



www.sportschule-ffb-puch-
gmbh.de
info@sportschule-ffb-puch-
gmbh.de



Biologische Grundlagen der Ausdauerleistungsfähigkeit und Bedeutung der Ergo-Spirometrie in der Ausdauertrainingssteuerung

Biologische Grundlagen

Auch in völliger körperlicher Ruhe benötigt der menschliche Organismus Sauerstoff, um seine Funktionen aufrecht zu erhalten. Mit steigender Belastung steigt auch der Sauerstoffbedarf, was nicht zuletzt an der zunehmenden Atemtätigkeit offensichtlich wird.

Die maximale Sauerstoffaufnahme ($VO_2\max$) wird auch als **Bruttokriterium der Ausdauerleistungsfähigkeit** bezeichnet. Sie beschreibt die maximale Menge an Sauerstoff, welche über die Lunge eingeatmet, im Blut aufgenommen, zum Muskel transportiert und dort energetisch nutzbar gemacht werden kann.

Trotz sprichwörtlicher „Atemlosigkeit“ stellt die Lunge nur unter Extrembedingungen einen limitierenden Faktor dar. Dazu gehören große Höhen, Tauchgänge, Krankheit oder Veränderungen im Alter. Aber auch bei kurzzeitigen Maximalbelastungen mit hohen Herzfrequenzen wird derzeit diskutiert, ob die Transitzeiten des Blutes an den Lungenbläschen für eine optimale Beladung zu kurz werden. Prinzipiell geht man jedoch davon aus, dass zum einen die Transportkapazität des Blutes (Blutvolumen, Hämoglobingehalt...) und die Sauerstoffverwertung auf zellulärer Ebene den „Flaschenhals“ für die Sauerstoffaufnahme darstellen. Ein großes „Sportherz“ ist zwar hilfreich, für sich allein jedoch keine hinreichende Bedingung für eine gute Ausdauerleistung. Dies wird durch die abnehmenden Herzgrößen von Spitzenathleten bei steigenden Leistungen in den letzten Jahren belegt.

Die maximale Sauerstoffaufnahme spielt bei all jenen Sportarten eine entscheidende Rolle, die zu einem hohen Teil aerob, also durch Sauerstoff energetisch gesichert werden. Im Gegensatz zu früheren Annahmen ist dies bereits nach 30-60 Sekunden der Fall. Für Belastungen oberhalb 30 min. Dauer ist wiederum nur mehr der Teil der Sauerstoffaufnahme entscheidend, welcher ohne Laktatanhäufung mobilisiert werden kann.

Es wird eine absolute und eine relative Sauerstoffaufnahme unterschieden. Die absolute VO_2 gibt an wie viel O_2 pro Minute vom Körper genutzt werden kann, während die relative VO_2 jenen Wert noch einmal durch das Körpergewicht des Sportlers dividiert. Dies ist notwendig, da ein 60kg schwerer Läufer niemals die gleiche Sauerstoffmenge umsetzen kann, wie ein 95kg schwerer Ruderer. Spitzenwerte von Weltklasse Athleten liegen bei über 6l/min bei Weltklasse Ruderern, bzw. $85 \text{ ml } O_2/\text{min} \times \text{kg}$ bei Läufern, Skilangläufern, etc.... Zum Vergleich, die Sauerstoffaufnahme eines gesunden 30 jährigen beträgt etwa $3,5 \text{ l/min}$, bzw. $45 \text{ O}_2/\text{min} \times \text{kg}$, bzw. $2,5 \text{ l/min}$, bzw. $38 \text{ ml } O_2/\text{min} \times \text{kg}$ bei Frauen.



Trainingsanpassungen

Eine Verbesserung der relativen Sauerstoffaufnahme ist aufgrund dieser Rechnung auch durch eine reine Reduktion von Körperfett möglich. Aus diesem Grund ist es auch energetisch unmöglich mit ein paar Pfunden zuviel Weltklasse Ausdauerleistungen zu erbringen.

Eine Steigerung der VO_2 durch sportliches Training beruht auf mehreren Anpassungsprozessen. Als erste sind hierbei zu nennen:

- Erhöhtes Blutvolumen
- Erhöhter Hämoglobingehalt
- Verbesserte Durchblutung
- Vergrößertes Herzminutenvolumen
- $=O_2$ -Transportkapazität des Blutes
- Ökonomischere Muskelarbeit, d.h. besserer Wirkungsgrad
- Gesteigerte Mitochondrienmasse

Die ersten Adaptationen sind beim gut trainierten Athleten jedoch weitgehend ausgereizt. Spitzensportler erzielen Verbesserungen der VO_2 max hauptsächlich über eine Steigerung der Mitochondrienmasse im Muskel, der so genannten Zellkraftwerke. Diese Strukturen passen sich über Jahre an erhöhte körperliche Belastung an. Dies ist der Grund warum ein Marathonläufer oft 10-12 Jahre Leistungstraining benötigt um seine persönliche Spitzenleistung zu erreichen.

Leistungsdiagnostik und Spiro-Ergometrie

Die Ermittlung der VO_2 max erfolgt mittels Spiro-Ergometrie. Hierbei wird der/die Sportler/In am Fahrrad-, oder Laufbandergometer in ansteigenden Intensitätsstufen belastet. Neben der Leistung werden verschiedene biologische Parameter gemessen, darunter Herzfrequenz und Laktat, und im Falle der Spiro-Ergometrie die Atemgase. Die Daten geben Aufschluss über den momentanen Leistungszustand und ermöglichen detaillierte Informationen über die optimale Trainingintensität. Die Spiro-Ergometrie stellt den goldenen Standard der Ausdauerleistungsdiagnostik dar. Neben der VO_2 max werden auch andere Leistungsparameter und Atemfunktionsgrößen bestimmt, welche zur Trainingsgestaltung von Bedeutung sind. Dazu zählen v.a. Informationen über den Energiebedarf, sowie den Anteil von Fetten und Kohlenhydraten am Energiestoffwechsel. Darüber hinaus liefert die Atemgasanalyse Informationen über eventuelle Auffälligkeiten bezüglich Atmung und Herz-Kreislauf-System. Aus diesem Grund sind regelmäßige ergometrische Tests im Hochleistungssport eine Selbstverständlichkeit.

Die Messtechnik stellt den neuesten technischen Stand dar und kommt u.a. an der Sporthochschule Köln und dem Lehrstuhl für rehabilitative und präventive Sportmedizin der TU München zum Einsatz.

In Verbindung mit dem aktuellsten sportwissenschaftlichen Know-how bildet dies die Grundlage für eine professionelle Trainingsarbeit. Nicht ohne Grund reisen Reha- und Profisportler aus Freiburg und sogar Luxemburg an, um von sich in der Sportschule FFB-Puch testen und betreuen zu lassen. Aber nicht nur für Spitzentriathletinnen wie Ute Mückel, welche 2005 beim Triathlon in Arizona und Roth jeweils einen tollen 3. Platz belegte und Wisconsin gewinnen konnte ist eine sorgfältige Testung die Basis für ein erfolgreiches Training.

V.a. auch Sportler im Freizeit- und Hobbybereich sollten ihr Training regelmäßig professionell betreuen lassen. Egal ob Fußballer, Inliner oder Bergwanderer: Nur ein gut geplantes Training führt zu den gewünschten Erfolgen! Die scheinbaren Rezepte in einschlägigen Zeitschriften



oder Büchern können eine saubere Testung und Trainingsplanung nicht ersetzen. Wer richtig trainiert spart sich Zeit und v.a. Frust!

Dies soll im Folgenden an zwei Beispielen aufgezeigt werden.

Trainingssteuerung und Praxisbeispiele

Tabelle 1: Gewicht, Körperfettanteil, Maximalleistung im Stufentest (P_{max}), Leistung bei 4mmol/l Blutlaktat (P_4) und maximale Sauerstoffaufnahme ($VO_2 max$) für einen männlichen Untrainierten, bzw. einen Elite Ausdauerathleten.

	Ausdauer Elite	Untrainiert
Gewicht [kg]	72	75
Körperfettanteil [%]	8	18
P_{max} [Watt]	370-500	200
P_4 [Watt]	300-440	130
$VO_2 max$ [ml/min \times kg]	65-85	40-45

Tabelle 1 zeigt die deutlichen Unterschiede hinsichtlich anthropometrischer und leistungsdiagnostischer Parameter zwischen einem wenig trainierten 30jährigen und einem hochtrainierten Radsportler. Aus diesen Daten und den unterschiedlichen Belastungsprofilen lässt sich die Bedeutung einer guten Leistungsdiagnostik anhand verschiedener Szenarien anschaulich machen.

Mountainbike Marathon

Ein Mountainbike Marathon kann in der Elite Klasse Belastungen von 3 Stunden Dauer mit sich bringen und wird von Top Fahrern mit Leistungen von 280-320Watt im Mittel absolviert. Aus Gründen, die in den begrenzten Energiespeichern des menschlichen Körpers liegen können über die Zeit von 3 Std. im Mittel ca. 75% der VO_2max durchgehalten werden. Um 300Watt radeln zu können ist eine Sauerstoffaufnahme von etwa 50ml/min \times kg nötig. Daraus ergibt sich, dass die VO_2max mindestens 67ml/min \times kg ($50 \times 0,75$) betragen muss. Jemand, der in dieser Leistungsklasse um die Plätze mitfahren möchte benötigt also eine VO_2max von mehr als 65ml/min \times kg, was etwa einer P_{max} im Stufentest von etwa 400Watt entspricht. Wer diese Leistungen in der Spiro-Ergometrie nicht erbringt, kann aus grundlegenden, biologischen Gründen ein solches Rennen nicht gewinnen!

Um wiederum solch eine Top Ausdauer anzutrainieren sind relativ hohe Trainingsumfänge von 12-20 Std./Woche notwendig. Um diese gewaltigen Belastungen ohne Übertrainingssyndrom durchzustehen müssen bei gut trainierten Athleten mindestens 75% des Trainingsumfangs bei niedrigen Intensitäten (60% VO_2max) absolviert werden. Bei oben erwähntem Sportler muss das Grundlagentraining also bei Leistungen von 235Watt und darunter gefahren werden. Dies entspricht Laktatwerten von weniger als 1,5mmol/l.

Fitness Sportler

Ein normal trainierter 30jähriger erbringt am Fahrradergometer etwa eine P_{max} von 200Watt und eine VO_2max von 40ml/min \times kg. Diese Sportler haben oftmals nicht mehr als 3 x 1Std. pro Woche Zeit zu trainieren. Damit unterscheiden sich die Voraussetzungen erheblich von unserem Mountainbiker. Bei dieser Leistungsfähigkeit und gegebenen, niedrigem Trainingsumfang darf die relative Belastung im Training höher liegen, als beim Elite Athleten.



D.h. er sollte in den 3 Trainingsstunden pro Woche etwa 50% mit relativ niedrigen Intensitäten (50% VO_2max) trainieren. Dies entspricht etwa 100-110Watt, bzw. Laktatwerten 1,5-2,5mmol/l. Im Gegensatz zum Topathleten dürfen jedoch bis zu 40% mit einer relativ hohen Intensität bis zur P_4 (110-130Watt, 2-4mmol/l Laktat) absolviert werden. In diesem Bereich kommt es bereits zu einer relativ starken Entleerung der Kohlenhydratspeicher, was der Freizeitsportler jedoch aufgrund seiner längeren Belastungspausen und niedrigerem Energieumsatz tolerieren kann. Steigt die mittlere Trainingsintensität jedoch zu hoch, dann erfolgen nicht die gewünschten Anpassungsvorgänge im Sinne eines verbesserten Fettstoffwechsels und die erhoffte Leistungssteigerung bleibt aus.

Je nach Trainingsfleiß und Ausgangsniveau sollten sich die Leistungskennwerte aufgrund eines Trainings natürlich verbessern. Um auch nach erfolgter Anpassung des Organismus noch mit den richtigen Intensitäten trainieren zu können, sollte eine regelmäßige Kontrolluntersuchung durchgeführt werden. Empfehlenswert sind hierbei 2-3 Ergo-Spirometrien pro Jahr, natürlich je nach persönlicher Zielsetzung. Zum Vergleich: Im Profiradsport werden diese Ergometrien alle 8-12 Wochen durchgeführt. Die Bedeutung einer regelmäßigen Ergo-Spirometrie ist also nicht zu überschätzen!