

Der Conconi-Test für die Trainingssteuerung beim Rudern

Rudern ist eine Kraft-Ausdauer-Sportart. Die Leistung in einem Rennen über die 2000 m-Strecke wird zu etwa 70 bis 80 % im aeroben Bereich erbracht. Um die aerobe Leistungsfähigkeit gezielt zu trainieren und zu verbessern, muss die Trainingsbelastung in irgend einer Form so gesteuert werden, dass sich das Herz-Kreislauf-System und die Muskulatur mit den entsprechenden Stoffwechselprozessen möglichst gut entwickeln und an die geforderte Leistung anpassen. Dabei müssen Unterforderung und Überforderung vermieden werden, um einen optimalen Trainingseffekt zu erzielen.

Die physiologische Reaktion auf die Trainingsbelastung lässt sich an verschiedenen Parametern beobachten. So werden z.B. in Abhängigkeit von der körperlichen Belastung Herzfrequenz, Atemvolumen, Sauerstoffaufnahme und CO₂-Abgabe oder Laktat gemessen. Im Verlauf dieser Parameter gibt es bei bestimmten, individuell verschiedenen Belastungshöhen Schwellen, die auf grundlegende Umstellungen im Stoffwechsel schließen lassen. So lässt sich etwa im Verlauf der Laktatwerte in Abhängigkeit von der Belastung feststellen, dass bis zu einer bestimmten Belastungshöhe die Laktatwerte mit der Belastung zwar ansteigen, aber dann für jede Belastungsstufe auf einem zugehörigen Wert verharren. Beim Übergang zu hohen Belastungen halten die Laktatwerte dieses Gleichgewicht jedoch nicht mehr ein, sie steigen trotz konstant gehaltener Belastung weiter an und führen letztendlich zum Abbruch der Leistung. Das ist darauf zurückzuführen, dass die Laktatbildung den Laktatabbau übersteigt, was mit der zunehmenden Energiebereitstellung über anaerobe, laktatbildende Prozesse zusammenhängt (siehe Anhang). Die entsprechende Schwelle wird als **anaerobe Schwelle** bezeichnet.

Das eingangs erwähnte Ausdauertraining findet überwiegend unterhalb der anaeroben Schwelle statt. Wie lässt sich nun die Belastung so steuern, dass man unterhalb der anaeroben Schwelle bleibt? Die permanente Messung des Laktatspiegels ist leider (noch) nicht möglich. Man nutzt deshalb den Zusammenhang zwischen Herzfrequenz, Leistung und Laktatspiegel. Man ermittelt zunächst die Leistung und Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle und kann dann Herzfrequenzbereiche für verschiedene Trainingsbelastungen angeben, so dass die Trainingssteuerung über die Herzfrequenz mit den heute weit verbreiteten Herzfrequenzmessern möglich ist. Die dazu notwendigen Tests werden als sogenannte **Stufentests** ausgeführt, d.h. die meist auf einem Ergometer erbrachte Leistung wird auf bestimmten Stufen für eine gewisse Zeit konstant gehalten und die sich einstellende Herzfrequenz und der Laktatspiegel werden gemessen. Zwischen den Stufen werden in der Regel kurze Pausen für die Probenahme eingeschaltet.

Der so genannte Conconi Test wurde ursprünglich von dem italienischen Biochemiker Francesco Conconi für das Lauftraining entwickelt. Mit dem Test wird, wie auch bei allen anderen Ausdauertests versucht, die anaerobe Schwelle bei Ausdauerbelastungen zu bestimmen, um Rückschlüsse auf die Ausdauerleistungsfähigkeit und die Trainierbarkeit ziehen zu können.

Der **Conconi-Test** baut auf der Beobachtung auf, dass sich die Herzfrequenz im aeroben Bereich linear zur Belastung verhält, bei weiterem Belastungsanstieg in den anaeroben Bereich aber eine Abflachung des Herzfrequenzverlaufs festzustellen ist (siehe

Der Conconi-Test für die Trainingssteuerung beim Rudern

Abbildung 1). Der Knick (Deflektionspunkt) im Verlauf des Herzfrequenzdiagramms wird von Conconi mit der anaeroben Schwelle gleichgesetzt. Es ist deshalb möglich, die anaerobe Schwelle auch ohne medizinisches Instrumentarium zu bestimmen.

Im Folgenden wird die Durchführung des Conconi-Tests auf dem Ruderergometer beschrieben. Mittlerweile wurde der Conconi-Test auch schon erfolgreich mit Ruderern auf dem Wasser ausgeführt und mit Ergebnissen aus spiro-ergometrischen Tests verglichen (Cabo et al. 2011).

Grundlagen:

- Der Test dient der Bestimmung der **anaeroben Schwelle**
- Der Test baut auf der Beobachtung auf, dass sich die Herzfrequenz im aeroben Bereich linear zur Belastung verhält, bei weiterem Belastungsanstieg in den anaeroben Bereich aber eine Abflachung des Herzfrequenzverlaufs festzustellen ist (siehe Abbildung 1)

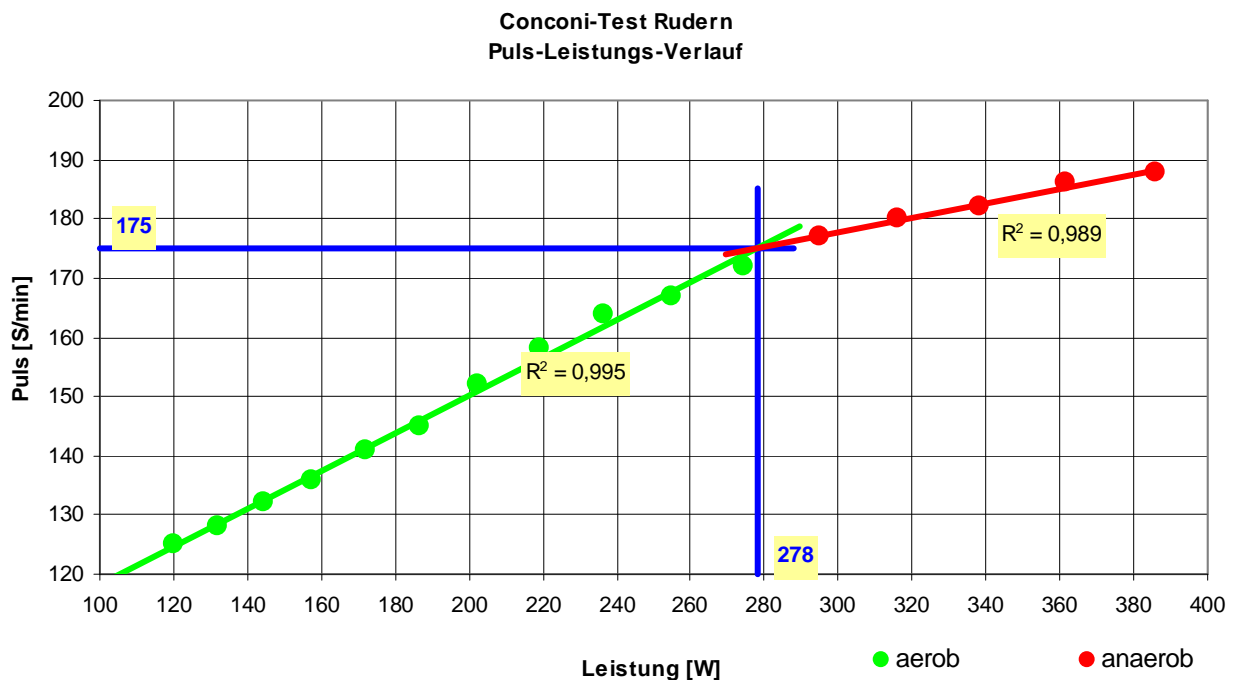
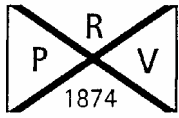


Abbildung 1: Verlauf der Herzfrequenz in Abhängigkeit von der Leistung im Conconi-Test.

- Der „Knick“ (Deflektionspunkt) in der Puls-Leistungs-Kurve entspricht nach Conconi der anaeroben Schwelle (Conconi et al. 1982)
- Der Test ist ein **Maximaltest**, er wird bis zum Belastungsabbruch aufgrund von Erschöpfung gefahren. Falls genügend Meßwerte oberhalb der anaeroben Schwelle vorliegen (mindestens 3, s.u.), kann der Test auch früher abgebrochen



Der Conconi-Test für die Trainingssteuerung beim Rudern

werden. Die maximale Herzfrequenz wird mit dem Test in der Regel nicht erreicht.
Vor dem ersten Test wird eine ärztliche Untersuchung dringend empfohlen.

- Der Test ist ein **Stufentest mit gleicher Arbeit je Stufe**. Es wird entweder die Leistung oder die Geschwindigkeit um gleiche Beträge gesteigert. Die Arbeit wächst mit der dritten Potenz der Geschwindigkeit. Sowohl die Stufendauer als auch die in der Stufe zurückgelegte Distanz werden deshalb mit jeder Stufe kürzer.

Für den Test wird benötigt:

- ein **Ruderergometer**
- ein **Pulsmesser**
- ein **Helfer** zum notieren der Meßwerte
- ein **Protokoll** mit Vorgabe der Leistung [W], 500 m – Zeiten [m:ss], Intervalldauer [m:ss], Gesamtdauer [mm:ss], Intervallstrecke [m], Gesamtstrecke [m] und einer Spalte für die Eintragung der Pulswerte

Vorbereitung:

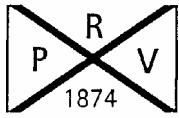
- der Sportler soll gesund und ausgeruht in den Test gehen
- in den zwei Tagen vor dem Test soll nur leichtes Training stattfinden
- in den zwei Tagen vor dem Test auf kohlehydratreiche Ernährung achten
- der Test sollte vorzugsweise am Ende von Wochen mit regenerativem Training durchgeführt werden

Durchführung:

- 15 Minuten warmfahren bei niedriger Leistung (je nach Leistungsvermögen 50 bis 125 Watt), Puls nach jeweils 5 Minuten notieren
- Intervalle nach Testprotokoll fahren. Wenn die geforderte Leistung nicht mehr gehalten werden kann, sofort abbrechen.
- Schlagzahl etwa 18 bei Beginn des Tests und 30 bis 34 in den höchsten Leistungsstufen. Eine gleichmäßige Erhöhung der Schlagzahl ist anzustreben.
- zu jedem Intervall wird der mittlere Pulswert der letzten 50 m (oder der letzten 10 sec) notiert
- die Intervalle folgen ohne Pause aufeinander
- die Geschwindigkeitssteigerung soll allmählich über 3 bis 4 Schläge erfolgen, so dass die Zielgeschwindigkeit sauber angefahren werden kann
- die 500 m – Zeit soll auf ± 2 sec., besser ± 1 sec. genau gehalten werden, das muss ggf. zuvor geübt werden
- nach Abbruch des Tests 10 Minuten bei sehr niedriger Leistung (wie warmfahren) ausfahren, Erholungspuls nach 1, 2 und 5 Minuten notieren

Anmerkungen zur Ausführung:

- Der Test wurde ursprünglich für das Lauftraining entwickelt. Er läßt sich aber an alle anderen Ausdauersportarten anpassen. Als Lauftest wird er mit Intervallen von



Der Conconi-Test für die Trainingssteuerung beim Rudern

200 m Länge und regelmäßiger Steigerung der Geschwindigkeit ausgeführt. Die Intervalldauer liegt damit zwischen 25 und 75 Sekunden.

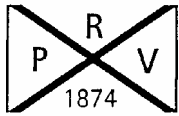
- Für die Durchführung auf dem Ruderergometer ist von Bedeutung, dass nicht, wie auf einem Fahrradergometer, eine Leistung vorgegeben werden kann, die das Ergometer durch Anpassung des Widerstands an die aufgebrauchte Kraft automatisch konstant hält. Ein Ruderergometer kann nur die tatsächlich vom Athlet abgegebene Leistung messen. Die Leistungsabgabe erfolgt nur während des Durchzugs. Sie muß aber über die gesamte Schlagdauer gemittelt werden. Die Ergometeranzeige des Concept2 mittelt über 2 Schläge, was zu einer verzögerten Anzeige führt. Wegen der diskontinuierlichen Leistungsproduktion und der Anzeigecharakteristik des Ergometers ist es nicht ganz einfach eine bestimmte Leistung genau anzufahren und dann konstant zu halten. Um eine möglichst genaue Angabe zu erhalten ist deshalb über eine ausreichend lange Zeit der Mittelwert zu bilden. Die letzten Intervalle sollten dazu mindestens 30 Sekunden lang sein, aber auch nicht länger als 1 Minute, weil sich sonst nicht genügend Meßpunkte oberhalb der anaeroben Schwelle erreichen lassen. Da, wie oben erwähnt, beim Rudern die Arbeit mit der dritten Potenz wächst, ergeben sich bei konstant gehaltener Arbeit für die ersten Intervalle relativ lange Zeiten von 120 bis 150 Sekunden, wenn die letzten Intervalle noch länger als 30 sec sein sollen (siehe die beiliegenden Protokolle, die sich bisher bewährt haben).
- Es ist unbedingt notwendig im anaeroben Bereich noch einige Stufen zu rudern, damit überhaupt eine Schwelle bestimmt werden kann, es werden mindestens drei Punkte nach der anaeroben Schwelle benötigt.

Auswertung:

- die Meßwerte werden in ein Koordinatensystem eingetragen, auf der X-Achse die Leistung und auf der Y-Achse der Puls
- wenn sich ein Knick im Verlauf der Meßwerte erkennen läßt, werden Ausgleichsgeraden durch die Meßwerte links und rechts vom Knick gelegt
- bei Verwendung eines Tabellenkalkulationsprogramms können dafür lineare Trendlinien verwendet werden (siehe Anhang). Dabei kann man verschiedene Kombinationen von Trendlinien mit unterschiedlich vielen Punkten rechts vom Knick untersuchen (mindestens 3 Punkte rechts vom Knick). Die Kombination mit den höchsten Korrelationskoeffizienten ist die gesuchte. Über die Geradengleichungen der Trendlinien kann man ihren Schnittpunkt ermitteln. Das ist die gesuchte Auswertung.

Nach Conconi müssen die folgenden Bedingungen erfüllt sein, um den Test auswerten zu können:

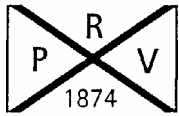
- mindestens 8 Punkte im aeroben Bereich
- Korrelationskoeffizient $r \geq 0,98$
- Mindestens 3 Punkte über der anaeroben Schwelle
- Maximale Steigerung der Herzfrequenz von Stufe zu Stufe ≤ 8 Schläge/min



Der Conconi-Test für die Trainingssteuerung beim Rudern

Interpretation

- **Der Conconi-Test soll nicht verwendet werden, um Sportler miteinander zu vergleichen.** Er dient lediglich zur Ermittlung der Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle. Dieser Wert ist eine individuelle Größe, die nichts über die Leistungsfähigkeit des Sportlers aussagt. Zum Vergleich der Sportler untereinander dienen Rennen oder z.B. ein 2000 m – Ergotest.
- **Keine Trainingsempfehlung nur auf der Grundlage eines einzelnen Tests!** Das bedeutet bei erstmaligem Test zwei weitere Tests im Abstand von 3 bis 4 Tagen. Anschließend **alle 2 bis 3 Monate ein Test.** Die Tests sind im Trainingsplan aufzunehmen. Zwei Tage vor dem Test nur leichtes Training einplanen. Anmerkung: Das sollte auch für alle anderen Leistungstests, wie Laktattest oder Spiroergometrie gelten. Da diese Tests in der Regel nicht im Verein durchgeführt werden und mit zeitlichem und finanziellem Aufwand verbunden sind, spart man sich die Wiederholungstests meist und gibt Trainingsempfehlungen nur auf der Grundlage eines einzelnen Tests ab. Hier liegt der Vorteil des Conconi-Tests, der mit deutlich geringerem Aufwand im Verein durchgeführt werden kann.
- Wichtig zu wissen ist, dass nach Bestimmung der anaeroben Schwelle nicht gesagt werden kann wie lange, sondern nur mit welcher Intensität gerudert werden kann, ohne dass es zu einer zunehmenden Laktatanhäufung kommt.
- Die geruderten Stufen oberhalb der anaeroben Schwelle sind ein Hinweis auf die anaerobe Leistungsfähigkeit; je mehr Stufen, desto besser die anaerobe Leistungsfähigkeit.
- Die Geradensteigung ist individuell (kein Quervergleich mit anderen Sportlern möglich). Ausdauertraining bewirkt ein Abflachen der Geraden.
- Eine Rechtsverschiebung der Geraden deutet auf eine Verbesserung der aeroben Leistungsfähigkeit hin, eine Linksverschiebung auf eine Verschlechterung.
- Einige wenige Sportler weisen keinen Knick im Verlauf der Herzfrequenzkurve auf. Für diese Sportler ist der Test nicht auswertbar.
- Neben dem Trainingszustand wird der Schwellenwert auch vom aktuellen Ermüdungs-, Regenerations- und Ernährungszustand beeinflusst. **Deshalb für vergleichbare Testbedingungen sorgen.**
- Das **Testergebnis ist sportartspezifisch**, d.h. Conconitests aus verschiedenen Sportarten (z.B. Laufen, Radfahren, Rudern) lassen sich nicht miteinander vergleichen.



Der Conconi-Test für die Trainingssteuerung beim Rudern

Trainingssteuerung

Der Pulsbereich zwischen Ruhepuls und Puls an der anaeroben Schwelle ist der **aerobe Arbeitsbereich** des Sportlers. Dieser Bereich kann in verschiedene Belastungsbereiche unterteilt werden, deren Einhaltung sich einfach über den Puls kontrollieren lässt.

Vorschlag für die Abgrenzung von Trainingsbereichen (0 % = Ruhepuls, 100 % = Puls an der anaeroben Schwelle):

Trainingsbereich	Pulsuntergrenze [%]	Pulsobergrenze [%]
Regeneration	55	65
Grundlagenausdauer GA1	65	80
Grundlagenausdauer GA 2	80	90
Ausdauer intensiv	90	98
Ausdauer hochintensiv	98	103
Wettkampfspezifische Ausdauer (WSA)	103	110

Anmerkung: Die Wettkampfspezifische Belastung wird beim Rudern in der Regel nicht nach Pulswerten gesteuert, sondern über Schlagzahlvorgaben.

Berechnung der Pulsgrenzen:

$$\text{Puls} = \text{Ruhepuls} + (\text{Schwellenpuls} - \text{Ruhepuls}) \times \text{Grenze [\%]} / 100$$

$$\text{Schwellenpuls} - \text{Ruhepuls} = \text{aerober Arbeitsbereich}$$

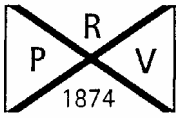
Der Ruhepuls ist der nach dem Aufwachen möglichst noch im Liegen gemessene Puls. Er sollte täglich gemessen und im Trainingstagebuch vermerkt werden (Erkennen von Übertraining oder beginnender Krankheit)!

Zwischen der Leistung an der anaeroben Schwelle und der mittleren Leistung über die 2000 m-Wettkampfstrecke auf dem Ergometer besteht nach eigener Erfahrung näherungsweise der folgende Zusammenhang:

$$P_{2000m} = 1,20 \text{ bis } 1,35 \times P_{AS}$$

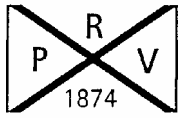
Kritik am Conconi-Test

In der Fachliteratur finden sich neben Publikationen, die die Ergebnisse von Conconi et al. bestätigen, auch viele Veröffentlichungen, die den Test kritisieren. Die Kritik ist vor allem in älteren Veröffentlichungen enthalten. Möglicherweise haben gegen Conconi gerichtete Vorwürfe bezüglich der Unterstützung von Dopingmethoden zu einer voreingenommenen Haltung beigetragen. In moderneren Arbeiten werden die Ergebnisse Conconis überwiegend bestätigt und auch auf andere Ausdauersportarten übertragen. Außerdem wird zunehmend auch die Vergleichbarkeit mit anderen Parametern, wie Laktat und Sauerstoffaufnahmevermögen überprüft. Im wesentlichen werden die folgenden Kritikpunkte am Conconi-Test vorgetragen:



Der Conconi-Test für die Trainingssteuerung beim Rudern

- Bis zu 50 % der untersuchten Sportler sollen **keinen Knick im Verlauf der Herzfrequenz-Kurve** aufweisen. Das ist zum Teil darauf zurückzuführen, dass in den entsprechenden Arbeiten versucht wird den Verlauf der Herzfrequenzkurve über Potenzfunktionen oder logarithmische Funktionen anzupassen. Mit diesen stetig verlaufenden Kurven lässt sich eine Unstetigkeit, wie ein Knick, natürlich nicht darstellen. Zum Teil werden auch Testprotokolle von Laktat-Stufen-Tests verwendet. Diese Tests arbeiten mit festen Intervalldauern von 3 bis 8 Minuten. Die lange Intervalldauer ist notwendig, weil zwischen den Intervallen eine Pause für die Blutentnahme liegt und der Puls nach dieser Pause längere Zeit für die Anpassung an die neue Belastung benötigt, als im Conconitest, bei dem die Belastungsstufen ohne Pausen aufeinander folgen. Mit diesen Intervallen lassen sich maximal noch zwei Stufen oberhalb der anaeroben Schwelle erreichen. Der „Conconi-Knick“ verschwindet in der Regel im letzten Intervall, weil in diesem Intervall eine Übersäuerung eintritt und das Intervall meist nicht zu Ende gefahren werden kann, geschweige denn, dass noch ein weiteres Intervall möglich ist. Die Protokolle für den Laktat-Stufentest und den Conconi-Test sind nicht kompatibel. Im Conconi-Test wird die Arbeit je Stufe konstant gehalten und nicht die Dauer. Die Ergebnisse beider Tests stimmen aber genau genug überein.
- Es wird argumentiert, dass der **Knick im Verlauf der Herzfrequenzkurve ein Artefakt** ist, das dadurch zustande kommt, dass laut Conconi-Protokoll die Intervalle mit zunehmender Belastung kürzer werden und keine ausreichende Anpassung der Herzfrequenz an die Belastung mehr erreicht wird. Da die Intervalldauer aber von Beginn des Tests an kontinuierlich kürzer wird, müsste das zu einer kontinuierlichen Krümmung der Kurve führen, wenn die Kritik zutrifft. Ein Knick lässt sich so nicht erklären. Nach Conconi stellt sich die Anpassung der Herzfrequenz an eine neue Belastungsstufe innerhalb von 10 bis 20 Sekunden ein, wenn, wie im Conconi-Protokoll vorgesehen, keine Pause zwischen den Belastungsstufen eingelegt wird. Bei den meisten Laktat-Stufentests ist zwischen den Belastungsstufen eine mehr oder weniger lange Pause (typischerweise etwa 1 Minute) für die Blutabnahme erforderlich. Die Anpassung der Herzfrequenz an die neue Belastungsstufe dauert dann deutlich länger als im Conconi-Test.
- Die mit Laktat-Tests oder über Spiro-Ergometrie ermittelte anaerobe Schwelle soll nicht mit der nach Conconi ermittelten Schwelle übereinstimmen. Insbesondere sei **die nach Conconi ermittelte anaerobe Schwelle viel zu hoch**. Das kann jeder für sich selbst überprüfen, indem er versucht, eine halbe Stunde mit der nach Conconi ermittelten Herzfrequenz zu rudern. Wenn das möglich ist, kann er davon ausgehen, dass die Schwelle einigermaßen zutreffend ermittelt wurde, zumindest genau genug um danach die Pulsgrenzen von Trainingsbereichen festzulegen. Es sollte im Training sowieso nicht versucht werden sklavisch eine schlaggenaue Pulsgrenze einzuhalten. Die Pulswerte variieren nach Tagesform und äußeren Bedingungen (vor allem Temperatur). Die Orientierung an den in der Tabelle genannten Pulsbereichen genügt.



Der Conconi-Test für die Trainingssteuerung beim Rudern

Zusammenfassung

- Der Conconi-Test ist ein einfacher Versuch, der mit relativ wenig Aufwand in jedem Verein durchgeführt werden kann und der sich leicht in das Training integrieren läßt. Außer einem Ruderergometer und einem Pulsmesser sind keine weiteren Geräte erforderlich.
- Der Conconi-Test liefert bis auf wenige Ausnahmen einen ausreichend genauen Wert der Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle, mit dessen Hilfe sich die verschiedenen Belastungsbereiche des Trainings festlegen lassen.
- Mit dem Conconi-Test lassen sich die Auswirkungen des Trainings auf die Verbesserung der aeroben Leistungsfähigkeit ausreichend genau verfolgen. Der Test ist dazu regelmäßig in das Training zu integrieren.

Anhang

Literatur

Cabo, J. V., Martinez-Cambolor, P. and del Valle, M. (2011): Validity of the modified Conconi test for determining ventilatory threshold during on-water rowing. *Journal of Sports Science and Medicine* 10: 616-623.

Conconi, F., Ferrari, M., Ziglio, P., Droghetti, P. and Codeca, L. (1982): Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology* 52: 869-873.

Conconi, F., Grazzi, G., Casoni, J., Guglielmini, C., Borsetto, C., Ballerin, E., Mazzoni, G., Patrccchini, M. and Manfredini, F. (1996): *The Conconi test: methodology after 12 years of application. International Journal of Sports Medicine* 17: 509-519.

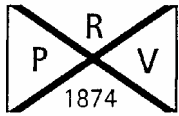
Ballarin E, Sudhues U, Borsetto C, Casoni I, Grazzi G, Guglielmini C, Manfredini F, Mazzoni G, Conconi F. (1996): Reproducibility of the Conconi test: test repeatability and observer variations. *Int J Sports Med.* 17(7):520-4.

Grazzi G, Alfieri N, Borsetto C, Casoni I, Manfredini F, Mazzoni G, Conconi F. (1999): The power output/heart rate relationship in cycling: test standardization and repeatability. *Med Sci Sports Exerc.* 31(10):1478-83.

Grazzi G, Casoni I, Mazzoni G, Uliari S, Conconi F. (2005): Protocol for the Conconi test and determination of the heart rate deflection point. *Physiol Res.* 2005;54(4):473-5.

Wahl P., Bloch W. Mester J. (2009): Moderne Betrachtungsweisen des Laktats: Laktat ein überschätztes und zugleich unterschätztes Molekül. *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Traumatologie* 57 (3) 100-107

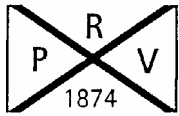
Mikulic P., Vuvetic V., Sentija D. (2011): Strong relationship between heart rate deflection point and ventilatory threshold in trained rowers. *Journal of Strength and Conditioning Research* 25 (2) 360-366



Der Conconi-Test für die Trainingssteuerung beim Rudern

Erstellung eines Testprotokolls und Auswertung mittels Tabellenkalkulation

- Empfohlen wird ein Testprotokoll mit gleichmäßiger Steigerung der Geschwindigkeit.
- Zunächst werden Anfangsleistung P_0 (zwischen 50 und 125 W) und Anfangsstufendauer t_0 (zwischen 120 und 150 s) gewählt.
- Für diese Werte ergibt sich die Arbeit zu $E = P_0 * t_0$ [Ws]
- Damit errechnet sich die Geschwindigkeit des Intervalls zu
 - $V_0 = (E_0 / (2,8 * t_0))^{1/3}$ [m/s]
- Die Formeln für die weiteren Werte lauten dann:
 - 500 m – Zeit: $t_{500} = 500 / V_0$
 - Intervallstrecke: $d_0 = V_0 * t_0$
- Für die weiteren Stufen wird die Geschwindigkeit jeweils um den gleichen Betrag DV gesteigert. Brauchbare Werte liegen zwischen 0,09 und 0,14 m/s.
 - $V_i = V_{i-1} + DV$
- Die weiteren Werte der Stufe lassen sich wie folgt berechnen:
 - $T_i = E_0 / (2,8 * V_i^3)$
 - $T_{500,i} = 500 / V_i$
 - $P_i = 2,8 * V_i^3$
- Für die Auswertung sind die Koeffizienten der Ausgleichsgeraden sowie die Korrelationskoeffizienten zu bestimmen. In Excel gibt es dafür die Formeln Steigung(Y;X), Achsenabschnitt(Y;X) und Bestimmtheitsmaß(X;Y). Es werden die Ausgleichsgeraden des anaeroben Bereichs für die letzten drei bis fünf Stufen des Versuchs bestimmt und mit den jeweils restlichen Punkten die Ausgleichsgeraden des aeroben Bereichs. Die Kombination mit den höchsten Korrelationskoeffizienten ist die gesuchte Auswertung.
- Anschließend ist der Schnittpunkt der aeroben mit der anaeroben Trendlinie zu bestimmen. Die Werte für Leistung und Puls an der anaeroben Schwelle errechnen sich zu:
 - $P_{as} = (B_2 - B_1) / (A_1 - A_2)$
 - $HF_{as} = A_1 * P_{as} + B_1$
 - P_{as} : Leistung an der anaeroben Schwelle
 - HF_{as} : Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle
 - A_1, A_2 : Steigung der Trendlinien
 - B_1, B_2 : Achsenabschnitt der Trendlinien



Der Conconi-Test für die Trainingssteuerung beim Rudern

Beispiel eines Testprotokolls für eine untrainierte Frau (47 Jahre):

Conconi-Test Rudern

Name: _____ Vorname: _____ Geburtsdatum: _____	Größe: <u>1,69</u> m Gewicht: <u>70,0</u> kg BMI: <u>24,5</u> Ruhepuls: <u>68</u> S/min	Datum _____
------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------

Protokoll mit gleichmäßiger Steigerung der Geschwindigkeit

Anfangstempo	v0	10	km/h
Anfangsdauer	t0	120	s
Temposteigerung	ΔV	0,38	km/h
Arbeit	E	7202	Ws

Leistung [W]	500m- Zeit [m:ss]	Intervall- dauer [m:ss]	Gesamt- dauer [mm:ss]	Intervall- strecke [m]	Gesamt- strecke [m]	Geschwindigkeit		Puls [S/min]
						[m/s]	[km/h]	
Warmfahren								
50	3:11	5:00	05:00	784	784	2,61	9,41	111
50	3:11	5:00	10:00	784	1568	2,61	9,41	112
Testbeginn								
60	3:00	2:00	12:00	333	1902	2,78	10,00	122
67	2:53	1:47	13:47	309	2211	2,88	10,38	127
75	2:47	1:36	15:24	288	2499	2,99	10,76	133
83	2:42	1:27	16:50	269	2767	3,09	11,14	140
92	2:36	1:18	18:09	251	3019	3,20	11,52	152
101	2:31	1:11	19:20	235	3254	3,31	11,90	158
111	2:27	1:05	20:25	221	3475	3,41	12,28	165
122	2:22	0:59	21:24	208	3683	3,52	12,66	173
133	2:18	0:54	22:18	196	3879	3,62	13,04	177
145	2:14	0:50	23:08	185	4064	3,73	13,42	180
158	2:10	0:46	23:53	175		3,83	13,80	
171	2:07	0:42	24:36	166		3,94	14,18	
185	2:04	0:39	25:14	157		4,04	14,56	
200	2:00	0:36	25:50	149		4,15	14,94	
216	1:57	0:33	26:24	142		4,26	15,32	
232	1:55	0:31	26:55	135		4,36	15,70	
250	1:52	0:29	27:24	129		4,47	16,08	
Ausrudern								
50	3:11	1:00	24:08	157	4221	2,61	9,41	161
50	3:11	1:00	25:08	157	4378	2,61	9,41	139
50	3:11	3:00	28:08	470	4848	2,61	9,41	120
50	3:11	5:00	33:08	784	5632	2,61	9,41	

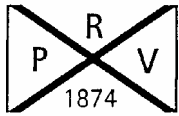
Auswertung

Anaerobe Schwelle bei

Puls 172 S/min
 Leistung 118 W
 spez. Leist. 1,7 W/kg

Trainingsbereiche

	Pulsunter- grenze [S/min]	Pulsob- ergrenze [S/min]	Pulsob- ergrenze1) [%]
Regeneration	120	136	65
Grundlagenausdauer 1	136	151	80
Grundlagenausdauer 2	151	162	90
Ausdauer intensiv	162	170	98
Ausdauer hochintensiv	170	175	103



Der Conconi-Test für die Trainingssteuerung beim Rudern

Beispiel eines Testprotokolls für einen trainierten Mann (53 Jahre):

Conconi-Test Rudern

Name: _____ Vorname: _____ Geburtsdatum: _____	Größe: 1,84 m Gewicht: 75,0 kg BMI: 22,2 Ruhepuls: 52 S/min	Datum _____
---------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------

Protokoll mit gleichmäßiger Steigerung der Geschwindigkeit

Anfangstempo	v0	10	km/h
Anfangsdauer	t0	120	s
Temposteigerung	ΔV	0,4	km/h
Arbeit	E	7202	Ws

Leistung [W]	500m- Zeit [m:ss]	Intervall- dauer [m:ss]	Gesamt- dauer [mm:ss]	Intervall- strecke [m]	Gesamt- strecke [m]	Geschwindigkeit		Puls [S/min]
						[m/s]	[km/h]	
Warmfahren								
50	3:11	5:00	5:00	784	784	2,61	9,41	90
50	3:11	5:00	10:00	784	1568	2,61	9,41	94
50	3:11	5:00	15:00	784	2352	2,61	9,41	94
Testbeginn								
60	3:00	2:00	17:00	333	2686	2,78	10,00	94
68	2:53	1:47	18:47	308	2994	2,89	10,40	97
76	2:47	1:35	20:22	286	3280	3,00	10,80	100
84	2:41	1:25	21:47	266	3545	3,11	11,20	101
94	2:35	1:17	23:04	248	3793	3,22	11,60	103
104	2:30	1:09	24:14	231	4025	3,33	12,00	108
114	2:25	1:03	25:17	217	4241	3,44	12,40	111
126	2:21	0:57	26:14	203	4445	3,56	12,80	117
138	2:16	0:52	27:06	191	4636	3,67	13,20	120
151	2:12	0:48	27:54	180	4816	3,78	13,60	123
165	2:09	0:44	28:37	170	4986	3,89	14,00	127
179	2:05	0:40	29:18	161	5147	4,00	14,40	132
195	2:02	0:37	29:55	152	5299	4,11	14,80	136
211	1:58	0:34	30:29	144	5444	4,22	15,20	142
228	1:55	0:32	31:00	137	5581	4,33	15,60	146
246	1:52	0:29	31:30	130	5711	4,44	16,00	150
265	1:50	0:27	31:57	124	5835	4,56	16,40	153
285	1:47	0:25	32:22	118	5953	4,67	16,80	156
305	1:45	0:24	32:46	113	6066	4,78	17,20	158
Ausrudern								
50	3:11	1:00	28:54	157	4973	2,61	9,41	161
50	3:11	1:00	29:54	157	5130	2,61	9,41	139
50	3:11	3:00	32:54	470	5601	2,61	9,41	120

Auswertung

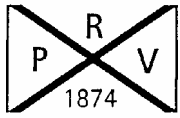
Anaerobe Schwelle bei

Puls	149	S/min
Leistung	233	W
spez. Leist.	3,2	W/kg

Trainingsbereiche

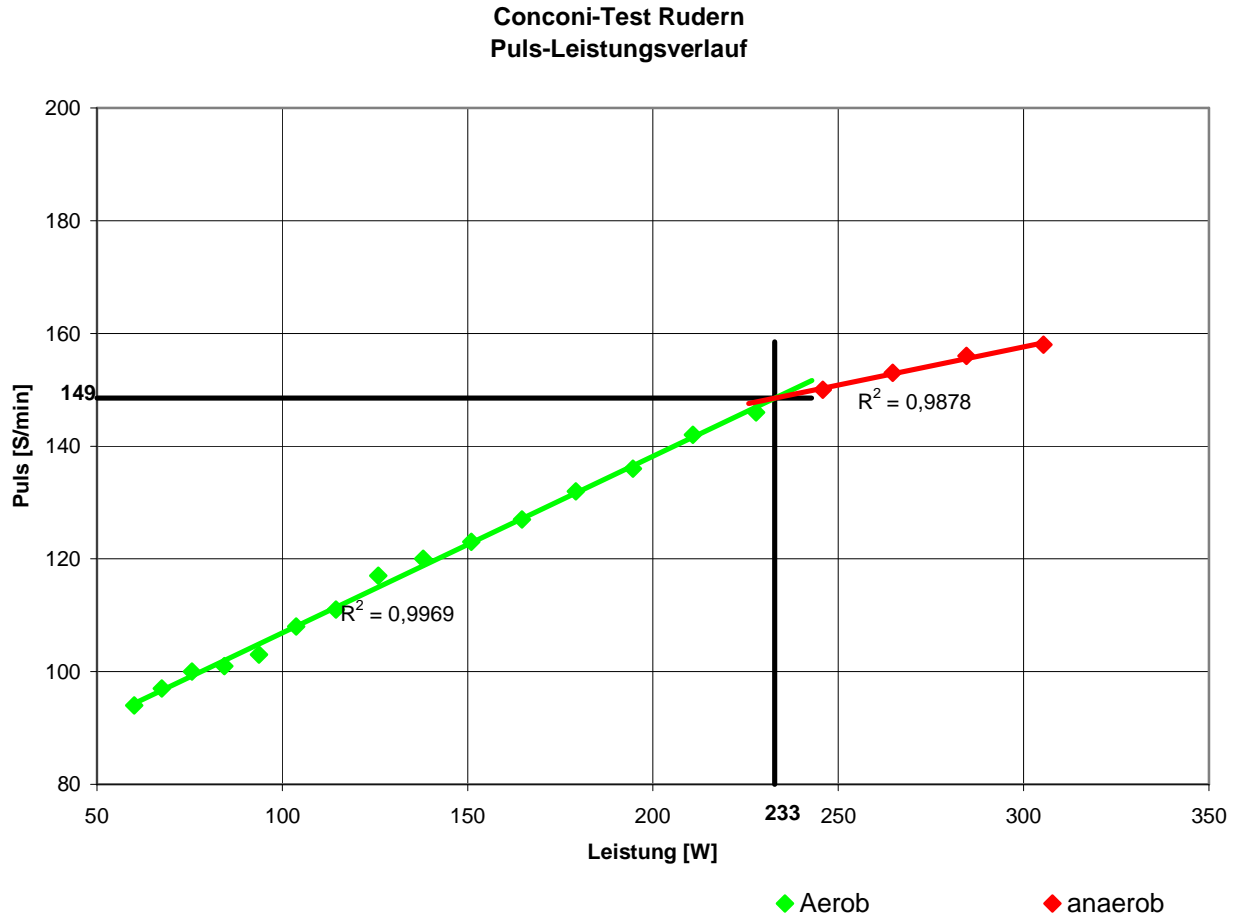
	Pulsunter- grenze [S/min]	Pulsobere- grenze [S/min]	Pulsobere- grenze1) [%]
Regeneration	109	121	65
Grundlagenausdauer 1	121	134	80
Grundlagenausdauer 2	134	142	90
Ausdauer intensiv	142	149	98
Ausdauer hochint.	149	153	103

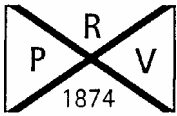
Bei dem Testprotokoll der Frau hätte man die Geschwindigkeitssteigerung noch kleiner wählen sollen. Das Testprotokoll für den Mann hätte statt bei 50 bei 100 W beginnen können.



Der Conconi-Test für die Trainingssteuerung beim Rudern

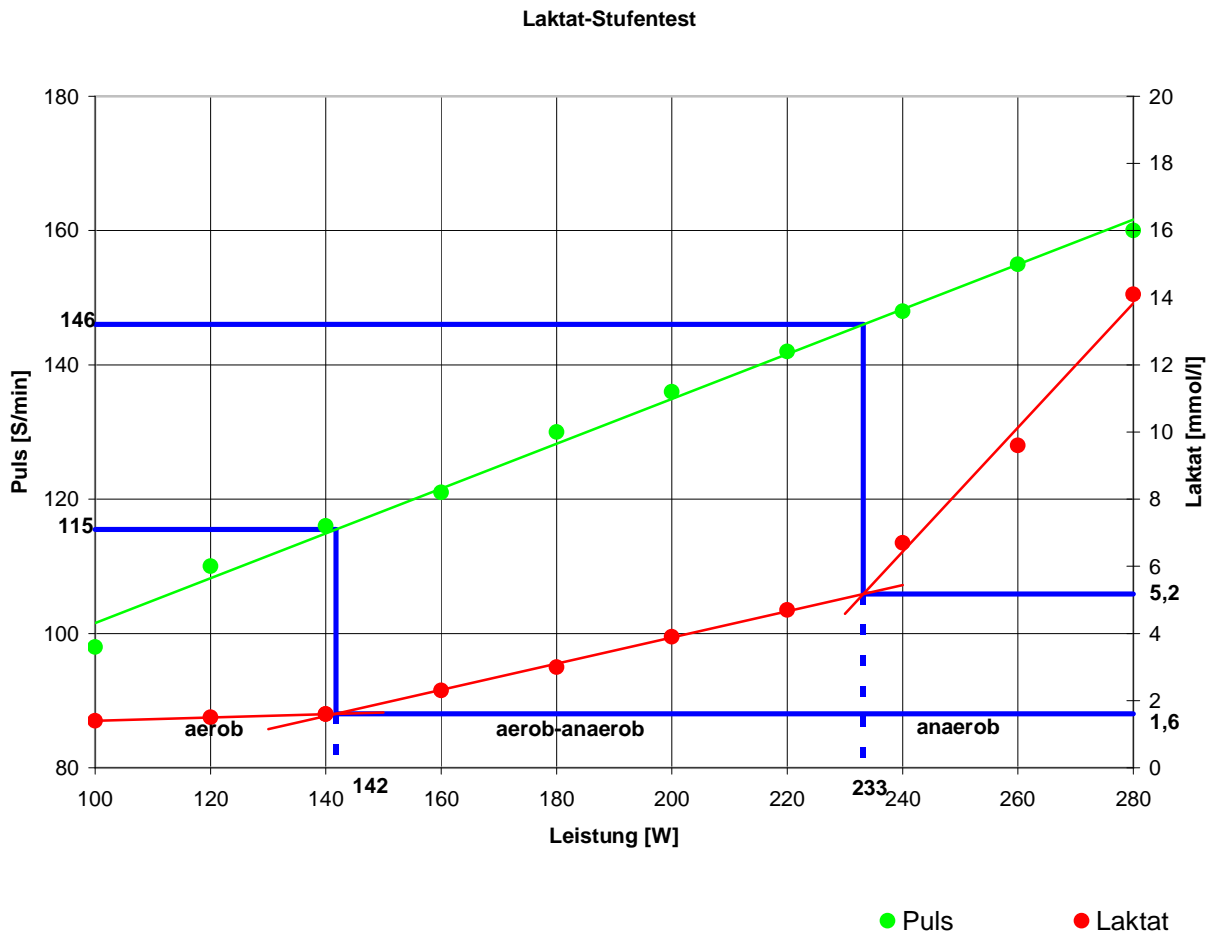
Auswertungsdiagramm zum Testprotokoll von Seite 11





Der Conconi-Test für die Trainingssteuerung beim Rudern

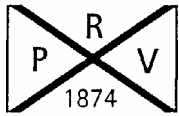
Laktatstufentest zum Vergleich mit dem Conconitest von Seite 11. Die Leistung an der anaeroben Schwelle unterscheidet sich nicht, der Puls ist 3 Schläge niedriger. Die Tests wurden im Abstand von 10 Tagen gefahren. Die Übereinstimmung kann als sehr gut beurteilt werden. Die Unterschiede liegen im Bereich der Meßgenauigkeit.



Der Laktatstufentest wurde mit einer Stufendauer von 3 Min. und 1 Min. Pause zwischen den Stufen für die Blutentnahme gefahren. Die Puls-Leistungskurve zeigt keinen Knick.

Der Proband kann einen Puls von 150 für mehr als eine Stunde halten.

Zu beachten ist, dass die vorliegende Auswertung des Laktattests die (individuelle) anaerobe Schwelle bei einem Laktatwert von 5,2 mmol/l liefert. Das ist deutlich über der oft verwendeten und willkürlich festgelegten Schwelle bei 4 mmol/l.



Der Conconi-Test für die Trainingssteuerung beim Rudern

Hintergrundinformationen

Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit und Leistung beim Rudern

Die Widerstandskraft F (Luft- und Wasserwiderstand) wächst mit dem Quadrat der Geschwindigkeit v :

$$F = c \cdot v^2$$

C ist eine Konstante, die für den Anteil des Wasserwiderstands im wesentlichen von der Bootsform und der benetzten Oberfläche abhängt. Für den Anteil des Luftwiderstands gehen alle Teile oberhalb der Wasserlinie ein, einschließlich des Ruderers.

Die Arbeit E zur Überwindung des Widerstands ergibt sich zu:

$$E = F \cdot s$$

S ist der zurückgelegte Weg.

Die Leistung P ist die je Zeiteinheit t geleistete Arbeit:

$$P = E / t$$

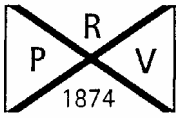
Einsetzen ergibt:

$$P = F \cdot s / t = F \cdot v = c \cdot v^3$$

Die Concept-Ergometer ermitteln die Leistung laut Handbuch mit einem Wert $c = 2,8$.

Energiequellen der Muskelarbeit

- **ATP (Adenosintriphosphat)**
 - in den Muskeln in geringer Menge gespeichert entsprechend ca. 2 kcal
 - reicht nur für 2 bis 4 Sekunden
 - sehr **hoher Energiefluß**, d.h. hohe Muskelleistung möglich
 - entscheidend für **Maximal- und Schnellkraft**
 - wird rasch wieder hergestellt (innerhalb weniger Sekunden bis Minuten)
 - **anaerober Stoffwechsel** (ohne Sauerstoff)
 - **alaktazider Stoffwechsel** (ohne Laktatproduktion)
 - wird unter Abgabe eines Phosphatkomplexes zu ADP (Adenosindiphosphat) gespalten und ermöglicht dabei die Muskelkontraktion
- **Kreatinphosphat**
 - gibt einen Phosphatrest für die Resynthese von ADP zu ATP ab
 - wie ATP in den Muskeln gespeichert
 - ebenfalls nur in geringer Menge vorhanden (entsprechend ca. 4 kcal)
 - reicht für 4 bis 8 Sekunden
 - **hoher Energiefluß**
 - **anaerob-alaktazider Stoffwechsel**
- **Kohlenhydrate (Glukose = Traubenzucker)**
 - als **Glykogen** (Speicherform von Glucose) im Muskel und zu einem kleinen Teil in der Leber gespeichert (entsprechend ca. 2000 kcal)
 - reicht für 1 bis 2 Stunden intensive Ausdauerbelastung

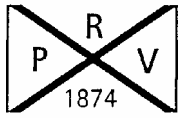


Der Conconi-Test für die Trainingssteuerung beim Rudern

- **mittlerer Energiefluß**
- **anaerober oder aerober Stoffwechsel zur Bildung von ATP;**
 - Ø Glykogen wird zunächst zu **Pyruvat (Brenztraubensäure)** gespalten
 - Ø das Pyruvat kann entweder **in den Mitochondrien** in weiteren enzymatischen Reaktionen unter Verbrauch von Sauerstoff zu ATP umgewandelt werden (**aerober Stoffwechsel**)
 - Ø oder **direkt in der Zellflüssigkeit (Zytosol) anaerob** zu Laktat und ATP
 - Ø welcher Mechanismus überwiegt, hängt vom Leistungsbedarf ab
 - Ø auf anaerobem Weg kann ATP schneller zur Verfügung gestellt werden als auf aerobem Weg.
- **Fett**
 - größter Energiespeicher (60.000 bis 100.000 kcal)
 - **geringer Energiefluß**
 - **ausschließlich aerobe Energiegewinnung**

Energiestoffwechsel der Muskelarbeit

- **Anaerob-alkalischer Stoffwechsel**
 - direkte Umsetzung von **ATP** und **Kreatinphosphat**
 - keine Laktatbildung
 - kein Sauerstoffbedarf
 - hoher Energiefluß
 - sehr kleine Speichergröße
- **Anaerob-laktalischer Stoffwechsel**
 - **unvollständige Verbrennung von Glucose** unter Bildung von **Laktat** (Salz der Milchsäure)
 - schlechte Ausnutzung der Glykogenvorräte (1 mol Glucose liefert 2 mol Laktat und 2 mol ATP)
 - entscheidend für **Kraft- und Schnelligkeitsausdauer**
 - Leistung steht 15 bis maximal 60 Sekunden zur Verfügung
 - wenn mehr Laktat gebildet als abgebaut wird, kommt es zu einer die Muskelkontraktion hemmenden **Übersäuerung**, die letztendlich leistungslimitierend ist
 - wichtig: Laktat ist eine Folge, aber nicht die Ursache der Muskelübersäuerung. Zur Übersäuerung trägt auch CO₂ bei. Laktat wird in der Leber und der Muskulatur über Glucose zu Glykogen aufgebaut.
 - wichtig: nach hohen anaeroben Belastungen diese für mehrere Minuten langsam ausklingen lassen (Ausrudern). Das unterstützt den Laktatabbau und führt zu einer schnelleren muskulären Erholung.
- **Aerobe (= oxidative) Energiebereitstellung**
 - Bildung von ATP unter Verbrauch von Sauerstoff aus Glykogen (**Glykolyse**) und Fett (**Lipolyse**)
 - **vollständige Ausnutzung der Glykogenvorräte** (1 mol Glucose liefert 38 mol ATP)



Der Conconi-Test für die Trainingssteuerung beim Rudern

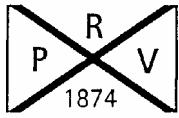
- die Umsetzung von Fett und Glykogen erfolgt immer gleichzeitig, jedoch bei geringer Belastung anteilmäßig mehr Fett und bei hoher Belastung mehr Glykogen
- bei intensiver Ausdauerbelastung wird außerdem zunehmend die anaerobe Glykolyse zugeschaltet. Solange sich dabei Laktatbildung und Laktatabbau die Waage halten (und die Glykogenspeicher gefüllt sind) kann die Leistung fortgesetzt werden. Die Grenze, ab der das nicht mehr möglich ist, ist die sogenannte **anaerobe Schwelle**. Oberhalb der anaeroben Schwelle muss die Leistung, je nachdem wie weit die Schwelle überschritten ist, wegen der zunehmenden Laktatanreicherung früher oder später abgebrochen werden.

Die aerobe und die anaerobe Schwelle

- **Aerobe Schwelle:**
 - Unterhalb der Schwelle auch bei sehr lang andauernder Belastung praktisch kein Laktatanstieg
 - unterhalb der Schwelle rein aerober Stoffwechsel
 - wird oft bei 2 mmol/L Laktat festgelegt, ist aber eigentlich individuell zu bestimmen
 - individuelle Bestimmung z.B. beim Minimum des Quotienten aus Laktat und Leistung (**Laktatsenke**)
- **Anaerobe Schwelle**
 - Grenze, bei der sich Laktatbildung und Laktatabbau gerade noch die Waage halten
 - zwischen aerober Schwelle und anaerober Schwelle befindet sich ein Bereich, in dem die Leistung schon zu einem erheblichen Teil anaerob erbracht wird
 - oberhalb der anaeroben Schwelle sehr schneller Laktatanstieg
 - wie lange oberhalb der AS Leistung erbracht werden kann, hängt davon ab, wie weit oberhalb der AS die Leistung liegt, vom Verhältnis von Laktatbildung zu Laktatabbau bei dieser Leistung, davon welche Laktatbelastung der Sportler verträgt und bei nur geringer Überschreitung der AS auch von den Kohlehydratreserven (grober Anhalt: 100 % AS 30 bis 60 min, 105 % AS 10 bis 30 min, 110 % AS 5 bis 10 min)
- die Schwellen sind abhängig von:
 - Trainingszustand
 - Art des Trainings
 - Sportart

Ursache für den Knick im Puls-Leistungs-Diagramm:

Conconi vermutet als Ursache für den Knick im Puls-Leistungs-Diagramm, dass der lineare Zusammenhang zwischen Pulsanstieg und Leistungszunahme nur bis zum Ende der aeroben Energiebereitstellung gilt. Der darüber hinaus zunehmende Energiebedarf wird durch Zuschaltung der anaeroben Energiebereitstellung gedeckt, wozu keine



Der Conconi-Test für die Trainingssteuerung beim Rudern

Steigerung der Kreislaufleistung erforderlich ist, so dass nur noch ein langsamer Anstieg der Herzfrequenz erfolgt. Dieser Zusammenhang ist bisher noch nicht nachgewiesen.

Schlußbemerkungen

Die biologischen Mechanismen der muskulären Leistungsproduktion sind viel zu kompliziert, um sie mit so einfachen Tests wie Conconi-Test oder Laktatstufentest exakt abbilden zu können. Auch die Schwellenkonzepte (aerobe und anaerobe Schwelle), die der Trainingssteuerung zugrunde gelegt werden, sind nur als grobe Werkzeuge zu betrachten. Deshalb: bitte nicht sklavisch an Zahlen festhalten. Es muß alles mit Gefühl und dem notwendigen Verständnis umgesetzt werden.