

Zeitschrift: Magglingen : Monatszeitschrift der Eidgenössischen Sportschule
Magglingen mit Jugend + Sport

Herausgeber: Eidgenössische Sportschule Magglingen

Band: 41 (1984)

Heft: 3

Artikel: Subjektive Einstufung der Belastung bei Ausdauerleistungen

Autor: Wanner, Hans-Urs

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-993626>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

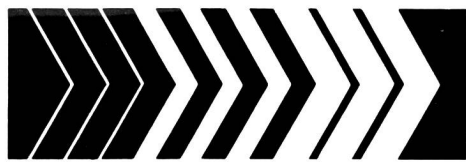
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 13.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>



Subjektive Einstufung der Belastung bei Ausdauerleistungen

Hans-Urs Wanner

In Labor- und Feldversuchen wurden bei Ausdauerleistungen von unterschiedlicher Intensität und Zeitdauer die Pulsfrequenz, die Sauerstoffaufnahme, der Laktatgehalt im Blut sowie die subjektive Einstufung der Belastung auf einer verbalen Skala zwischen «sehr klein» und «sehr gross» ermittelt. Bei den auf dem Laufband und auf dem Fahrradergometer absolvierten Tests korrelierten die von den Versuchspersonen eingestuftten Belastungen mit der Laufgeschwindigkeit beziehungsweise der Wattzahl, mit der Pulsfrequenz und mit der Sauerstoffaufnahme. Bei der aerob-anaeroben Schwelle (Laktatgehalt 4 mMol/l wurden die Belastungen – unabhängig vom Leistungsvermögen und Trainingszustand – immer im Skalenbereich «mittel» eingestuft. Bei einem Langstreckenlauf über 11 km stufen die Versuchspersonen bei gleichbleibender Laufgeschwindigkeit die Belastung kontinuierlich höher ein, während die Pulsfrequenz nur wenig zunahm. Die durchgeführten Versuche haben bestätigt, dass die subjektive Einstufung der Belastung sowohl für Freizeit- wie Wettkampfsportler ein wertvolles Hilfsmittel zur Gestaltung des Ausdauertrainings ist.

Einleitung und Fragestellungen

Aus eigener Erfahrung wissen wir, dass bei Ausdauerleistungen – sei es beim Laufen, Schwimmen, Radfahren oder Skilanglaufen – die subjektiv empfundene Belastung sehr verschieden sein kann. Diese ist vor allem abhängig von der Intensität sowie von der Zeitdauer beziehungsweise der zurückgelegten Distanz. Bekannt ist auch, dass bei länger dauernden Belastungen ein Tempo zu wählen ist, das nicht von Anfang an als eine grosse oder gar sehr grosse Anstrengung empfunden wird, da sonst frühzeitig Ermüdungs-Symptome auftreten.

Für den Sporttreibenden ist die Wahrnehmung der Anstrengung eine Art «feedback», die ihm ermöglicht, seine Leistung zu regulieren und zu dosieren. Der gut trainierte Sportler lernt auch, die in der beanspruchten Muskulatur oder beim Atmen wahrnehmbare Anstrengung zu verarbeiten und dementsprechend die Intensität der Belastung anzupassen. Von besonderer Bedeutung ist dies bei der Gestaltung des Ausdauertrainings – sowohl für den Spitzen- wie auch für den Freizeitsportler.

Die Wahl des richtigen Tempos ist sehr wichtig – insbesondere bei länger dauernden Belastungen zur Förderung des Dauerleistungsvermögens. Solche Belastungen sollten im Bereich von 60 bis 80 Prozent der maximalen Sauerstoffaufnahme und unterhalb der sogenannten aerob-anaeroben Schwelle liegen. Auch Anfänger und weniger gut Trainierte haben auf ein gut dosiertes Tempo zu achten, um Überlastungen und einen vorzeitigen Abbruch zu vermeiden.

Da heute Ausdauerleistungen aus gesundheitlicher Sicht einen hohen Stellenwert haben, sollten den Sporttreibenden auch möglichst praxisnahe Anweisungen und Hilfen gegeben werden. Dies waren die Zielsetzungen einer Reihe von Diplomarbeiten, die kürzlich von Turn- und Sportstudenten an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich ausgeführt wurden. Im Mittelpunkt standen dabei folgende Fragestellungen:

- Welches ist die subjektive Einstufung der Belastung in Abhängigkeit der Laufgeschwindigkeit?
- Welche Beziehungen bestehen zwischen der subjektiven Einstufung der Belastung einerseits und der Pulsfre-

quenz, der Sauerstoffaufnahme und dem Laktatgehalt im Blut andererseits?

- Wie ändert sich die subjektiv empfundene Belastung bei gleichbleibender Laufgeschwindigkeit im Verlauf einer Stunde?

Zu diesem Zweck erfolgten Labor- und Feldversuche mit Sportlern verschiedener Altersgruppen sowie mit unterschiedlichem Trainingszustand. Die wichtigsten Ergebnisse dieser Arbeiten sind im folgenden zusammengefasst. Die heutigen Kenntnisse über die physiologischen und psychologischen Grundlagen der subjektiven Wahrnehmung wurden kürzlich an einem Symposium über «perceived exertion» vorgetragen (2, 3, 7, 9).

Untersuchungen auf dem Laufband- und Fahrradergometer

Alle Tests der Versuchsreihen I (6), II (5), III (10) und IV (8) erfolgten in einem Laborraum mit Fensterlüftung. Als *Laufbandergometer* wurde das «Langband L1» der Firma Woodway verwendet (Maximalgeschwindigkeit 25 km/h, ohne Steigung), als *Fahrradergometer* das Modell «Bodygard 990» der Firma Roga. Zur Messung der *Herzfrequenz* wurde eine Telemetrie-Anlage (Philips) verwendet. Die Bestimmung des *Laktatgehaltes im Blut* erfolgte spektrophotometrisch in den enteiwerten Proben nach Zugabe der Reagenzien «Tris – Hydrazin – NAD» und «LDH». Detaillierte Angaben zu den Methoden sind in den erwähnten Diplomarbeiten aufgeführt. Die *subjektive Einstufung der Belastung* erfolgte auf einer *Skala von 1 bis 5* mit folgenden Bewertungen der Anstrengung:

1 = sehr klein; 2 = klein; 3 = mittel; 4 = gross; 5 = sehr gross.

Möglich waren auch Einstufungen zwischen zwei Zahlen; von der kleinsten bis zur grössten Anstrengung ergaben sich somit 9 Möglichkeiten.

Die *Versuchspersonen* der Versuchsreihen I, II und III waren mehrheitlich Studentinnen, Studenten und Dozenten, die ein regelmässiges Ausdauertraining absolvierten.

ren; beim Versuch IV waren es Mitglieder des schweizerischen Mittelstreckenkaders. Bei jedem Versuch erfolgten Belastungen auf mindestens 3 Stufen während jeweils 5 Minuten. Auf dem Laufband betrug die niedrigste Belastung 10 oder 12 km/h; die Damen steigerten jeweils um 2 km/h, die Herren um 3 km/h bis zum Abbruch. Beim Fahrradergometer begannen die Versuchspersonen bei 120 oder 140 Watt (2 kp bei 60 beziehungsweise 70 Touren/Min.) und steigerten um 60 oder 70 Watt. Zwischen den einzelnen Belastungsstufen lag eine Pause von 60 bis 90 Sekunden; während dieser Zeit erfolgte die Blutentnahme für die Laktatbestimmung und die subjektive Einstufung der Belastung.

Ausgewertet wurden die subjektive Einstufung, die Pulsfrequenz, die Sauerstoffaufnahme und der Laktatgehalt im Blut der jeweils vollständig absolvierten fünfminütigen Belastungsstufen. Die Abbildung 1 veranschaulicht die Beziehung zwischen der subjektiven Einstufung und den übrigen gemessenen Parametern. Daraus geht hervor, dass die subjektive Einstufung linear mit der Laufgeschwindigkeit sowie auch mit der Pulsfrequenz und der Sauerstoffaufnahme ansteigt; beim Laktat ist die Zunahme jedoch nicht linear. Zwischen den einzelnen Versuchsgruppen ergaben sich zum Teil deutliche Unterschiede, wie dies aufgrund des unterschiedlichen Leistungsvermögens und Trainingszustandes der Versuchspersonen zu erwarten war. Innerhalb der etwa gleich gut trainierten Gruppen lagen die Streuungen jeweils in der gleichen Grössenordnung.

Die Abbildung 2 zeigt die Mittelwerte und Standardabweichungen der subjektiven Einstufung der Laufgeschwindigkeit und der Pulsfrequenz bei der *aerob-anaeroben*

Subjektive Einstufung bei der aerob-anaeroben Schwelle auf dem Laufband

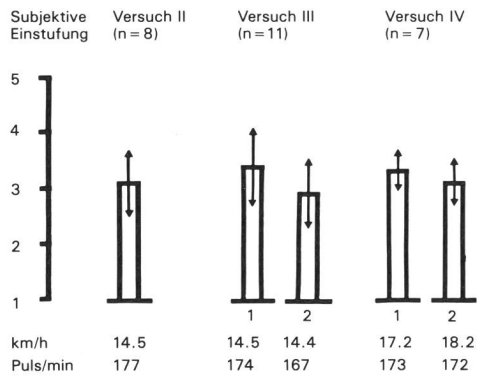


Abbildung 2: Subjektive Einstufung der Belastung auf dem Laufband bei der aerob-anaeroben Schwelle (Laktatgehalt 4 mMol/l). Mittelwerte und Standardabweichungen. Testpersonen, bei den Versuchen II und III waren Studentinnen und Studenten, beim Versuch IV Mitglieder des schweizerischen Mittelstrecken-Kaders.

Schwelle (Laktatgehalte 4 mMol/l). Auffallend ist, dass bei allen Versuchsgruppen – unabhängig vom Trainingszustand – die Einstufung auf dem Laufband bei einem Wert von zirka 3 lag, also bei einer «mittleren» Anstrengung. Diese Bewertung gaben erwartungsgemäss die sehr gut trainierten Mittelstreckenläufer bei einer höheren Laufgeschwindigkeit als die Freizeitsportler. Auffallend sind auch die niedrigeren Streuungen der subjektiven Einstufungen bei den Mittelstreckenläufern als bei den andern Versuchsgruppen. Wurde der Laufband-Test wiederholt, so lagen die Unterschiede der Einstufungen im Bereich der Streuungen, obwohl bei der Gruppe III die Pulsfrequenzen niedriger und bei der Gruppe IV die Laufgeschwindigkeit höher waren.

Untersuchungen beim Skilanglauf

In einer weiteren Versuchsreihe (1) absolvierten 11 Versuchspersonen (3 Damen und 8 Herren) auf einer flachen, zirka 500 m langen Loipe 6 Testläufe à je 3 Runden – und zwar zu Beginn je 2 Läufe in einem «langsamen» Tempo (Durchschnitt zirka 12 km/h), dann 2 Läufe in einem «mittleren» Tempo (zirka 13,5 km/h) und schliesslich 2 Läufe in einem «schnellen» Tempo (zirka 15 km/h). Jede Versuchsperson absolvierte die 6 Testläufe innerhalb zirka einer Stunde – bei jeweils gleichbleibenden Schnee- und Wetterverhältnissen. Die Pulsfrequenz wurde kontinuierlich mit Hilfe einer Telemetrie-Anlage (Philips) gemessen. Nach jeder Runde erfolgte die Einstufung der subjektiven Belastung durch die Versuchspersonen auf der Skala 1 bis 5 (wie bei den Labor-Versuchen); ferner wurde die Zeit für jede Runde gestoppt.

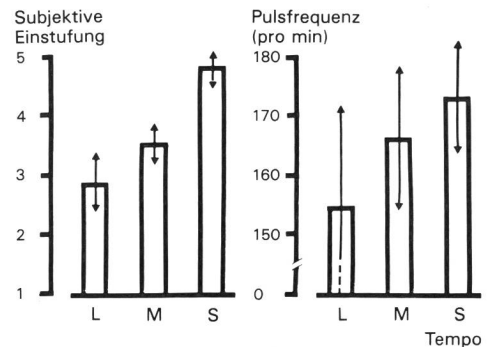


Abbildung 3: Subjektive Einstufung der Belastung und Pulsfrequenz beim Skilanglauf in Abhängigkeit der Laufgeschwindigkeit. Mittelwerte und Standardabweichungen von 10 Versuchspersonen, die je 2 Testläufe à ca. 1,5 km beim Tempo «langsam» (= L), «mittel» (= M) und «schnell» (= S) absolvierten.

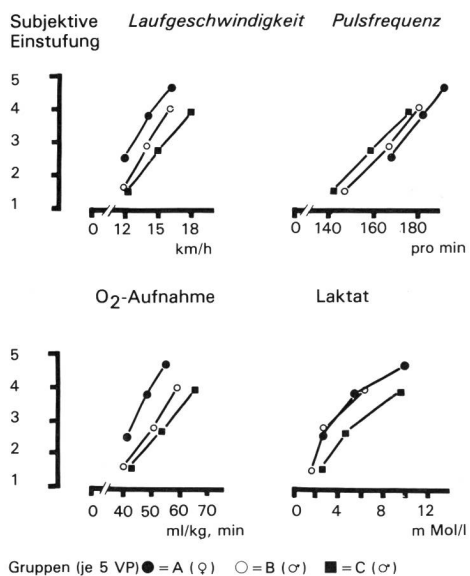
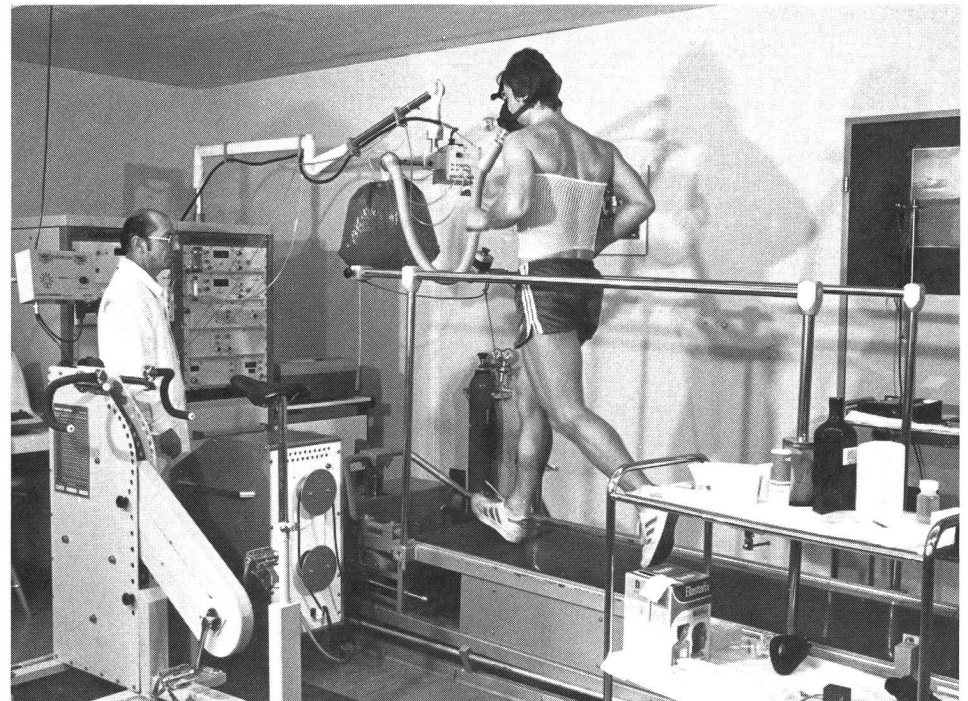


Abbildung 1: Beziehung zwischen der subjektiven Einstufung und der Laufgeschwindigkeit, Pulsfrequenz, Sauerstoffaufnahme und Laktatgehalt im Blut. Mittelwerte der Versuchsgruppe III (Studentinnen und Studenten).



Das Leistungslabor des ETS-Forschungsinstituts.



Finden der optimalen Belastungsintensität ist auch für den Breitensportler von vitaler Bedeutung.

Die *Abbildung 3* zeigt die Mittelwerte und Standardabweichungen der subjektiven Einstufung und der Herzfrequenz von 10 Versuchspersonen. Wie bei den im Labor getesteten Läufern ergaben sich auch bei den Skilangläufern deutliche Beziehungen zwischen der subjektiven Einstufung und dem Lauftempo, sowie auch zwischen der Herzfrequenz und dem Lauftempo. Dabei traten auch hier individuelle Unterschiede auf; neben dem Trainingszustand dürfte beim Skilanglauf vor allem auch die Lauftechnik einen Einfluss haben. Die Einzelauswertung ergab jedoch für alle Versuchspersonen lineare Beziehungen zwischen den gemessenen Parametern.

Untersuchungen beim Langstreckenlauf

In Ergänzung zu den Versuchsreihen auf dem Laufband wurde in einer weiteren Studie (4) untersucht, wie sich die subjektiv empfundene Belastung und die Pulsfrequenz bei gleichbleibendem Lauftempo im Verlaufe von 45 bis 60 Minuten ändert. Dazu haben 24 Versuchspersonen (10 Studentinnen, 12 Studenten und 2 Dozenten) 2 Testläufe à 11 km auf einer 1,1 km messenden Rundstrecke absolviert. Die 10 Runden wurden auf Naturstrassen im Wald gelaufen, die Höhendifferenz pro Runde betrug 15 m. Der 1. Lauf («langsam») wurde – entsprechend dem Trainingszustand – bei einem Tempo absolviert, das während zirka 20 km innegehalten werden kann; beim 2. Lauf («schnell») liefen die Versuchspersonen so rasch wie möglich. Der 2. Lauf wurde zirka 1 Woche nach dem 1. Lauf absolviert.

Die Messung der Pulsfrequenz erfolgte mit einem Pulsdosimeter (Firma Straumann, Waldenburg BL). Nach jeder Runde wurde

die Pulssumme und die Laufzeit festgehalten, und die Versuchspersonen beurteilten die subjektiv empfundene Belastung auf der Skala 1 bis 5 (wie bei den Laborversuchen). Die Laufzeiten pro Runde konnten von allen Läuferinnen und Läufern ziemlich konstant gehalten werden; zum Teil wurden etwas längere Zeiten gegen Ende des Testlaufes beim Tempo «schnell» gemessen.

In der *Abbildung 4* sind die durchschnittlichen Einstufungen der Belastungen und die Pulsfrequenzen in Abhängigkeit des

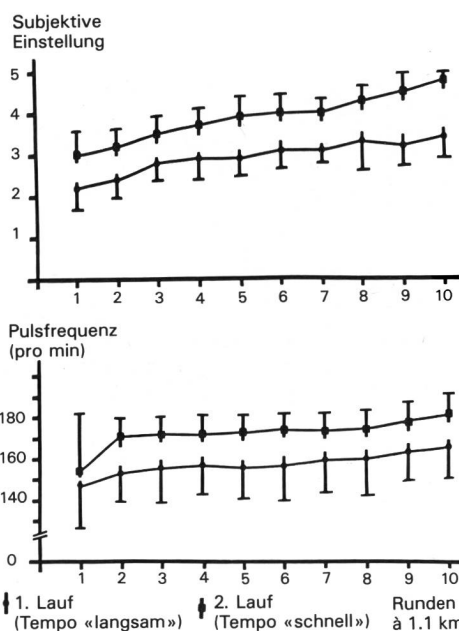


Abbildung 4: Subjektive Einstufung der Belastung und Pulsfrequenz beim Langstreckenlauf. Mittelwerte und Standardabweichungen von 14 Läufern, die je 10 Runden à 1,1 km beim Tempo «langsam» und beim Tempo «schnell» absolvierten; die Unterschiede sind in allen Runden signifikant.

Lauf tempos und der gelaufenen Distanz dargestellt. Entsprechend den Befunden der Laborversuche wurden die subjektiv empfundenen Belastungen beim Tempo «schnell» durchwegs höher eingestuft als beim Tempo «langsam»; deutliche Unterschiede ergaben sich auch bei den Pulsfrequenzen. Jedoch nicht nur das Tempo sondern auch die variable Zeitdauer führte zu auffallenden Unterschieden: Im Verlauf der 10 Runden wurden die Belastungen – trotz gleichbleibender Laufgeschwindigkeit – kontinuierlich höher eingestuft; beim Tempo «schnell» waren die Zunahmen grösser als beim Tempo «langsam». Die Pulsfrequenzen sind ebenfalls angestiegen, wobei die Zunahme sowohl beim Tempo «langsam» sowie beim Tempo «schnell» in der gleichen Grössenordnung lagen. Gesamthaft zeigen diese Feldversuche, dass nicht nur das Lauf tempo beziehungsweise die Intensität sondern auch die Zeitdauer bei der Einstufung der subjektiv empfundenen Belastung eine wesentliche Rolle spielt.



Schlussfolgerungen

Bei den Labor- wie auch bei den Feldversuchen hat sich gezeigt, dass bei Ausdauerleistungen die subjektive Einstufung der Belastung auf einer Skala von 1 bis 5 («sehr klein» bis «sehr gross») vom jeweiligen Lauf tempo beziehungsweise der *Intensität der Belastung* abhängig ist. Entsprechend bestehen auch Beziehungen zur Sauerstoff-Aufnahme, zur Pulsfrequenz und zum Laktatgehalt im Blut. Erwartungsgemäss traten dabei zum Teil beträchtliche individuelle Unterschiede auf, die vor allem vom *Trainingszustand* sowie vom Alter und Geschlecht abhängig waren. So erreichten die untersuchten Studenten und Freizeitsportler eine subjektiv als «mittel» empfundene Belastung bei wesentlich tieferen Laufgeschwindigkeiten als die wett-kampfmässig trainierenden Mittelstreckenläufer; entsprechend verschieden waren auch die Beziehungen zur Sauerstoff-Aufnahme und zur Pulsfrequenz. Bei den Be-

ziehungen zur Pulsfrequenz hat auch die maximal erreichbare Pulsfrequenz einen Einfluss. Die Einstufungen der Belastungen durch die einzelnen Versuchspersonen waren jedoch bei Testwiederholungen sehr konstant – insbesondere bei den gut trainierten Läufern.

Neben der Intensität hat auch die *Zeitdauer der Belastung* einen Einfluss auf die subjektive Einstufung. Bei Testläufen von 45 bis 60 Minuten waren bei gleichbleibendem Tempo die Einstufungen und die Pulsfrequenz beim schnellen Laufen höher als beim langsamen Laufen. Die Einstufungen nahmen im Verlauf der Testläufe kontinuierlich zu – und zwar beim Tempo «schnell» rascher als beim Tempo «langsam» –, während die Pulsfrequenzen nur wenig änderten. Die in den Laborversuchen nach jeweils fünf-minütigen Belastungen ermittelten Beziehungen können somit nicht auf länger dauernde Belastungen übertragen werden.

Besonders aufschlussreich waren die Befunde über die subjektiven Einstufungen in Abhängigkeit des Laktatgehaltes im Blut. Unabhängig vom Trainingszustand und vom Leistungsvermögen wurden die Belastungen im Bereich der *aerob-anaeroben Schwelle* (Laktatgehalt 4 mMol/l) im Durchschnitt als «mittel» bewertet. Bei den Mittelstreckenläufern war dies bei einem Tempo von 17 bis 18 km/h der Fall, bei den Studenten und Freizeitsportlern bei 14 bis 15 km/h. Änderte die aero-anaerobe Schwelle von Test zu Test infolge verbessertem Trainingszustand, wie dies bei den Mittelstrecklern der Fall war, so blieb die subjektive Einstufung in der gleichen Größenordnung.

Die Ergebnisse der Laborversuche weisen darauf hin – entsprechend den Befunden der eingangs erwähnten bisherigen Untersuchungen –, dass der *Laktatgehalt im Blut* als Auslöser für die subjektiv empfundene Belastung von massgebender Bedeu-

tung ist. Dabei ist allerdings zu beachten, dass die ermittelte Beziehung zwischen der Einstufung und dem Laktatgehalt für steady-state Belastung von 5 Minuten Dauer gilt. Aufgrund der Ergebnisse bisheriger Studien muss man annehmen, dass bei länger dauernden Leistungen die Abnahme des Glykogengehaltes in der Muskulatur, die Beanspruchung von Kreislauf und Atmung sowie die Temperaturregulation als Auslöser für die subjektiv empfundene Belastung wirken. Hinweise zu dieser Frage dürften weitere Versuchsreihen mit Testläufen über 10 km geben, die zur Zeit durchgeführt werden; dabei wird zusätzlich zur subjektiven Einstufung und der Pulsfrequenz auch der Laktatgehalt im Blut gemessen.

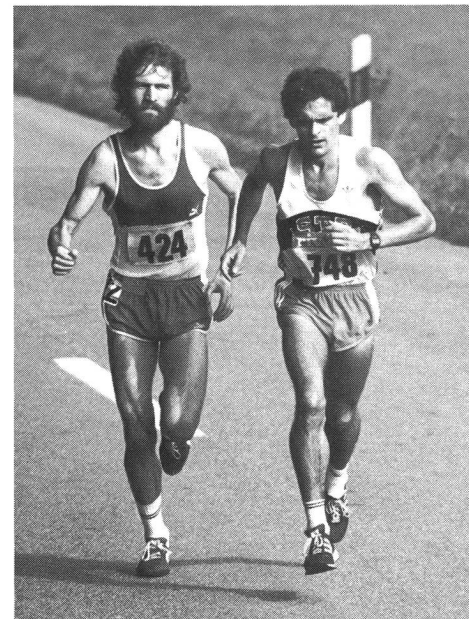
Die subjektive Einstufung der Belastung kann dem Läufer somit wertvolle Hinweise geben zur Gestaltung des *Ausdauertrainings*. Bekanntlich liegen die optimalen Belastungen zur Förderung der aeroben Kapazität bei der aero-anaeroben Schwelle. Diese wird aufgrund der vorliegenden Ergebnisse – unabhängig vom Leistungsvermögen und vom Trainingszustand – im Bereich der subjektiven Einstufung «mittel» erreicht. Bei einer Bewertung «gross» lag der Laktatgehalt in den meisten Fällen über 4 mMol/l, das heisst, einer zu hohen Intensität zur Förderung des Dauerleistungsvermögens.

Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen weitgehend die bisher bekannten und zur Förderung des Dauerleistungsvermögens empfohlenen «Faustregeln». Dies ist vor allem für den Freizeitsportler von Nutzen, der ohne kontinuierliche Messung der Pulsfrequenz und ohne Ermittlung der aero-anaeroben Schwelle die optimale Intensität der Belastung finden soll. Bei einer subjektiven Einstufung «mittel» wird die erwünschte Pulsfrequenz von 180 minus Alter sicher erreicht. Bei dieser Belastung wird es dem Trainierenden auch möglich sein, während 20 bis 30 Minuten in gleichmässigem Tempo zu laufen, ohne vorzeitig wegen Überanstrengung oder Ermüdung abbrechen zu müssen. Besonders wichtig ist dies bei Beginn oder Wiederaufnahme eines Ausdauertrainings sowie auch in der Rehabilitation.

Mittels der subjektiven Einstufung der Belastung kann somit auf einfache Weise die Intensität der Belastung gesteuert werden. Voraussetzung für eine richtige Anwendung dieses Hilfsmittels ist allerdings, dass der Sporttreibende lernt, auf die Belastungssignale zu achten, und die Intensität und den Umfang des Trainings danach zu richten. ■

Literatur

- 1 Ahlm, Agneta: Herz-/Kreislaufbelastung beim Skilanglauf. Diplomarbeit, Turn- und Sportlehrerausbildung, ETH Zürich (1980).
- 2 Borg, G.A.V.: Psychophysical bases of perceived exertion. Med. Sci. Sports Exercise 14, 377 bis 381 (1982).



- 3 Cafarelli, E.: Peripheral contributions to the perception of effort. Med. Sci. Sports Exercise 14, 382 bis 389 (1982).
- 4 Füglistner, M.: Subjektive Einstufung der Belastung im Ausdauertraining. Diplomarbeit, Turn- und Sportlehrerausbildung, ETH Zürich (1982).
- 5 Hofmann, R.: Spiroergometrische Untersuchungen auf dem Laufband-Fahrradergometer. Diplomarbeit, Turn- und Sportlehrerausbildung ETH Zürich (1981).
- 6 Kessler, Gaby: Laufgeschwindigkeit, Pulsfrequenz und subjektives Leistungsempfinden. Diplomarbeit, Turn- und Sportlehrerausbildung ETH Zürich (1980).
- 7 Pandolf K.B.: Differentiated ratings of perceived exertion during physical exercise. Med. Sci. Sports Exercise 14, 397 bis 405 (1982).
- 8 Ramsler, A.: Spiroergometrische Untersuchungen bei Mittelstreckenläufern. Diplomarbeit, Turn- und Sportlehrerausbildung, ETH Zürich (1982).
- 9 Robertson, R.J.: Central signals of perceived exertion during dynamic exercise. Med. Sci. Sports Exercise 14, 390 bis 396 (1982).
- 10 Schluep, B.: Spiroergometrische Untersuchungen bei Freizeitsportlern. Diplomarbeit, Turn- und Sportlehrerausbildung, ETH Zürich (1982).

Verdankung

Frau E. Scholz danke ich für die Durchführung und Auswertung der Laktatbestimmungen, Herrn A. Säggerer für seine Mithilfe bei der Auswertung der spiroergometrischen Messungen und Frau Agneta Ahlm, Frl. Gaby Kessler sowie den Herren R. Hofmann, A. Ramsler, B. Schluep und M. Füglistner für die Durchführung und Auswertung der Versuche.

Adresse des Autors:

Prof. Dr. H. U. Wanner
Turn- und Sportlehrerausbildung
Eidg. Technische Hochschule
CH-8092 Zürich

