

Inhaltsverzeichnis:

Einleitung S. 3

Beispiel einer Laktatleistungskurve ohne Schwellenbereiche S. 4

Die Schwelle nach Mader S. 6

Die Schwelle nach Keul S. 7

Vergleich Mader - Keul S. 9

Die Schwelle nach Conconi S. 10

Der „Laktat-Sauerstoff-Quotient“ nach Berg S. 13

„Anaerobic Threshold“ nach Wassermann S. 14

Konsequenzen für die Trainingssteuerung S. 16

Diskussion S. 17

Literatur S. 18

Einleitung:

Die Leistungsdiagnostik spielt in der Sportmedizin schon seit vielen Jahren eine große Rolle. Untersuchungsgegenstand sind hier nicht nur pathologisch auffällige Patienten, sondern zumeist auch Hochleistungssport treibende Athleten. Verschiedene deutsche Bundeskader, zum Beispiel aus den Bereichen Skisport und Radsport werden 2-3 mal im Jahr in der sportmedizinischen Abteilung der Universitätsklinik Freiburg untersucht. Seit Jahren und Jahrzehnten wird versucht mit verschiedenen theoretischen Ansätzen Ausdauerleistungsgrenzen festzulegen, die den unterschiedlichen Intensitätsformen, die während einer körperlichen Belastung auftreten, gerecht werden.

Diese mehr oder weniger aussagekräftigen Konzepte werden benutzt, um die zukünftige Trainingsgestaltung der Sportler zu determinieren und ihnen Hinweise über die zu erreichenden Trainingsintensitäten zu geben.

Nicht nur Herzfrequenz, sondern auch Laktatwerte und Laufgeschwindigkeiten dienen hier als Referenzen eines „optimal“ gesteuerten Trainingsprozesses.

Im folgenden möchte ich auf einige Schwellenkonzepte und deren Wirkungsweisen eingehen, um einen groben Überblick über die Vielfalt der Herangehensweisen und Theorien zu geben.

Im ersten Teil betrachte ich eine Untersuchungsmethode zur Bestimmung der Ausdauerleistungsgrenze unter dem Gesichtspunkt der Laktatproduktion. Danach folgt ein Konzept, das sich mit dem Verhalten der Herzfrequenz unter körperlicher Belastung beschäftigt. Anschließend daran folgt eine Theorie, die Laktat und Sauerstoffaufnahme in Beziehung setzt und abschließend ein Ansatz zur Schwellenbestimmung der sich rein auf die Ventilation bezieht.

Die Fragestellung dieser Arbeit ist:

1. Was geschieht mit dem erhobenen Datenmaterial ?
2. Nach welchen Kriterien wird es interpretiert ?
3. Welche Konsequenzen haben die Ergebnisse der Datenauswertung ?

Im folgenden versuche ich nun dieser Problematik auf den Grund zu gehen.

Vorkenntnisse:

In vorangegangenen Referaten wurde bereits auf die Energiebereitstellung in den verschiedenen Intensitätsbereichen eingegangen. Deshalb werden Begriffe wie aerobe und anaerobe Glycolyse, anaerob alaktazid und anaerob laktazid und die Prozesse die dabei ablaufen, als bekannt vorausgesetzt.

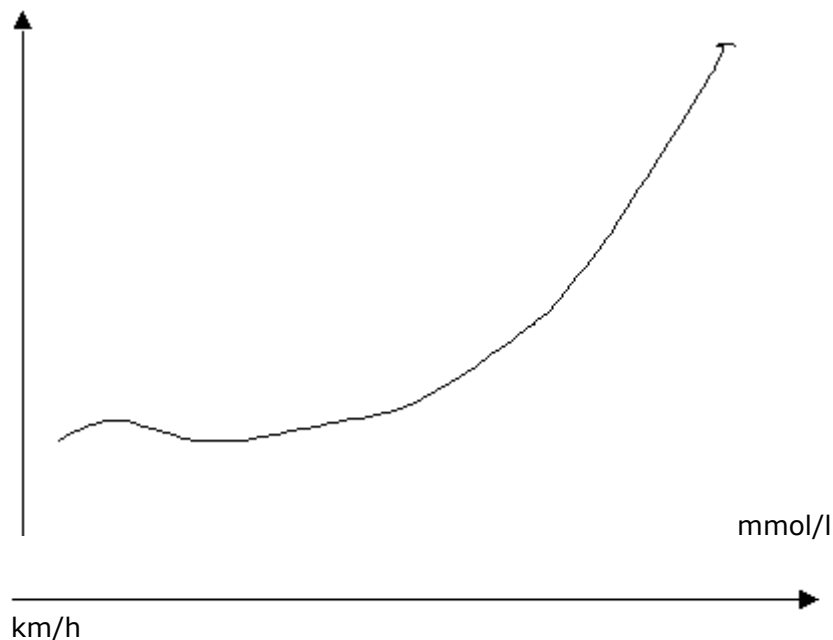
Des weiteren wird hier nicht auf den Versuchsaufbau und dessen Durchführung eingegangen, sondern nur auf die erhobenen Daten und deren Interpretation.

Darstellung der erhobene Daten:

Die erhobenen Daten - Laktatwerte, Geschwindigkeit, Herzfrequenz und Sauerstoffaufnahme - werden graphisch in einem Koordinatensystem abgetragen. Daraus ergeben sich dann Funktion 2. oder 3. Grades der o.g. Bestimmungsfaktoren.

Beispiel einer Laktatleistungskurve ohne Schwellenbereiche:

Als erstes und sehr vereinfachtes Beispiel möchte ich eine Laktatleistungskurve vorstellen, die noch in keine vorgegebenen Bereiche eingeteilt ist. Wir sehen hier die erhobenen Daten einfach nur abgetragen in ein Koordinatensystem aus Geschwindigkeit auf der x-Achse und Laktatkonzentrationen auf der y-Achse.



Während der Zunahme der körperlichen Arbeit in Form eines Anstiegs der Geschwindigkeit, steigt offensichtlich auch das Laktat an. Es handelt sich hierbei um ein dynamisches Verhalten der Laktatkurve. Mit bloßem Auge kann man erkennen, dass die Laktatkurve von einem „initial horizontalen Niveau ansteigt“. Es muss also irgendwo in diesem Bereich zu einer Veränderung kommen, die sich auf die Produktion des Laktats auswirkt, bzw. es muss eine vermehrte Laktatproduktion eintreten.

Dieser Übergangsbereich oder „kritische Wert“ wurde in empirischen Arbeiten genauer unter die Lupe genommen und man fand heraus, dass es um die 4mmol/l bei den meisten Probanden im Mittel zu einer Auffälligkeit und sich ein gewisser Übergangsbereich herauskristallisierte.

Die Frage bleibt aber dennoch offen: Was mache ich denn nun eigentlich mit den Werten?

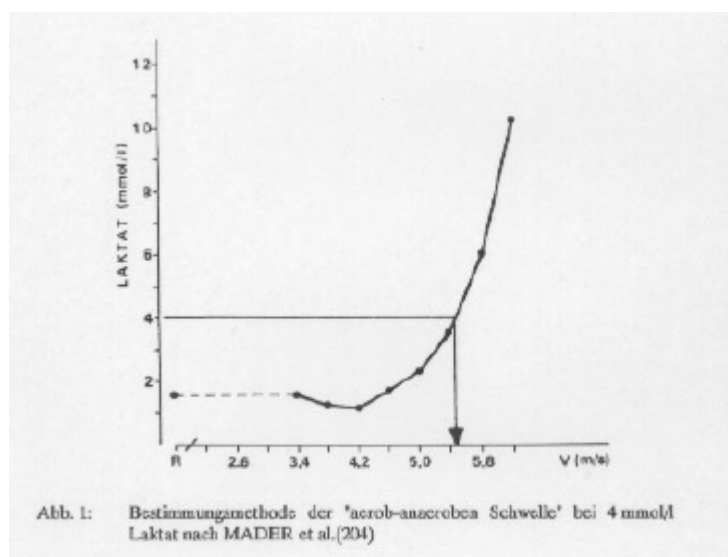
Ziel der ganzen Diagnostik ist es Ausdauerleistungsgrenzen zu ermitteln, die etwas über den Trainingszustand des untersuchten Athleten aussagen und zu welchem Zeitpunkt er sich in welcher Form des Energiegewinnungsprozesses befindet.

Ein wesentliches Problem stellt offensichtlich die Festlegung gewisser Ausdauer Grenzen dar. Das heißt zu welchem Zeitpunkt befinde ich mich noch im Bereich der oxidativen Energiegewinnung und wann schon in dem der anoxidalen Energiegewinnung. Das Hauptproblem stellt für uns genau dieser Übergangsbereich dar. Wo liegt die Grenze zwischen reiner Energiegewinnung durch Abbau von Glucose ohne anfallendes Laktat und wann wird Laktat in übermäßigem Maß gebildet.

Grundsätzlich kann man sagen, dass dieser Bereich fließend ist und man nicht 100%ig bestimmen kann, dass dies an einem genau definierten Punkt geschieht.

Vielmehr geht Mader davon aus, dass es einen Bereich gibt, an dem Laktatproduktion und Laktatelimination in einem Gleichgewicht stehen. Und das ganze auf einem maximal hohen Niveau stattfindet. In einem Bereich, bei dem das Laktat über einen längeren Zeitraum (ca. 1h) auf einem konstanten Level bleibt. Wird dieser Level auch nur geringfügig überschritten steigt das Laktat bei gleichbleibender Belastung trotzdem weiter an. Dies nennt er das „maximale Laktat-steady-state“.

Die Schwelle nach Mader:



In Folge zahlreicher empirischer Untersuchungen stellte Mader fest, dass es im Bereich von 4 mmol/l zu einer entscheidenden Veränderung im Kurvenverhalten der Funktion kommt.

Er definierte dies als „den Übergangsbereich von rein aerober zu partiell anaerober Laktat gedeckter Energiestoffwechselleistung der Arbeitsmuskulatur.“

Durch lineare Interpolation wird die Laufgeschwindigkeit bei 4 mmol/l rechnerisch ermittelt.

Es kann aber auch einfach zeichnerisch das Lot im Schnittpunkt der Kurve bei 4 mmol/l auf die x-Achse gefällt werden.

Dieser Bereich um 4 mmol/l wird auch als maximales Laktat-steady-state bezeichnet. Es handelt sich um diejenige Belastungsintensität, bei der Laktatproduktion und Laktatelimination auf einem maximal konstant hohen Niveau bleiben. Mit anderen Worten, die Laktatakkumulation nimmt auf einem maximalen Level weder zu noch ab. Jede Belastungszunahme führt zu einem kontinuierlichen Anstieg der Kurve.

Da aber jeder Mensch „unglücklicherweise“ (im Sinne einer wissenschaftlichen Generalisierbarkeit von Ergebnissen) verschieden ist und individuelle Merkmale besitzt, wurde diese Schwelle sehr schnell als nur unzureichend für eine korrekte Diagnostik entlarvt.

Es musste also ein neues Konzept erarbeitet werden, um den „genetischen und trainingsbedingten Voraussetzungen jedes einzelnen Athleten Rechnung zu tragen.“

Dieses Konzept wurde dann auch just hier in Freiburg entwickelt.

Prof. Dr. J. Keul und einige Mitarbeiter machten es sich zur Aufgabe dieses Missverhältnis

aufzuheben und modifizierten das Schwellenkonzept von Mader um ein entscheidendes Merkmal - die Individualität.

Keul führte die sogenannte **individuelle anaerobe Schwelle** ein.

Wie der Name schon sagt, versucht er damit auf die individuelle Disposition des untersuchten Sportlers einzugehen. Deshalb wich er ab von dem fixen 4mmol/l Wert als Übergang von rein aerober zu partiell anaerober Energiegewinnung. Ihm sollte als Zeichen der vermehrten Laktatproduktion der Tangentenanstieg an einem bestimmten Punkt bzw. bei einer bestimmten Steigung dienen.

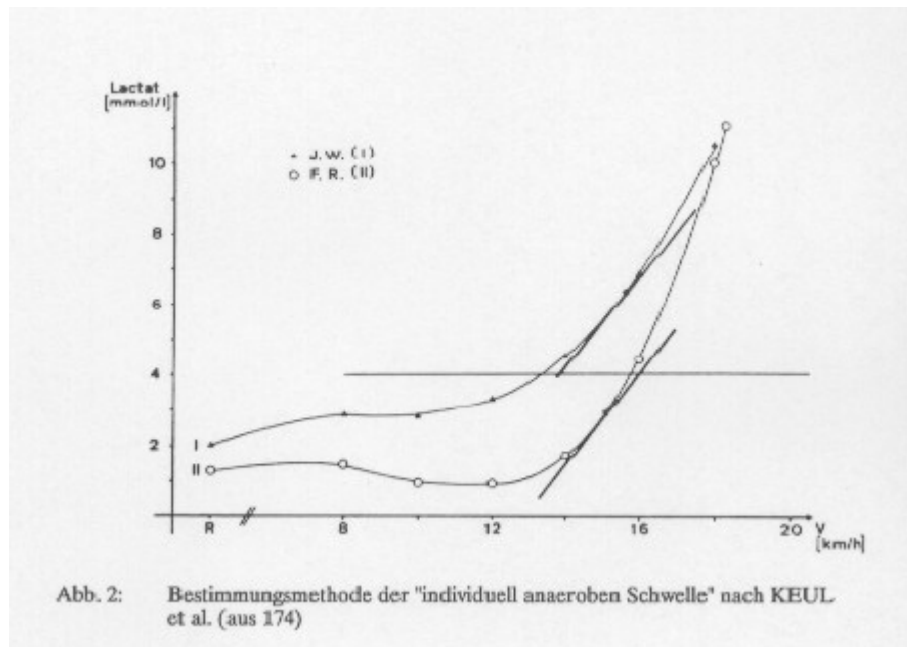
Die Schwelle nach Keul:

Keul definierte 1979 die „individuelle anaerobe Schwelle“.

Wie der Name schon sagt, geht dieses Schwellenkonzept individuell auf die Ermittlung der anaeroben Kapazität ein.

Die iasS liegt nach seiner Theorie bei dem Wert, an dem die Laktatkurve einen Tangentenanstieg von 1.26 (mmol/l) / (km/h) aufweist. (Modifikation der Geschwindigkeitseinheit!!).

Dies entspricht einem Steigungswinkel der Tangente an der Laktatleistungskurve von 51.34°.



Keul untersuchte 20 gut trainierte Skilangläufer in 3 Untersuchungsintervallen. Zu Beginn des Sommertrainings (Juni), zu Beginn der Wettkampfsaison im Winter (November) und nach Abschluß der Wettkampfsaison (April).

Das Studiendesign war wie folgt:

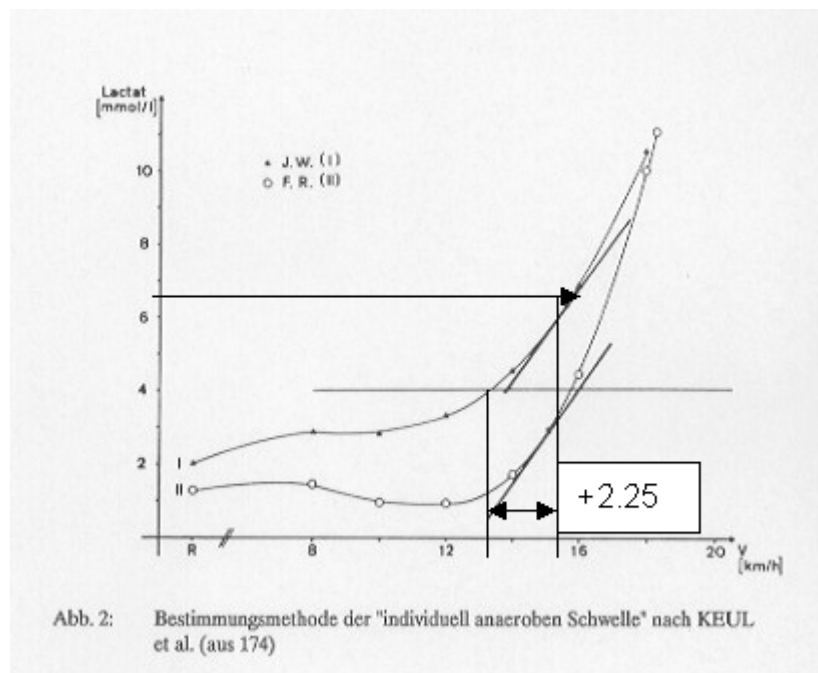
Die Belastung erfolgte auf einem Laufband bei 5% Steigung, beginnend mit einer Laufgeschwindigkeit von 8 km/h, die jeweils nach 3 Minuten um 2 km/h bis zur subjektiven Erschöpfung (d.h. Testabbruch nach eigenem Ermessen der Probanden bei subjektiver maximaler Ausbelastung) gesteigert wurde. Die Laktatbestimmung erfolgte im Kapillarblut des (...) Ohrläppchens in Ruhe, während einer 20-30 Sekunden dauernden Unterbrechung nach jeder Belastungsstufe sowie in der 3. Minute nach Belastungsende. Die Herzfrequenz wurde aus dem EKG am Ende jeder Belastungsminute bestimmt. Herzfrequenz und Laufleistung wurden bei einem Laktatspiegel von 4mmol/l ermittelt. Aus den 3 Laufbandbelastungen der 20 Skilangläufer ergaben sich insgesamt 60 Laktatkurven. Für jede Einzelkurve wurde ihre mathematische Funktion als Polynom 3. Grades der allgemeinen Formel $y = ax^3 + bx^2 + cx + d$ berechnet, wobei x der

Laufgeschwindigkeit, y der Laktatkonzentration entspricht. Die Steigung der Mittelwertskurve aller Einzelfunktionen wurde bei der Laktatkonzentration von 4mmol/l berechnet.

Ergebnisse:

Nach Eliminierung der Werte, die außerhalb der doppelten Standardabweichung lagen, ergab sich eine Steigung der Mittelwertskurven bei einem Laktatspiegel von 4mmol/l von $\alpha = 51^\circ 34'$. Aus diesem Ergebnis ergaben sich nun signifikante Unterschiede zu den Schwellenergebnissen von Mader.

Vergleich Mader-Keul:



Wie aus der Grafik ersichtlich wird, werden hier die arteriellen Laktatspiegel von 2 Skilangläufern bei etwa gleichem Leistungsstand und während ansteigender Laufbandergometerbelastung gegenübergestellt.

Es können hier eindeutige Unterschiede der Leistung und der Laktatkonzentrationen durch Festlegung der anaeroben Schwelle bei 4mmol/l Laktat und bei einer Kurvensteigung von $51^\circ 34'$ festgestellt werden.

Bei einer Laktatkonzentration von 4mmol/l liegt in Fall (I) die Laufgeschwindigkeit bei 13.4 km/h (entsprechend einer Herzfrequenz von 169/min), die Steigung der Laktatkurve beträgt in diesem Punkt 30° .

„Wird eine konstante Kurvensteigung von $51^\circ 34'$ zugrunde gelegt, so liegt die Dauerlaufleistung des Probanden I um 2.25 km/h höher bei 15.65 km/h entsprechen einer Herzfrequenz von 180/min, der Laktatspiegel an diesem kritischen Kurvenpunkt beträgt 6.3 mmol/l.“

Dies nur als kurze Anregung für die unterschiedlichen Ergebnisse, die sich durch diese beiden Schwellenkonzepte ergeben.

Bezugspunkt dieser Konzepte war hier vorrangig das Laktat und dessen Dynamik im

Belastungsverlauf. Es gibt aber noch weitere Modelle, die sich auf andere Faktoren der Leistungsdiagnostik beziehen.

Die Schwelle nach Conconi:

...oder ein Verfahren zur unblutigen Bestimmung der anaeroben Schwelle.

Der Schwellenparameter von dem Conconi et al. ausgehen ist die Herzfrequenz. Sie bestimmen die „anaerobic threshold“ (anaerobe Schwelle nach Conconi) anhand einer sogenannten Herzfrequenz- Geschwindigkeitskurve. Die Herzfrequenzkurve weist im Bereich von 120-170 Schlägen/min einen gewissen linearen Anstieg auf. Es wird in diesem Verlauf eine Gerade angelegt, von der die Herzfrequenz-Geschwindigkeits Kurve ab einem bestimmten Punkt abzuweichen beginnt. Dieser Punkt, an dem die Kurve von dieser Linearität abweicht wird „deflection velocity“ (Vd) genannt und ist die herzfrequenzabhängige „anaerobic threshold“.

Abbildung der Schwelle:

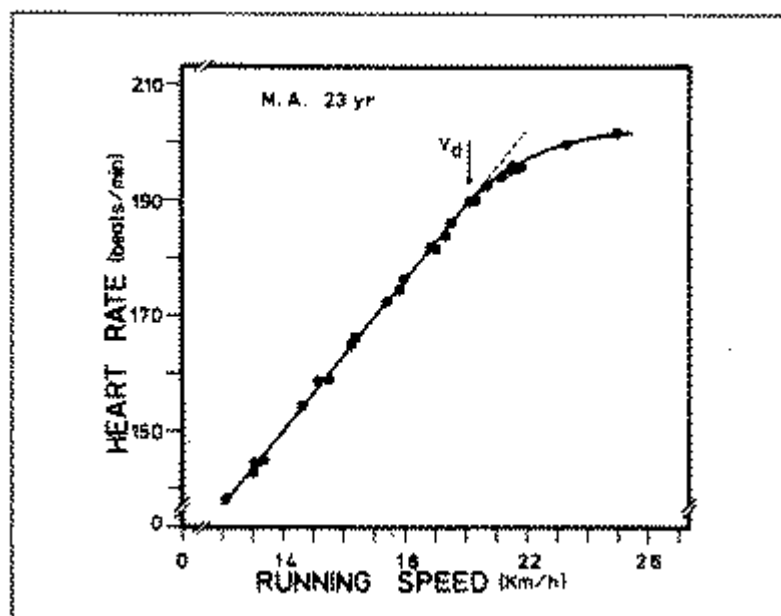


Abb. 3: Beziehung zwischen Laufgeschwindigkeit und Herzfrequenz bei einem Langstreckenläufer (aus Conconi et al. (12)).

Um dieses Verfahren mit Erfahrungswerten aus den Bestimmungsmethoden der anaeroben Schwelle aus Laktatuntersuchungen abzugleichen und eine Beziehung herzustellen, wurde der Abknickpunkt der Herzfrequenzleistungskurve mit einer laktatbestimmten Schwelle verglichen. Und in der Tat wurde eine sehr hohe Korrelation ($r = 0.99$) festgestellt. D.h. dass die beiden Konzepte trotz unterschiedlicher Methodologie dasselbe Ergebnis liefern.

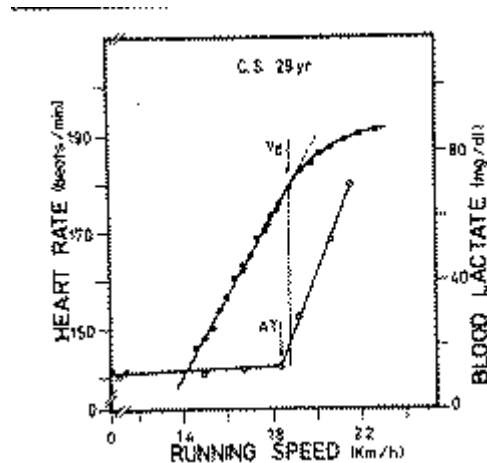


Abb. 4: Herzfrequenz-Laufgeschwindigkeitskurve und Laktatwerte bei verschiedenen Geschwindigkeiten (aus Conconi et al. (12)).

Natürlich hat auch diese Methode ihre Macken.

So konnte in verschiedenen darauffolgenden Untersuchungen nur zu einem bedingten Maß der Abknickpunkt in der Herzfrequenz-Geschwindigkeits Kurve festgestellt werden.

„In Untersuchungen von Huber et al. fehlte er beispielsweise in 10% und von Uhrhauen et al. in 32% der Messungen.“

Dies hängt ab von unterschiedlichen Typen der Herzfrequenzleistungskurven und folglich des Verlaufs des Herzfrequenzanstieges.

Es konnten 3 unterschiedliche Typen belegt werden.

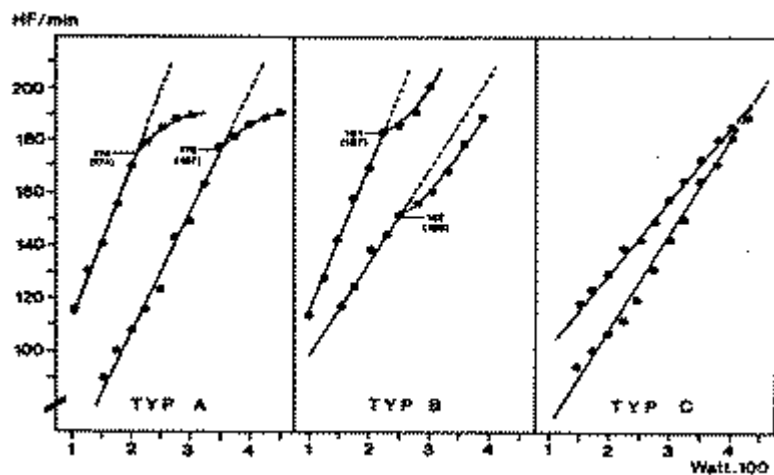


Abb. 5: Verlaufsformen des Herzfrequenzanstieges unter Ergometerbelastung: Typ A, Typ B, Typ C. Die Zahlen bedeuten die jeweilige Herzfrequenz an der aeroben Schwelle, die Angaben in Klammern beziehen sich auf die entsprechenden Pulswerte anhand der Laktatmethode (aus Aigner und Muss (1)).

Offenbar scheint sich nur Typ A wirklich für die Conconi-Methode zu eignen, da der Kurvenverlauf sich hier so verhält, wie es zu einer optimalen Bestimmung des Abknickpunktes notwendig ist.

„Es muss also bei einem Teil der Herzfrequenzleistungskurven mit einer Unbestimmbarkeit der Conconi-Schwelle gerechnet werden. Eine physiologische Ursachenerklärung gibt es bisher nicht.“

Bisher wurde Verfahren zur Ermittlung der anaeroben Schwelle (bzw. einer best. Dauerleistungsgrenze) unter Berücksichtigung von Laktat und Herzfrequenz näher betrachtet.

Es gibt aber auch Methoden, die der Sauerstoffaufnahme eine große Bedeutung zuweisen.

Der „Laktat-Sauerstoff-Quotient“ nach Berg:

„Der Laktat-Sauerstoff-Quotient ist der Quotient aus Laktat, dividiert durch die korrespondierende körperlsgewichtsbezogene Sauerstoff-Aufnahme. Die Laktat-Sauerstoff-Quotient-Kurve zeigt annähernd die Funktion eines Polynoms 2.Ordnung. Berg et al. sehen im Funktionsminimum den „Punkt der optimalen Arbeitsökonomie.“ (Minimum des Quotienten: $\text{La}/\text{rel. VO}_2$).

Die rechte Kurve muss so interpretierte werden, dass in ihrem Minimum ein optimales Verhältnis von Laktatbildung und Sauerstoffaufnahme besteht.

Das heißt zu Beginn der Kurve links ist die Laktatproduktion auf einem relativ konstanten Niveau. Im Verlauf der Belastungssteigerung bleibt das Niveau der Laktatproduktion weiterhin konstant, die Sauerstoffaufnahme nimmt jedoch zu. Daraus folgt, dass die Sauerstoffaufnahme pro Kg Körpergewicht (im Nenner) größer wird, der Laktatwert (im Zähler) konstant bleibt und somit der Gesamtquotient kleiner wird.

Folglich haben wir im Minimum der Kurve eine optimales Verhältnis von Laktatproduktion und Sauerstoffaufnahme.

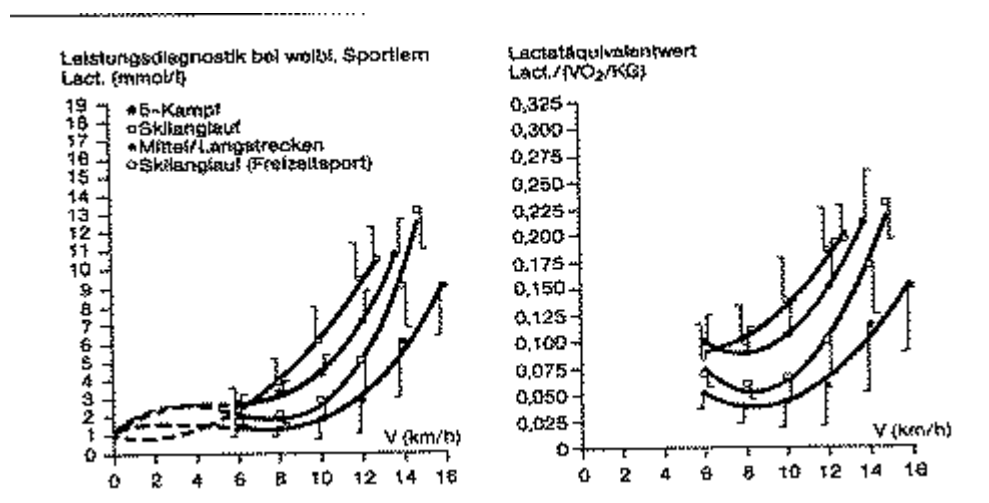


Abb.6: Beziehung zwischen Blutlaktatkonzentration (mmol/l) sowie dem Laktatäquivalentwert und der korrespondierenden Laufbandleistung (km/h) bei weiblichen Sportlern unterschiedlicher aerober Ausdauerleistungsfähigkeit (Maximaltest, dreiminütige Belastungsstufen, 5% Steigerung) (aus Berg et al. (5)).

Da die Ausdauerleistungsfähigkeit stark an die Menge des aufgenommenen Sauerstoffes gebunden ist, der pro Zeiteinheit der Arbeitsmuskulatur über Lunge, Herz und Kreislaufsystem zur Verfügung steht, hat genau diese unter körperlicher Arbeit maximal mögliche Sauerstoffaufnahme in der Leistungsdiagnostik (spez. Spiroergometrie) eine sehr große Bedeutung erlangt.

Und da es auch möglich wurde nicht nur die Menge des aufgenommenen Sauerstoffes zu messen, sondern auch die des abgegebenen Kohlendioxids, wurden Messverfahren entwickelt, die genau diesem Zusammenwirken der beiden Atemgase Rechnung tragen.

„Anaerobic Threshold“ nach Wassermann (1964):

Die „anaerobic threshold“ (anaerobe Schwelle) wurde hier mittels spiroergometrischer Parameter ermittelt.

Entscheidende Einflußfaktoren waren hierbei die Sauerstoffaufnahme, das Atemminutenvolumen, die Kohlendioxidabgabe und der respiratorische Quotient.

„Der respiratorische Quotient (RQ) ist der Quotient aus Kohlendioxidabgabe und Sauerstoffaufnahme: $RQ = VCO_2/VO_2$. (dimensionslos!!).

Er gibt an, wie viel Kohlendioxid pro Liter/min aufgenommenen Sauerstoffs abgeatmet wurde.“ In Ruhe liegt der RQ bei 0.85. Im Bereich der anaeroben Schwelle steigt er auf einen Wert von ca. 1 an, was darauf schließen lässt, dass jetzt hauptsächlich Kohlenhydrate verstoffwechselt werden.

Auch Hollmann versuchte schon 5 Jahre zuvor eine Dauerleistungsgrenze mittels Ventilation zu bestimmen. Er sprach vom „Punkt des optimalen Wirkungsgrades der Atmung“ (PoW).

Dieser Punkt zur Ermittlung der O₂-Dauerleistungsgrenze ist „identisch mit der Belastungsgröße, die für 1 l/min aufgenommenen Sauerstoff das geringste Atemminutenvolumen benötigt.“

„Gleichzeitig durchgeführte Laktat- und ph-Messungen zeigten, dass der Beginn des kurvenförmigen Anstieges des Atemminutenvolumens mit dem Beginn der Erhöhung des Milchsäurespiegels und dem umgekehrt proportionalen Absinken des ph-Wertes zusammenfällt.

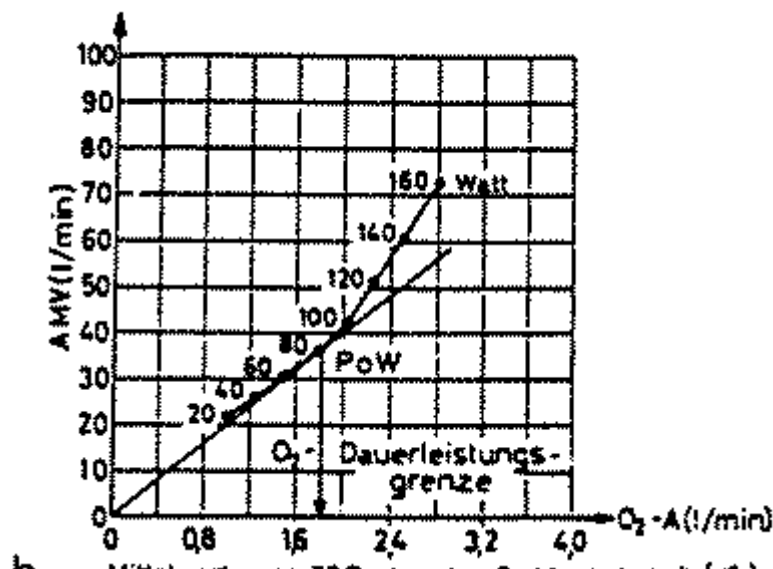


Abb.7: Bestimmung des PoW (aus Hollmann (34))
Punkt des optimalen Wirkungsgrades der Atmung (PoW) sowie O₂-Dauerleistungsgrenze als Durchschnittswert von 20 Sportstudenten.

Hollmann und Wassermann et al. setzen die „anaerobic threshold“ gleich mit dem Übergang vom linearen zum nichtlinearen Anstieg des Atemminutenvolumens. Des weiteren mit dem Übergang vom linearen zum nichtlinearen Anstieg der Kohlendioxidabgabe, einem daraus resultierenden Anstieg des respiratorischen Quotienten und nicht zuletzt einem Anstieg der endexpiratorischen O₂-Konzentration ohne entsprechenden Abfall des endexpiratorischen pCO₂.

„Als empfindlichstes Kriterium zur Bestimmung der „anaerobic threshold“ sahen Wassermann et al. (78) das in Relation zur O₂-Aufnahme überproportional ansteigende Atemminutenvolumen.“

Dies war nun eine kurze Übersicht über die gängigen Schwellenkonzepte die sämtliche metabolische Bereiche betreffen.

Was können wir jetzt aber mit den Ergebnissen anstellen, außer den „Status Quo“ des Leistungszustandes der untersuchten Testperson festzustellen?

Konsequenzen für die Trainingssteuerung:

Ein weiterer Hauptaspekt dieser Art und auch aller anderen Arten der Leistungsdiagnostik ist es, Trainingsempfehlungen basierend auf den gewonnenen Erfahrungen zu geben. So können kritische Herzfrequenzen, Laktatwerte aber auch Laufgeschwindigkeiten das zukünftige Trainingsregime bedeutend beeinflussen und zu einem größeren Erfolg in der Trainingssteuerung führen.

Ich kann mir je nach Saisonabschnitt und Trainingszustand meine Trainingsziele selbst und kontrolliert stecken. Lege ich Wert auf die Entwicklung meiner aeroben Leistungsfähigkeit, so trainiere ich im Bereich von der 2mmol-4mmol Schwelle, möchte ich meine anaerobe Ausdauer steigern, so muss ich über die 4mmol-Schwelle mit meiner Belastung hinausgehen.

Ich passe also je nach Bedarf meine Trainingsintensität an das jeweilige Trainingsziel an. „Eine Erhöhung der Schwelle ist verbunden mit einer Rechtsverschiebung der Laktatleistungskurve und bedeutet in der Regel eine Verbesserung der laktatfreien Ausdauer.

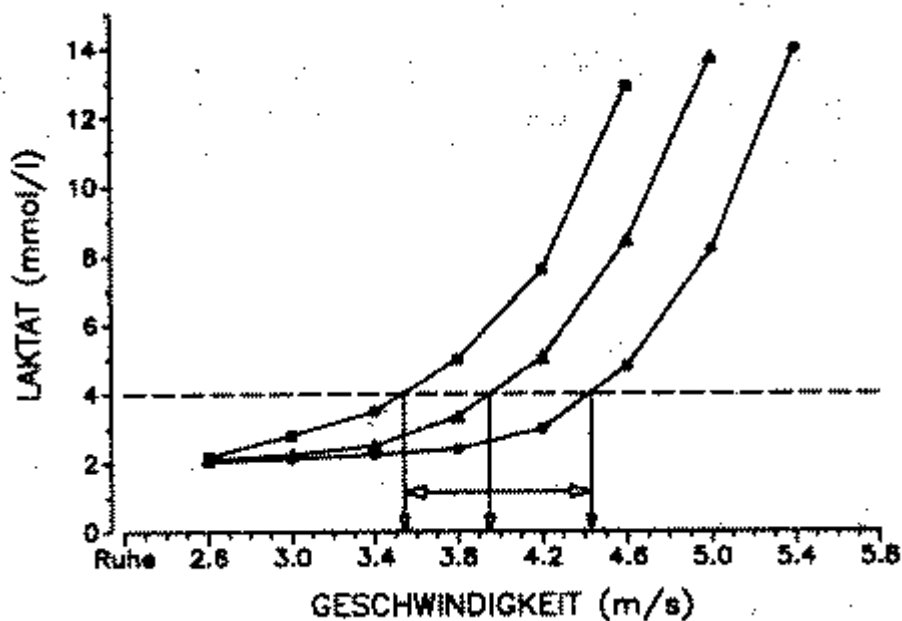


Abb.8: Rechts - bzw. Linkverschiebung der Laktatleistungskurve mit Erhöhung bzw. Erniedrigung der Schwelle.

Diskussion:

Nachdem nun verschiedene Schwellenkonzepte mit unterschiedlichen metabolischen Schwerpunkten gezeigt wurden, wird klar, dass es nur bedingt möglich ist, eindeutige Aussagen über eben diese Schwellen machen zu können.

Interpersonelle Differenzen in der genetischen Konstitution der untersuchten Personen aber auch Abhängigkeit von äußeren Einflussfaktoren machen es beinahe unmöglich, ein Konzept als das Allgemeingültige anzusehen. Vielmehr bleibt nur die Möglichkeit durch die Kombination der unterschiedlichen Konzepte die kritischen Bereiche einzugrenzen und somit mehr oder weniger gute Aussagen über den vorliegenden Leistungszustand machen zu können.

Es wird aber auch das wissenschaftliche Dilemma deutlich, überhaupt das messen zu können, was man eigentlich will. So tritt die Validität der einzelnen Untersuchungsformen auch sehr stark in den Vordergrund. Um sich hier abzusichern, bleibt oft nur die Möglichkeit, Korrelationen mit schon anerkanntem Untersuchungsmethoden anzustellen. Dies wurde auch zu einem großen Teil gemacht, was auch zu einer Vergleichbarkeit der Konzepte untereinander geführt hat.

Schwellenkonzepte und deren Anwendung in der Trainingspraxis sind dennoch zu einem unverzichtbaren Steuermittel im Trainingsregime geworden.

Literatur:

Heck, H.: Energiestoffwechsel und medizinische Leistungsdiagnostik. Hofmann, 1990.

Heck, H.: Laktat in der Leistungsdiagnostik. Schorndorf, 1990.

Hollmann, W. Hettinger, T.: Sportmedizin, Arbeits- und Trainingsgrundlagen, Stuttgart 2000.

Keul, J.: Bestimmung der individuellen anaeroben Schwelle zur Leistungsbewertung und Trainingsgestaltung, in: Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, Heft 7, Köln 1979.

Mader, A.: Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor, in: Sportarzt und Sportmedizin, Band 1, Köln 1976.

Röcker/Schotte/Niess/Dickhut: Laufbandtestdaten und Wettkampfprognosen für den Langstreckenlauf, in: Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, Heft 9, Köln 1997.

Röthig, P.: Sportwissenschaftliches Lexikon, Schorndorf 1972.

Weineck, J.: Optimales Training, Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings, Balingen 1997.