Streit um des Kaisers Bart: Welche Laktatschwelle ist die beste?

Argument about the Emperors Eeard: Which Lactate Threshold is the best?

Der Begriff „Laktat" ist hierzulande eng mit der diagnostischen Anwendung im Sport verknüpft. Die Laktatkonzentration im kapillären Blut gilt dabei als repräsentativ für die aktuelle metabolische Beanspruchung. In Form von Laktatleistungskurven dient sie der Feststellung der Leistungsfähigkeit oder auch als Referenz für Trainingsempfehlungen. Je weiter sich so eine Laktatleistungskurve „nach rechts" verschiebt, desto höher ist die Ausdauerleistungsfähigkeit des untersuchten Probanden.

Die „Anaerobe Schwelle" ist nach unserem Verständnis ein Referenzpunkt für die Position der Laktatleistungskurve. Und wenn es auch aus heutiger Sicht wie ein Streit um des Kaisers Bart anmutet, zwischen 1975 und 1995 war die Diskussion um die beste Methode zur Festlegung dieser Schwelle zentraler wissenschaftlicher Schwerpunkt der internistischen Sportmedizin. Diese Grundsatzdiskussion scheint inzwischen zwar überwunden zu sein, allerdings nicht, indem es einer der Parteien gelungen wäre, die Überlegenheit ihres Konzepts nachzuweisen. Vielmehr scheint dieser Diskussion die Relevanz verloren gegangen zu sein.

So hat Laktatleistungsdiagnostik inzwischen weite Verbreitung gefunden. Wurde sie früher nur in wissenschaftlichen Zentren eingesetzt, so wird die Methode inzwischen von Hausärzten oder Trainern ebenso wie von privaten Instituten angeboten. Trainingssteuerung und Leistungsdiagnostik wird heute häufig privat und aus persönlichem Interesse finanziert. Die Frage nach Evidenz, Validität und Robustheit der Methode stellt sich also eigentlich dringender denn je. Allerdings hat sich der zentrale Aspekt inzwischen vom physiologisch-wissenschaftlichen Hintergrund eher hin zu einer direkteren Bewertung und Beschreibung des diagnostischen Verfahrens verschoben. Dies wird deutlich, wenn man sich die Geschichte der „Anaeroben Schwelle" im globalen Kontext betrachtet.

In der internationalen Literatur findet sich die Beschreibung einer „Anaerobic Threshold" erstmals bei Wasserman et al. (10). Von ihm wird die „Anaerobe Schwelle" als jene Leistung beschrieben, *„oberhalb derer die oxidative Energieproduktion von anaeroben Mechanismen unterstützt wird. Diese Belastungsintensität wird von einem Anstieg von Laktat und des Verhältnisses von Pyruvat/Laktat im Körper begleitet."*

Diese „Anaerobe Schwelle" findet sich also bereits bei jener Leistung, an der die Blutlaktatkonzentration überhaupt erstmals messbar zu steigen beginnt. Als tatsächliche „Schwelle" ist dieser Punkt aber auch aus der Atemgasanalyse sehr klar abgrenzbar: Die zusätzliche Produktion von nicht-metabolischem Kohlendioxid aus der Bicarbonatpufferung ist auch als „Ventilatorische Anaerobe Schwelle" geläufig (1,7,9). Wenn also in der angelsächsischen Standardliteratur (9) von „Anaerobic Threshold" oder „Lactate Threshold" die Rede ist, dann ist ganz grundsätzlich der genannte Wert gemeint.

Ursprünglich war das Konzept zur Bewertung der kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit von klinisch kranken Patienten entwickelt worden – die Patienten mussten potenziell nicht mehr bis an ihre Grenzen gefährdend ausbelastet werden. Der „deutsche" Beitrag ab etwa 1972 bestand dann vor allem darin, die Methode für Empfehlungen und zur Diagnostik im Leistungssport nutzbar zu machen (4). Gleichwohl musste man schnell feststellen, dass die Leistung an der „Anaeroben Schwelle" nach Wasserman'scher Definition weit unterhalb der tatsächlichen Dauerleistung selbst von Marathonläufern lag. Gleichzeitig lag die Motivation zur Entwicklung weiterer Schwellenkonzepte aber wohl auch darin, physiologische Gesetzmäßigkeiten der Limitierung von Ausdauerleistungen zu identifizieren.

Prof. Dr. Kai Röcker
Universitätsklinikum Freiburg
Abt. Rehabilitative und Präventive Sportmedizin

So wurde postuliert, dass das Gleichgewicht zwischen Laktatproduktion und Laktatabbau für diese Leistungslimitierung entscheidend sei. Als wissenschaftliche Definition findet sich jene Überlegung im maximalen Laktat-Steady-State (maxLASS) (3) wieder. Nach diesem Konzept gibt es jeweils eine eindeutige maximale Leistung, oberhalb derer Laktat im Blut akkumuliert, unterhalb derer Laktat jedoch in einem Gleichgewicht zwischen Produktion und Elimination verbleibt. Bereits früher war daher der Vorschlag erfolgt, als Referenz für dieses Gleichgewicht und die Ausdauerleistungsfähigkeit die jeweilige Leistung bei 4 mmol/l Blutlaktat zu verwenden (5). Allerdings führte der Umstand, dass auch für dieses Konzept der Begriff „Anaerobe Schwelle" verwendet wurde, zur Verwirrung der Begrifflichkeiten zwischen dem international eher gebräuchlichen Konzept von Wasserman und dem hierzulande eher geläufigen Prinzip von Mader et al..

So problematisch die Verwechselbarkeit mit dem Wasserman'schen Konzept ist, so unterstellt auch das Konzept von Mader et al. eine Schwellencharakteristik, jedoch in einem deutlich höheren Bereich der Laktatleistungskurve. Tatsächlich zeigt die Relation zwischen Leistung und maximal möglicher Belastungsdauer („power-duration curve") jedoch keine Schwelle, zumal keine, die man dem maxLASS zuordnen könnte. Auch die Leistung am maxLASS ist ja in ihrer Dauer limitiert – ebenso wie eine Leistung 5% oder 10% oberhalb oder 5% oder 10% unterhalb dieser Größe. Auch zeigt die Charakteristik der jeweiligen „Laktatantwort" einen fließenden Übergang mit steigender Leistung. Jede Leistung bewirkt ihr eigenes Plateau der resultierenden Blutlaktatkonzentration über die Zeit. Derselbe Läufer bestreitet einen Marathon in einem anderen Tempo als einen 10.000 m-Lauf, einen Halbmarathon oder einen 30 km-Lauf (Abb. 1). Auf jeder Laufstrecke wirken

38_Roecker Edi 081209.indd 303 12.12.2008 13:24:57 Uhr

die leistungslimitierenden Faktoren in unterschiedlicher Konstellation, ohne dass sich eine konkrete Relation zwischen Leistung und maxLASS aufdrängen würde. Zudem wird durchaus infrage gestellt, die Akkumulation von Laktat sei per se leistungslimitierend (2). Wenn jedoch die Akkumulation von Laktat nicht leistungslimitierend wäre, dann wäre auch die Relevanz des maxLASS für Leistungslimitierung und Leistungsdiagnostik kaum noch zu begründen.

Die Frage bleibt allerdings, ob der Ausgang einer Diskussion der beschriebenen physiologischen Mechanismen für den praktischen Einsatz der Laktatleistungsdiagnostik überhaupt von Bedeutung ist. Ein diagnostisches Verfahren muss ja in aller Regel an der Zielgröße kalibriert und evaluiert werden. Die Zielgröße der Laktatleistungsdiagnostik ist jedoch nicht das maxLASS oder irgendein sonstiges physiologisches Konzept. Die Zielgröße der Laktatleistungsdiagnostik ist die Ausdauerleistungsfähigkeit. Aus einer klassischen Laktatleistungskurve wäre also schlicht jener Referenzpunkt der entscheidende, der die Ausdauerleistungsfähigkeit am besten repräsentiert und nicht primär ein physiologisches Konzept. Für die Messung der Körpergröße müssen nicht alle Funktionen der Entwicklungsbiologie verstanden werden. Man verwendet einfach ein Metermaß.

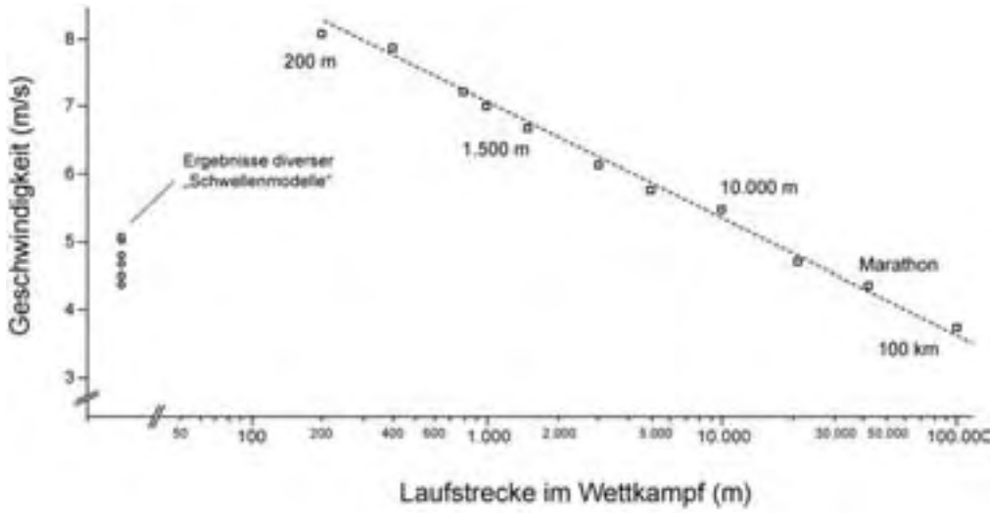

Abbildung 1: Die Abbildung zeigt die jeweils besten Wettkampfergebnisse eines Läufers (m., 36 J., 71 kg) auf diversen Laufstrecken in der Leichtathletik (offene Kästchen). Links sind aus Vergleichsgründen die Ergebnisse verschiedener Methoden zur Berechnung von „Laktatschwellen" aus einer Laufbandergometrie des Läufers dargestellt (offene Kreissymbole). Die Beziehung zwischen Leistung (m/s) und Laufstrecke (m) fällt stetig und ohne erkennbare Assymptote oder „Ausdauerschwelle" ab ($r^2=0.994$, $p<0.001$, x-Achse logarithmisch). Jedem Belastungsumfang ist somit eine eigene maximale Leistung und Konstellation der leistungslimitierenden Faktoren zuzuordnen. Ob eine jeweilige leistungsdiagnostische Methode Aussagen über die tatsächliche Ausdauerleistungsfähigkeit ermöglicht, muss daher empirisch geprüft werden – die vorliegende Relation enthält keinen naheliegenden Bezug zum Laktat als leistungslimitierenden Faktor.

Es gibt im Sport nur wenige Systeme, in denen die spezifische Ausdauerleistungsfähigkeit als Goldstandard und Bewertungsmaßstab für Ergometrien nutzbar ist. Ein ideal standardisiertes Vergleichssystem für spezifische Ausdauerleistungfähigkeit steht jedoch durch das Wettkampfsystem der Leichtathletik zur Verfügung. So ist naturgemäß derjenige Laufbandtest am sinnvollsten, der die tatsächlichen Leistungen in den Langstreckenläufen am besten prognostiziert (6, 8). Mit einem derart kalibrierten Messsystem lässt sich dann auch die Leistungsfähigkeit anderer Probanden bewerten. Aus den genannten Gründen empfinde ich hierbei allerdings die Verwendung des Begriffs „Anaerobe Schwelle" als unglücklich – gleichwohl sich diese Bezeichnung bedauerlicherweise in unserem Sprachgebrauch festgesetzt hat und andererseits auch eine schlüssige, sprachliche Alternative zum Begriff nicht in Sicht ist.

Ob wir in der Entwicklung der Laktatmessung als diagnostische Methode vorankommen, hängt sicher auch von vielerlei persönlichen Erfahrungen und Bewertungen ab. Wenn ich mir aber dennoch etwas wünsche dürfte, dann wäre dies eine deutlichere Unterscheidung zwischen der physiologischen Basis der Methode auf der einen und ihrer Bewertung als Diagnostikum auf der anderen Seite. Wünschenswert wäre auch eine bessere Standardisierung der Begrifflichkeiten, idealerweise unter Beibehaltung der schlüssigen und weltweit besser etablierten Terminologie von Wasserman. Nur auf dieser Basis könnten wir einem weiteren Ziel näher kommen, der Etablierung allgemein akzeptierter Vergleichswerte. Vielleicht ist aber nun auch klar, warum der Streit um des Kaisers Bart inzwischen eigentlich hinfällig wurde: Möglicherweise gibt es nämlich gar keinen Kaiser ...

Kai Röcker, Freiburg

1. **Beaver W, Wasserman K:** Muscle pH and lactate accumulation from analysis of the VCO2-VO2 relationship during exercise. Clin J Sport Med 1 (1991) 27-34.
2. **Cairns SP:** Lactic acid and exercise performance: culprit or friend? Sports Med 36 (2006) 279-291.
3. **Heck H, Mader A, Hess G, Mucke S, Muller R, Hollmann W:** Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. Int J Sports Med 6 (1985) 117-130.
4. **Hollmann W, Liesen H.** Über die Bewertbarkeit des Laktats in der spiroergometrischen Leistungsdiagnostik. Sportarzt u Sportmed 8 (1973) 175.
5. **Mader A, Liesen H, Heck H, Phillipi H, Rost R, Schürch P, Hollmann W:** Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. Sportarzt Sportmed 27 (1976) 80-88, 109-112.
6. **Roecker K, Niess AM, Horstmann T, Striegel H, Mayer F, Dickhuth HH:** Heart rate prescriptions from performance and anthropometrical characteristics. Med Sci Sports Exerc 34 (2002) 881-887.
7. **Roecker K, Niess AM, Mayer F, Striegel H, Dickhuth HH:** Increase characteristics of the cumulated excess-CO2 and the lactate concentration during exercise. Int J Sports Med 21 (2000) 419-423.
8. **Roecker K, Schotte O, Niess AM, Horstmann T, Dickhuth HH:** Predicting competition performance in long-distance running by means of a treadmill test. Med Sci Sports Exerc 30 (1998) 1552-1557.
9. **Wasserman K, Hansen JE, Sue DJ, Stringer WW, Whipp BJ:** Principles of Exercise Testing and Interpretation: Including Pathophysiology and Clinical Applications. Fourth Edition ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 568, 2004.
10. **Wasserman K, Whipp BJ, Koyl SN, Beaver WL.** Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. J Appl Physiol 35 (1973) 236-243.

38_Roecker Edi 081209.indd 304 12.12.2008 13:24:58 Uhr