup>-1</sup>]** bezeichnet die Herzfrequenz, bei der die maximale Sauerstoffversorgung auftritt.

### Maximales Sauerstoffgleichgewicht

Das maximale Sauerstoffgleichgewicht kann als Kriterium der aeroben Leistung angesehen werden. Zahlreiche Studien konnten eine enge Beziehung zwischen dem maximalen Sauerstoffgleichgewicht und anderen Schwellenkonzepten nachweisen. Unter anderem zeigte sich auch eine enge Korrelation zum maximalen Laktatgleichgewicht. Aufgrund der Tatsache, dass bei der Leistungsdiagnostik mit NIRS kein Laktat gemessen wird, verwenden wir hier den Begriff des maximalen Sauerstoffgleichgewichts. Die physiologischen Annahmen sind jedoch identisch.

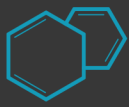
Bei der Intensität des maximalen Sauerstoffgleichgewichts erreicht die Sauerstoffsättigung zum letzten Mal ein Steady-State. Das heißt, es stellt sich zum letzten Mal ein Gleichgewicht zwischen Sauerstofftransport und Sauerstoffverbrauch ein. Bei geringerer Intensität kann der Sauerstoffverbrauch der Muskulatur durch eine Erhöhung des Transports gedeckt werden. Bei höheren Intensitäten wird mehr Sauerstoff verbraucht als angeliefert werden kann, sodass es zu einem konstanten Abfall der Sauerstoffsättigung kommt. Zur Ursache dieses Phänomens existieren verschiedene Theorien. Die wahrscheinlichste Erklärung dürfte darin liegen, dass es jenseits des maximalen Sauerstoffgleichgewichts zu einer vermehrten Aktivierung schneller Typ II-Muskelfasern kommt. Hierdurch kommt es zu einer überproportionalen Aktivierung der Glykolyse sowie des Energieverbrauchs bzw. der Sauerstoffkosten pro Watt Leistung. Da die Sauerstoffaufnahme jedoch nur linear ansteigt, muss der Körper vermehrt auf gespeicherten Sauerstoff (primär aus Myoglobin) zurückgreifen, wodurch es zu dem beobachteten Abfall der Sauerstoffsättigung kommt.

**Leistung [W]** bezeichnet die Leistung in Watt, bei der das maximale Sauerstoffgleichgewicht auftritt.

**Leistung [W·kg<sup>-1</sup>]** bezeichnet die Leistung in Watt relativ zum Körpergewicht, bei der das maximale Sauerstoffgleichgewicht auftritt.

**Herzfrequenz [min<sup>-1</sup>]** bezeichnet die Herzfrequenz, bei der das maximale Sauerstoffgleichgewicht auftritt.





### Maximalwerte

In diesem Abschnitt werden die maximal erreichten Werte im Stufentest aufgeführt.

**Leistung [W]** bezeichnet die Leistung der letzten begonnenen Stufe in Watt.

**Leistung [W·kg<sup>-1</sup>]** bezeichnet die Leistung der letzten begonnenen Stufe in Watt relativ zum Körpergewicht.

**Herzfrequenz [min<sup>-1</sup>]** bezeichnet die maximale Herzfrequenz.

### Trainingsbereiche

In der Tabelle „Trainingsbereiche“ werden die Trainingsbereiche mit Leistungs- und Pulsangaben dargestellt. Die Angaben beziehen sich auf die physiologischen Prozesse, die in den jeweiligen Bereichen stattfinden. Der Bezug zwischen diesen Prozessen und der gemessenen Sauerstoffsättigung wurde im vorhergehenden Abschnitt hergestellt.

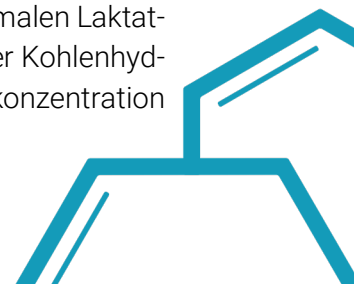
Grundsätzlich orientiert sich die Einteilung der Trainingsbereiche an der Aktivierung verschiedener Muskelfasertypen und den dabei dominierenden Stoffwechselsystemen. Da jede Anpassung eine gewisse Auslastung eines physiologischen Systems voraussetzt, macht es Sinn die Trainingsbereiche entsprechend dieser physiologischen Systeme zu strukturieren, um eine differentielle Trainingssteuerung und optimale Belastungsplanung zu ermöglichen.

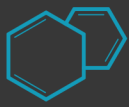
**ZONE I** (KB und G1) reicht von niedrigster Intensität über die maximale laktatfreie Leistung bis zur maximalen Fettverbrennung. In dieser Zone findet die Energiebereitstellung komplett über Verstoffwechselung von Sauerstoff statt und es fällt kein oder nur sehr wenig Laktat an. Die Belastung wird als locker empfunden.

**ZONE I - extensiv** (KB) beginnt mit niedrigster Intensität und endet mit der maximalen laktatfreien Leistung. Bei dieser Leistung ist das Milieu in der Muskulatur am wenigsten sauer. Zudem wird viel Sauerstoff zum Muskel transportiert, aber nicht zur Energiebereitstellung verbraucht. Damit steht dieser Sauerstoff auch anderen Prozessen zur Verfügung, weshalb sich diese Intensität auch zur aktiven Erholung eignet. In dieser Zone tragen Fette anteilig am meisten zur Energiebereitstellung bei. Die bei dieser Intensität genutzten Fasern sind sogenannte Typ I-Fasern oder „Ausdauerfasern“.

**ZONE I - intensiv** (G1) beginnt mit der maximalen laktatfreien Leistung und endet mit der maximalen absoluten Fettverbrennung. In diesem Teilbereich der Zone I wird bereits in geringem Maße Laktat aufgebaut und Kohlenhydrate tragen in relevantem Maße zur Energiebereitstellung bei. Am oberen Ende dieser Zone wird die absolut größte Menge an Fetten verstoffwechselt. Bei dieser Intensität werden zusätzlich zu den Ausdauerfasern auch sogenannte „Mischfasern“ oder Typ IIa-Fasern genutzt, wobei hier nur die Typ IIa-Fasern eingesetzt werden, die mehr Laktat abzubauen können.

**ZONE II** (G2) beginnt mit der maximalen Fettverbrennung und reicht bis zum maximalen Laktatgleichgewicht. In dieser Zone nimmt der Fettstoffwechsel kontinuierlich ab und der Kohlenhydratstoffwechsel kontinuierlich zu. Der damit einhergehende Anstieg der Laktatkonzentration





bringt eine relativ hohe muskuläre Ermüdung mit sich. Die gefühlte Intensität ist „mittel“, also weder richtig hart noch richtig locker.

**ZONE III** (EB und SB) beginnt mit dem Laktatgleichgewicht und endet mit der maximalen Sauerstoffaufnahme. Die Belastung wird, je nach Intensität, als „hart“ empfunden. In dieser Zone wird in erheblichem Maße Laktat produziert und nahezu die gesamte Energie aus Kohlenhydraten bezogen. Damit ist die Zeit, über die man diese Leistung erbringen kann, begrenzt.

**ZONE III - extensiv** (EB) beschreibt die Intensität, bei der Laktatauf- und abbau das letzte Mal ein Gleichgewicht bilden. Oberhalb dieser Leistung wird mehr Laktat auf- als abgebaut, unterhalb mehr ab- als aufgebaut. Dies spiegelt sich auch in der Oximetrie wider: die Sauerstoffsättigung in der begrenzenden Muskulatur bildet ein letztes Mal ein Plateau aus. Bei höherer Leistung beginnt die Sauerstoffsättigung kontinuierlich abzufallen. Die Belastung bei dieser Leistung wird als so hart empfunden, dass sie nach spätestens etwa einer Stunde abgebrochen werden muss.

Bei dieser Intensität sind alle Ausdauerfasern und alle Mischfasern aktiv, die mehr, beziehungsweise genau so viel Laktat ab- wie aufbauen. Zudem sind bei dieser Intensität bereits Muskelfasern aktiv, die mehr Laktat auf- als abbauen können. Diese Fasern können nicht lange mitarbeiten, weil sie ermüden, daher werden bei fortschreitender Belastungsdauer weitere Typ IIa-Fasern aktiviert. Dies ist unter anderem durch einen Anstieg der gefühlten Belastungsintensität zu spüren.

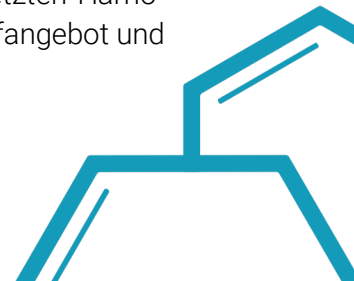
**ZONE III - intensiv** (SB) beschreibt die Intensität, bei der die maximale Sauerstoffaufnahme erreicht wird. Höhere Leistungen können zwar erbracht werden, führen aber nicht zu einer höheren Sauerstoffaufnahme. Die maximale Belastungsdauer bei dieser Intensität liegt bei etwa fünf (laut Literatur drei bis acht) Minuten. Bei dieser Intensität sind alle Muskelfasern, die in messbarem Maße Sauerstoff aufnehmen können, aktiv; das sind alle Typ I- und Typ IIa-Fasern. In diesem Intensitätsbereich kommt der Fettstoffwechsel komplett zum Erliegen, die Energiebereitstellung erfolgt dann ausschließlich über Kohlenhydrate.

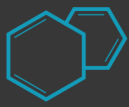
**ZONE IV** (SB und SN) beginnt bei der maximalen Sauerstoffaufnahme und reicht bis zu maximal intensiven, aber sehr kurzen Belastungen. Belastungen bei dieser Intensität werden nach kurzer Zeit als sehr hart empfunden. Bei dieser Intensität werden ausschließlich Kohlenhydrate verstoffwechselt und es wird in erheblichem Maße Laktat aufgebaut, was mit der zusätzlichen Rekrutierung von Sprintfasern (Typ IIx) zusammenhängt.

## Abbildungen

Die Abbildungen zeigen die jeweiligen Verläufe der Herzfrequenz, der Sauerstoffsättigung sowie des Hämoglobins im Vergleich zur Leistung auf den einzelnen Stufen. Alle Werte sind als gleitende Mittelwerte über 30 Sekunden dargestellt. Die Punkte der maximalen Sauerstoffversorgung sowie des maximalen Sauerstoffgleichgewichts sind entsprechend markiert.

Die Sauerstoffsättigung repräsentiert die Konzentration des mit Sauerstoff besetzten Hämoglobins im untersuchten Gewebe. Sie stellt somit die Balance zwischen Sauerstoffangebot und Sauerstoffverbrauch des Skelettmuskels dar.





Das Hämoglobin repräsentiert Veränderungen des kapillaren Hämatokrits und dient dadurch als Indikator für die lokale Durchblutung. Somit repräsentiert ein Anstieg des Hämoglobins eine gesteigerte Durchblutung und umgekehrt. Ein Anstieg kann zum Beispiel durch eine Öffnung des Kapillarnetzes durch Aufwärmen hervorgerufen werden. Ein Abfall kann zum Beispiel durch eine geringe Trittfrequenz in Kombination mit hohem Drehmoment und die dadurch verursachte Unterbrechung des lokalen Blutflusses, ausgelöst werden.

Insbesondere der Verlauf der Sauerstoffsättigung kann Aufschluss über weitere Faktoren, wie zum Beispiel die Ausprägung des anaeroben Stoffwechsels oder limitierende Einflüsse liefern. Aber auch Potenziale im Training lassen sich erkennen. Die Interpretation der Verläufe geht in unsere Trainingsempfehlungen ein.

## Kontakt

Solltest Du noch Fragen haben, stehen wir gerne zur Verfügung: [diagnostik@trainalyzed.com](mailto:diagnostik@trainalyzed.com)

