

Jon Wehrlin, Toni Held, Bernard Marti

Sportwissenschaftliches Institut, Bundesamt für Sport, Magglingen

# Vergleich von zwei Feldtests zur Schätzung der anaeroben Schwelle bei jugendlichen Spitzenläufern

## Zusammenfassung

Ziel dieser Studie war es, Genauigkeit und Aussagekraft des vom Schweizerischen Leichtathletikverband eingesetzten Schwellenlaufs mit dem neu entwickelten 4x1000m-Lauftest zur Bestimmung der anaeroben Schwelle (ANS) zu vergleichen. 24 Nachwuchsläuferinnen und -läufer liefen zuerst den 4x1000m-Lauftest und am folgenden Tag den Schwellenlauf. Bei den Feldtests wurden aufgrund von Blutlaktat-, Herzfrequenz- und Borgwerten bei einer durch den Trainer vorgegebenen Belastungsintensität (Schwellenlauf) sowie bei vier selbst gewählten unterschiedlichen Belastungsintensitäten (4x1000m-Lauftest) die Laufgeschwindigkeit (V) und Herzfrequenz (HF) an der ANS geschätzt. Die  $V_{ANS}$  des Schwellenlaufs war intraindividuell gesehen durchschnittlich  $0.35 (\pm 0.34)$  km/h tiefer als beim 4x1000m-Lauftest ( $p < 0.001$ ). Für lediglich 3 Läuferinnen und Läufer lag die ANS des Schwellenlaufs um mehr als 0.5 km/h neben der ANS des 4x1000m-Lauftests. Die  $HF_{ANS}$  des Schwellenlaufs war um  $1.9 (\pm 2.7)$  Schläge/min tiefer als beim 4x1000m-Lauftest ( $p < 0.001$ ). Da aus praktischer Sicht beide Feldtests sehr ähnliche Schätzungen der ANS liefern, der 4x1000m-Lauftest jedoch zusätzlich Maximalwerte und eine Rückmeldung über die Trainingsgewohnheiten sowie das individuelle «Tempogefühl» erlaubt, empfehlen wir, eher den 4x1000m-Lauftest als den Schwellenlauf durchzuführen. Grundsätzlich ist jedoch zu erwägen, ob nicht die Durchführung eines Laktatstufentests im Labor mit den damit verbundenen Vorzügen bei so leistungsfähigen Nachwuchsathleten von Vorteil wäre.

## Summary

*Comparison of two field tests for estimation of the anaerobic threshold in adolescent top runners*

The aim of this study was to determine the validity of the threshold run used by the Swiss Athletic Federation in comparison with the recently developed 4x1000m-running-test, which are both used to estimate the anaerobic threshold (AT). 24 national level junior athletes completed first the 4x1000m-running-test and at the following day the threshold run. In these field tests, the velocity (V) and heart rate (HR) at the AT were estimated based on blood lactate, heart rate and rate of perceived exertion at one running velocity determined by the individual coach (threshold run) and four different running velocities selected by the runners (4x1000m-running-test). The mean  $V_{AT}$  at the threshold run was intra-individually  $0.35 (\pm 0.34)$  km/h lower than the  $V_{AT}$  at the 4x1000m-running-test ( $p < 0.001$ ). This difference was higher than 0.5 km/h in only three runners. The  $HR_{AT}$  derived from the threshold run was  $1.9 (\pm 2.7)$  beats/min lower than the one from the 4x1000m-running-test ( $p < 0.001$ ). From a practical point of view, both field tests show very similar estimates of the AT. The 4x1000m-running-test additionally provides maximal values and allows a feedback about the training habit and «speed sense» of the athletes. We recommend to use rather the 4x1000m-running-test than the threshold run as a first and exploratory field test in adolescent runners. In principle, it should also be considered to perform an incremental laboratory test with its known advantages for these talented junior athletes.

Schweizerische Zeitschrift für «Sportmedizin und Sporttraumatologie» 49 (4), 173–175, 2001

Seit 1998 führt der Schweizerische Leichtathletikverband (SLV) zwei Mal jährlich mit dem Nachwuchskader «Jugend für Olympia» den selbst konzipierten so genannten Schwellenlauf durch. Dieser ähnelt dem «Goldstandard» für die Bestimmung der anaeroben Schwelle (ANS), bei welchem das maximale Gleichgewicht von Laktatproduktion und -elimination, das «maximale Laktat-steady-state» (maxLass), mit einer direkten Methode durch mehrere Dauerbelastungen mit unterschiedlicher Intensität bestimmt wird [1].

Beim Schwellenlauf laufen die Läuferinnen und Läufer während zwei Mal 10 Minuten mit einer durch den Trainer vorgegebenen Geschwindigkeit an der vermuteten ANS. Aufgrund des Anstiegs und des erreichten Levels der gemessenen Blutlaktatwerte vom ersten zum zweiten 10-Minuten-Lauf wird im Anschluss die vom Trainer vermutete Laufgeschwindigkeit an der ANS bestätigt oder allenfalls korrigiert. Da beim Schwellenlauf

im Gegensatz zur Bestimmung des maxLass (mit mehreren Dauerbelastungen mit unterschiedlicher Intensität) nur mit *einer* Geschwindigkeit gelaufen wird, ist die Interpretation der Resultate nicht ganz einfach:

Wird nach beiden 10-Minuten-Läufen ein Blutlaktatwert von z.B. 3 mmol/l ermittelt, kann aufgrund fehlender Maximalwerte und fehlender Kenntnis des Laktatschwellentyps der Läuferin oder des Läufers schlecht abgeschätzt werden, ob dieses Gleichgewicht zwischen Laktatproduktion und -elimination bereits das maxLass ist oder ob nicht eine schnellere Laufgeschwindigkeit und die damit verbundenen höheren Absolutwerte des Blutlaktats auch noch einen Gleichgewichtszustand hervorrufen würden. Eine ähnliche Schwierigkeit liegt vor, wenn die durch den Trainer vorgegebene Laufgeschwindigkeit zu einem Anstieg der Blutlaktatwerte vom ersten zum zweiten 10-Minuten-Lauf führen, die Laufgeschwindigkeit also eine Belastungsintensität über dem maxLass

ist. In beiden Fällen stellt sich die Frage, ob und in welchem Masse die vorgegebene Laufgeschwindigkeit zu erhöhen respektive zu reduzieren sei, damit der Bereich der ANS bestimmt werde.

Da die durch die SLV-Trainer bis anhin vorgegebenen Laufgeschwindigkeiten tendenziell eher oberhalb der ANS lagen und die damit verbundene Korrektur eine Fehlerquelle bei der Schwellenschätzung war, stellte sich nun die Frage, ob mit dem Schwellenlauf tatsächlich die ANS bestimmt wird und ob nicht der neu entwickelte und validierte 4x1000m-Lauftest nach Held [2, 3] im Hinblick auf die Bestimmung der ANS und der daraus resultierenden Trainingsintensitätsempfehlungen für jugendliche Sportler aussagekräftiger wäre.

## Methode

### Material

13 Läuferinnen (Alter:  $16.9 \pm 1.2$  Jahre; Gewicht:  $47.7 \pm 4.1$  kg) und 11 Läufer (Alter:  $17.7 \pm 1.2$  Jahre; Gewicht:  $64.3 \pm 5.1$  kg) aus dem Nachwuchskader «Jugend für Olympia» des SLV liefen im Frühling 2001 zuerst den 4x1000m-Lauftest und am darauf folgenden Tag den Schwellenlauf auf einer 400-m-Rundbahn.

### Messgeräte

Für die Messung der Blutlaktatwerte wurde das Laktatmessgerät «Laktat Pro» (Arkray Inc., Japan) und für die Messung der Herzfrequenz das Herzfrequenzmessgerät «Accurex» (Polar Electro, Finnland) verwendet.

### Schwellenlauf

Beim so genannten Schwellenlauf (unpublizierter Test des SLV) liefen die Läuferinnen und Läufer während zwei Mal 10 Minuten mit einer durch den Trainer vorgegebenen Laufgeschwindigkeit an der vermuteten anaeroben Schwelle. Das Pacing der Laufgeschwindigkeit erfolgte über eine individuelle Zeitvorgabe (in Sekunden) für jeweils 200 m. Alle 200 m wurde durch den Athleten die 200-m-Abschnittszeit registriert und die Laufgeschwindigkeit des Athleten der Laufgeschwindigkeitsvorgabe angepasst. Nach den ersten 10 Minuten folgte eine Pause von zwei Minuten, in welcher der Blutlaktatwert ermittelt und das subjektive Befinden anhand der Skala nach Borg [4] erfragt wurde. Diese Messungen wurden nach dem zweiten 10-Minuten-Lauf wiederholt. Aufgrund der tatsächlichen Laufgeschwindigkeiten, der Blutlaktat-, Herzfrequenz- und Borgwerte sowie deren Veränderung innerhalb (HF und V) und zwischen den beiden 10-Minuten-Läufen (Blutlaktat, HF, V und Borgwerte) wurden die Laufgeschwindigkeit, die Blutlaktat- und Herzfrequenzwerte an der ANS geschätzt. Die anhand des Schwellenlaufs bestimmte Laufgeschwindigkeit und Herzfrequenz an der ANS wurden  $V_{ANS(SL)}$  und  $HF_{ANS(SL)}$  genannt.

### 4x1000m-Lauftest

Der 4x1000m-Lauftest wurde gemäss der Beschreibung von Held [2, 3] durchgeführt. Zusätzlich wurde nach jedem 1000-m-Lauf der Blutlaktatwert ermittelt und das subjektive Empfinden anhand der Skala nach Borg [4] erfragt. Während des ganzen Tests wurde die Herzfrequenz gemessen und aufgezeichnet. Die durchschnittliche Herzfrequenz der jeweils letzten Minute wurde als HF des entsprechenden 1000-m-Laufes gewertet. Aufgrund der gemessenen Blutlaktatwerte wurde die Laufgeschwindigkeit bei 4 mmol/l Blutlaktat linear interpoliert [5] und diese 4-mmol/l-Schwelle im Bedarfsfall gemäss dem Standard für «Swiss Olympic Medical Centers» (SOMC) [6] korrigiert. Die so bestimmte Laufgeschwindigkeit und Herzfrequenz an der korrigierten 4-mmol/l-Schwelle wurden als  $V_{ANS(4x1000m)}$  und  $HF_{ANS(4x1000m)}$  bezeichnet.

### Statistik

Unterschiede zwischen den Feldtests wurden mit dem gepaarten, zweiseitigen t-Test bestimmt. Ein Signifikanzniveau von 5%

( $p < 0.05$ ) wurde als statistisch haltbar angesehen, Mittelwerte sind  $\pm$  Standardabweichung angegeben.

## Resultate

Die  $V_{ANS(4x1000m)}$  betrug bei den Läuferinnen  $14.9 \pm 0.6$  km/h und bei den Läufern  $16.7 \pm 0.6$  km/h. Aufgrund des Schwellenlaufs lag die  $V_{ANS(SL)}$  der Läuferinnen bei  $14.7 \pm 0.6$  und  $16.4 \pm 0.6$  km/h bei den Läufern. Die intraindividuelle Differenz zwischen den Schwellenschätzungen lag bei  $0.35 \pm 0.34$  km/h, wobei im Schwellenlauf eine tiefere  $V_{ANS}$  als im 4x1000m-Lauftest ermittelt wurde ( $p < 0.001$ ). Für lediglich 3 von 24 Läuferinnen und Läufern lag die  $V_{ANS(SL)}$  um mehr als 0.5 km/h neben der  $V_{ANS(4x1000m)}$ . Die individuellen  $V_{ANS}$ -Werte der beiden Schwellenschätzungen sind in der *Abbildung 1* abgebildet.

Die  $HF_{ANS(4x1000m)}$  betrug bei den Läuferinnen  $183.4 \pm 9$  Schläge/min und bei den Läufern  $179.6 \pm 5$  Schläge/min. Aufgrund des Schwellenlaufs lag die Schätzung der  $HF_{ANS(SL)}$  der Läuferinnen bei  $181.2 \pm 7$  Schläge/min und  $177.9 \pm 4$  Schläge/min bei den Läufern. Die intraindividuelle Herzfrequenzdifferenz zwischen den Schwellenschätzungen lag bei  $1.9 \pm 2.7$  Schläge/min, wobei die  $HF_{ANS(4x1000m)}$  höher als die  $HF_{ANS(SL)}$  war ( $p < 0.001$ ). Die individuellen HF-Werte der Schwellenschätzungen sind in der *Abbildung 2* abgebildet.

## Diskussion

### Resultate

Im Vergleich zwischen dem Schwellenlauf und dem 4x1000m-Lauftest waren die  $V_{ANS(SL)}$  wie auch die  $HF_{ANS(SL)}$  signifikant tiefer als bei der  $V_{ANS(4x1000m)}$  und  $HF_{ANS(4x1000m)}$ . Betrachtet man jedoch die Absolutwerte, so stellt man fest, dass die Abweichungen mit  $0.35 \pm 0.34$  km/h ( $V_{ANS}$ ) und  $1.9 \pm 2.7$  Schläge/min ( $HF_{ANS}$ ) nicht sehr gross waren. Mit dem Schwellenlauf wird – die einigermaßen präzise Laufgeschwindigkeitsvorgabe durch den Trainer vorausgesetzt – eine zwar etwas tiefere  $V_{ANS}$  und  $HF_{ANS}$  als beim 4x1000m-Lauftest geschätzt, doch liegen die Absolutwerte aus praktischer Sicht gesehen sehr nahe beieinander.

### Methodenwahl

Um verlässlichere Aussagen bezüglich Genauigkeit der  $V_{ANS(SL)}$  und  $HF_{ANS(SL)}$  machen zu können, müsste der Schwellenlauf eigentlich mit dem «Goldstandard» der Bestimmung der anaeroben Schwelle, dem mittels mehrerer Dauerbelastungen mit unterschiedlicher Intensität ermittelten maxLass [1] oder zumindest mit dem «SOMC-Standard», der durch den Laktatstufentest bestimmten «korrigierten 4-mmol/l-Schwelle» [6], verglichen werden. Dieser Vergleich war jedoch aus praktischen Gründen nicht durchführbar. Der 4x1000m-Lauftest wurde jedoch bereits mit dem Laktatstufentest verglichen. Die Laufgeschwindigkeit bei 4 mmol/l Blutlaktat war dabei um durchschnittlich etwa  $\frac{1}{2}$  km/h tiefer als beim Laktatstufentest im Labor [5].

### Beurteilung des 4x1000m-Lauftests

Im Gegensatz zum Schwellenlauf bietet der 4x1000m-Lauftest nebst der Schätzung von Herzfrequenz und Laufgeschwindigkeit an der ANS auch eine Rückmeldung über das «Tempogefühl» der Läuferinnen und Läufer. Da sie auf den vier Belastungsstufen die Belastungsintensität nach den Vorgaben für eine «lockere», «mittlere», «schnelle» und «volle» Trainingsintensität selber wählen, können aufgrund der gelaufenen Geschwindigkeiten und der korrespondierenden HF- und Blutlaktatwerte Rückschlüsse über die Trainingsgewohnheiten gewonnen werden. Daraus wird ersichtlich, ob ein Athlet in der Lage ist, die vier wichtigsten Trainingsintensitätsbereiche [7] selber korrekt anzuwählen. Dies hilft jugendlichen Sportlern wie auch Hobbysportlern, die Belastungsintensität ihrer Trainingseinheiten selbstständig und realistisch einzuschätzen.

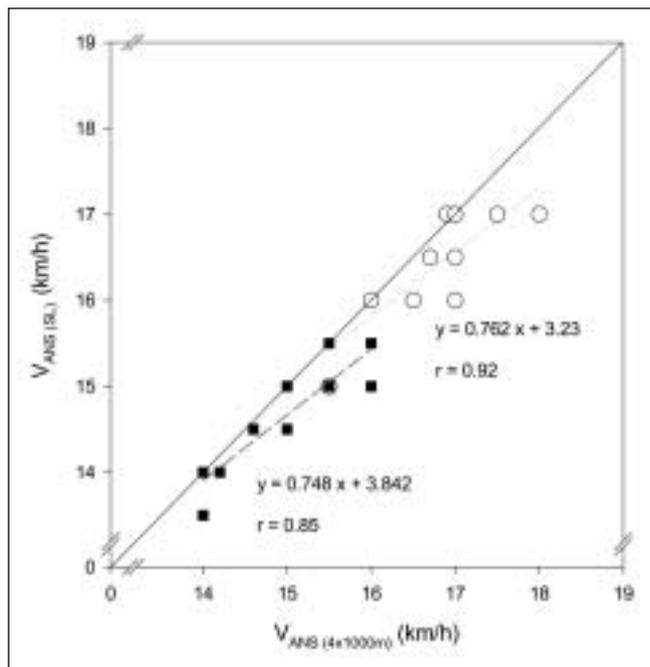


Abbildung 1: Beziehung zwischen der aufgrund des 4x1000m-Lauftests geschätzten Laufgeschwindigkeit an der anaeroben Schwelle ( $V_{ANS(4x1000m)}$ ) und den korrespondierenden Werten der mittels Schwellenlauf geschätzten anaeroben Schwelle ( $V_{ANS(SL)}$ ) der Läuferinnen (■ mit Regressionslinie ---) und Läufer (V mit Regressionslinie ···). (—) symbolisiert die Identitätslinie.

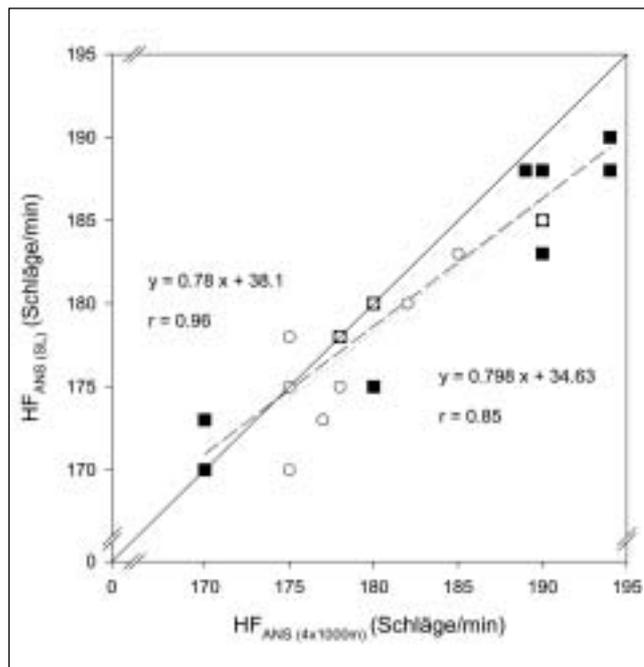


Abbildung 2: Beziehung zwischen der aufgrund des 4x1000m-Lauftests geschätzten Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle ( $HF_{ANS(4x1000m)}$ ) und den korrespondierenden Werten der mittels Schwellenlauf geschätzten anaeroben Schwelle ( $HF_{ANS(SL)}$ ) der Läuferinnen (■ mit Regressionslinie ---); Steigung der Geraden sowie Korrelationskoeffizient links) und Läufer (V mit Regressionslinie ···; Steigung der Geraden sowie Korrelationskoeffizient rechts). (—) symbolisiert die Identitätslinie.

Für eine einigermaßen zuverlässige Schätzung der  $V_{ANS(4x1000m)}$ ,  $HF_{ANS(4x1000m)}$  und der daraus resultierenden Trainingsintensitätsempfehlung ist es von Bedeutung, dass die Läuferin und der Läufer die Belastungsintensität der vier 1000-m-Läufe gut anwählen können. Dies ist besonders bei der Stufe mit der ungefähren Intensität der anaeroben Schwelle («schnell») wichtig, da die Bestimmung der ANS durch lineare Interpolation zwischen den Werten unterhalb und oberhalb der ANS mit zunehmender Abweichung natürlich an Genauigkeit verliert.

Schlussfolgerung

Mit dem Schwellenlauf und dem 4x1000m-Lauftest resultieren ähnliche Schätzungen für Laufgeschwindigkeit und Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle. Der 4x1000m-Lauftest erlaubt jedoch aufgrund der gemessenen Maximalwerte eine bessere Einschätzung der Blutlaktat- und Herzfrequenzkinetik als der Schwellenlauf. Zudem hat er den Vorteil, dass er durch die selbst gewählten Belastungsintensitäten eine Rückmeldung bezüglich individueller Trainingsgewohnheiten und des «Tempogefühls» erlaubt. Wir neigen daher dazu, den 4x1000m-Lauftest anstelle des Schwellenlaufs für jugendliche Läuferinnen und Läufer zu empfehlen.

Mit dem 4x1000m-Lauftest nehmen wir jedoch, im Vergleich zum SOMC-Standard, der im Labor mit dem Laktatstufentest bestimmten «korrigierten 4-mmol/l-Schwelle», eine gewisse Ungenauigkeit bei der Bestimmung der ANS in Kauf. Grundsätzlich scheint es uns hinsichtlich der Nachwuchsförderung im Ausdauersport prüfenswert, ob leistungsfähige Nachwuchsathleten, die bereits ein gutes «Tempogefühl» entwickelt haben, nicht den Laktatstufentest durchführen sollten. Dies hätte nebst der exakteren Bestimmung der ANS und der höheren internen Validität der Werte zudem den Vorteil, dass Längsverläufe der Leistungsentwicklung objektiver dokumentiert werden könnten.

Dank

Die Autoren danken allen beteiligten Läuferinnen und Läufern des Kaders «Jugend für Olympia» sowie Bruno Kunz und Christoph Schmid vom SLV für deren Mitarbeit ganz herzlich.

Korrespondenzadresse:

MSc (Sportwiss.) Jon Wehrlin, Sportwissenschaftliches Institut, Bundesamt für Sport, CH-2532 Magglingen, E-Mail: jon.wehrlin@baspo.admin.ch

Literaturverzeichnis

- 1 Heck H.: Laktat in der Leistungsdiagnostik. Wissenschaftliche Schriftenreihe des Deutschen Sportbundes. 1990, Schorndorf: Verlag Karl Hofmann.
- 2 Held T., Steiner R., Hübner K., Tschopp M., Peltola K., Marti B.: Selbst gewählte Prädiktoren des Dauerleistungsvermögens. Schweiz. Z. Sportmed. Sporttraumatol., 2000, 48(2): 64–69.
- 3 Held T.: Der 4x1000m-Lauftest. Mobile (Praxis), 2000, (6): 5–9.
- 4 Borg G.: Psychological bases of perceived exertion. Med. Sci. Sports Exerc., 1982, 14(5): 377–381.
- 5 Amstutz K., Steiner T.: Aussagekraft eines auf subjektiven Belastungsvorgaben gestützten 4x1000m-Lauftests; Ein Vergleich eines neuen Feldtests mit dem standardisierten Laktatstufentest auf dem Laufband, Institut für Sport und Sportwissenschaft. 2001, Universität Bern.
- 6 Tschopp M.: Manual Leistungsdiagnostik Ausdauer. 2001, Qualitätssicherung Swiss Olympic: Davos, Leukerbad, Magglingen, Muttenz, Zürich.
- 7 Wehrlin J., Held T.: Fitness durch Ausdauertraining – Bedeutung der individuellen Planung. Ther. Umsch., 2001, 58(4): 206–212.