

## Leistungsdiagnostik im Bergsport

Michaela Krenn<sup>1</sup>, Wolfgang Domej<sup>2</sup> und Günther Schwabberger<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut für Systemphysiologie, Zentrum für Physiologische Medizin, Medizinische Universität Graz, Graz, Österreich

<sup>2</sup>Medizinische Klinik, Medizinische Universität Graz, Graz, Österreich  
ARGE Alpinmedizin, Graz, Österreich

Eingegangen am 1. Dezember 2004, angenommen am 15. Dezember 2004  
© Springer-Verlag 2005

### Performance testing in mountaineering

**Summary.** Laboratory ergometry to exhaustion allows cardiopulmonary risk assessment for the prevention of health problems related to mountaineering. Moreover, exercise testing evaluates functional status, so permitting individualized training programs and evaluation of training effects. Additionally, mountaineering-specific performance diagnosis allows individual as well as group-specific determination of exercise performance related to field conditions.

Laboratory tests are standardized, easy to perform and cost effective. Treadmill ergometry with constant walking speed and increasing inclination is suggested to be predictive for mountaineering performance. On the other hand, the validity for the specific conditions for mountaineering is questionable. Standardized laboratory exercise tests combined with sport-specific exercise tests provide rough information on the ability to sustain real-situation strain. To compare individual exercise performance, published data tables obtained from field tests may be used.

It must, however, be mentioned that high-altitude-adaptation is independent of exercise performance evaluated separately.

**Key words:** Performance testing, mountaineering-specific exercise-tests, laboratory tests, mountain medicine.

**Zusammenfassung.** Eine ausbelastende ergometrische Leistungsdiagnostik im Labor kann für den Bergsportler allfällige kardiopulmonale Risikofaktoren oder Gesundheitsstörungen abklären und die individuelle Leistungsfähigkeit einschätzen, die individuelle Trainingspla-

nung und Trainingsgestaltung verbessern und eine Leistungsprognose des Einzelnen und der Gruppe erstellen. Sportartspezifische Labortests ermöglichen eine Vergleichbarkeit von Testergebnissen über einen längeren Zeitraum und damit auch eine Verlaufsbeurteilung des Trainings. Die Laufbandergometrie mit stufenweise ansteigendem Neigungswinkel kommt als Testmethode dem im Bergsport typischen Bewegungsmuster am nächsten.

Labortests sind dabei einfach, effizient, ökonomisch und zeitsparend. Zusammen mit motorischen Tests der wichtigsten Muskelgruppen geben sie einen guten Aufschluss über die individuelle Leistungsfähigkeit des Bergsportlers. In Feldtests ermittelte Richtwerte für die leistungsphysiologischen Mindestanforderungen an Trekker und Expeditionsbergsteiger zeigen, dass eine gute aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit nicht nur ein entscheidendes Kriterium für den Erfolg sondern auch für die Sicherheit am Berg ist. Die Bedeutung der Anpassung des menschlichen Organismus an die hypoxischen Bedingungen der Höhe darf dabei keinesfalls unterschätzt werden.

**Schlüsselwörter:** Leistungsdiagnostik, Bergsport, Leistungstests.

### Einleitung

„Ein Großteil der Bergsteiger, die heutzutage in Scharen zum Everest strömen, sind nur im begrenzten Maße qualifiziert...“ *Jon Krakauer*

War der alpine Bergsport jahrzehntlang noch vom Nimbus des Abenteuers und Entdeckertums geprägt, in dem es im Wesentlichen um das Besteigen bis dahin unbestiegener Gipfel ging oder das Begehen bis dahin unbegangener Routen, findet man heute im Bergsport mehr und mehr sowohl die typischen Phänomene des Breitensports als auch die Leistungskriterien des Spitzensports.

Im Laufe des letzten Jahrzehnts hat der alpine Bergsport insbesondere im kompetitiven Sinne durch die immer größer werdende mediale Vermarktung einen enormen Wandel erfahren. Stand in den Anfängen des Alpinismus die Besteigung des Gipfels an sich im Vordergrund und rankten sich Mythen und Heldenlegenden um

---

Korrespondenz: Dr. Michaela Krenn, Institut für Systemphysiologie, Zentrum für Physiologische Medizin, Medizinische Universität Graz, Harrachgasse 21/5–6, 8010 Graz, Österreich.  
Fax: ++43/316/380-9630  
E-Mail: mic.krenn@meduni-graz.at

die Erklommung eines Berges, wurde im Laufe der Jahre mehr und mehr der Erfolg eines Bergsteigers über die Anzahl der Gipfel und ihre Höhe definiert. Erlangte man in den 80er Jahren noch mit der Besteigung aller 14 Achttausender weltweite Berühmtheit, verdrängen heute die klassischen Kriterien des Sports „höher, weiter, schneller“ mehr und mehr den Mythos Berg. Es ist daher weniger eine Frage, ob oder wie viele Gipfel man besteigt, sondern vielmehr das Wie. Zeit, Technik und Gestaltung der Routenwahl gewinnen zunehmend an Bedeutung. Deutlich zu sehen ist dies bei den derzeit bekanntesten Sportkletterern und Extrembergsteigern Alexander und Thomas Huber mit ihren jüngsten Speed-Begehungen der Zodiac am El Capitan im Yosemite-Nationalpark, Kalifornien. Oder etwa beim steirischen Extrembergsteiger und Skyrunner Christian Stangl, der erst kürzlich auf den 5.895 Meter hohen Kilimandscharo in neuer Rekordzeit von fünf Stunden, 36 Minuten und 38 Sekunden lief. Derartige Leistungen sind nur durch intensives, geplantes und kontrolliertes Training möglich, dementsprechend gewinnt auch die moderne Leistungsdiagnostik in diesen Bereichen an Wert und ist heute aus dem alpinen Spitzensport nicht mehr wegzudenken.

### Gründe für eine Leistungsdiagnostik im Bergsport

Der Breitensport drängt immer mehr auch in alt hergebrachte Grenzbereiche des Bergsports vor. Die höchsten Gipfel dieser Welt liegen heutzutage selbst für Sportler ohne große Bergerfahrung im Bereich des Möglichen. Extremerfahrungen am Berg sind nicht mehr nur wenigen Leistungssportlern vorbehalten, Achttausender sind buchbar. Diese Entwicklung birgt nicht nur zahlreiche Gefahren, sondern stellt auch die Alpin- und Höhenmedizin vor neue Herausforderungen. Während sich die Leistungsdiagnostik im Spitzensport zur Trainingsoptimierung weitgehend etabliert hat und auch im professionellen Extrembergsport immer populärer wird, ist sie bei der grundsätzlichen Einschätzung der Leistungsvoraussetzungen und Risiken für Spitzenleistungen im ambitionierten Bereich noch völlig unüblich.

Schließlich hat der Alpinismus bis heute den Nimbus der Natürlichkeit und Gesundheit nicht eingebüßt – immerhin gab es bis heute keine bekannten oder nachgewiesenen Dopingfälle. Gleichzeitig findet man selbst im Freeclimbing einen enormen Leistungswillen. Infolgedessen werden am Berg gerne Signale einer kardialen Überlastung übersehen, fehlinterpretiert oder ignoriert. Nicht zuletzt die Tatsache, dass der Großteil aller Bergunfälle auf unzureichende Ausdauerleistungsfähigkeit zurückzuführen ist, wie Coscia und Giliotti in ihrer Studie ‚Fitness-Profile and Safety in Mountains‘ im Rahmen des EV-K2-CNR- Scientific-Program [1] belegten, unterstreicht die Wichtigkeit der Leistungsüberprüfung für Alpinisten.

Mit Hilfe einer ausbelastenden ergometrischen Leistungsdiagnostik auf dem Fahrrad oder Laufbandergometer können

- allfällige kardiopulmonale Risikofaktoren oder Gesundheitsstörungen abgeklärt
- die individuelle Leistungsfähigkeit eingeschätzt

- die individuelle Trainingsplanung und Trainingskontrolle [2] verbessert und
- eine Leistungsprognose erstellt werden

### Allgemeine und sportartspezifische Leistungsdiagnostik

Angesichts der enormen Bewegungs- und Belastungsvielfalt der unterschiedlichen Sportarten ist die Leistungsdiagnostik ein weit gefächerter Untersuchungskomplex, der auf verschiedenen fachspezifischen Untersuchungsstrategien aufbaut. Im Allgemeinen wird darunter eine Untersuchung auf Belastungsgeräten (Ergometern) bei gleichzeitiger Erfassung physiologischer Messgrößen verstanden. Die Belastung im Bergsport umfasst alle motorischen Hauptbeanspruchungsformen: Ausdauer, Kraft, Schnelligkeit und Koordination [3].

Für die Überprüfung der speziellen konditionellen Fähigkeiten hat jede Sportart oder Disziplin eigene Vorstellungen entwickelt, daher wird grundsätzlich zwischen einer allgemeinen und einer sportartspezifischen Leistungsdiagnostik unterschieden. Erstere verwendet unspezifische Verfahren zur Ermittlung konditioneller Fähigkeiten des kardiorespiratorischen Systems, während die sportartspezifische Leistungsdiagnostik versucht, unter möglichst wirklichkeitsnahen Bedingungen die Leistungsfähigkeit des Sportlers zu bestimmen.

Um eine möglichst repräsentative Einschätzung der sportartspezifischen Leistungsfähigkeit des Probanden geben zu können, hat sich die Leistungsergometrie immer mehr den jeweiligen Bewegungsmustern der Sportarten angepasst. Inzwischen werden im Leistungssport die sportartspezifischen oder semispezifischen Belastungsprüfungen bevorzugt und die Testbatterien ständig erweitert. So findet man heute neben klassischen Rad- und Laufbandergometern auch Kanuergometer u.a. [4].

### Spezifität und Standardisierbarkeit

Mittlerweile ist der Bergsport sehr facettenreich, angefangen vom Bergsteigen im alpinen Gelände über Expeditionsbergsteigen in mittleren, großen und extremen Höhen bis hin zum Sportklettern und Eisklettern. Die enorme Vielfalt an sportlichen Ausprägungen in den unterschiedlichsten Settings lässt Feldtests zur Leistungsbestimmung auf den ersten Blick am sinnvollsten erscheinen. Feldtests sind sicherlich realitätsnäher und bilden die sportartspezifische Belastung optimal ab, allerdings lassen sie sich gerade deshalb nur schwer vergleichen, da aufgrund der Witterungseinflüsse (Bodenbeschaffenheit, Windeinwirkung, Temperatureinflüsse), der jahreszeitlichen Schwankungen und der verschiedenen anderen Rahmenbedingungen eine Standardisierbarkeit nur im Ansatz möglich ist.

Labortests erfolgen uneingeschränkt unter standardisierten Bedingungen und verfügen über ein weitaus größeres Spektrum an zu messenden Parametern, daher bieten sie im Wesentlichen die Vorteile der Objektivität und Reproduzierbarkeit. Darüber hinaus sind Labortests wesentlich einfacher, effizienter, ökonomischer und zeitsparender durchzuführen als Feldtests.

Trotz der Entwicklung verschiedener sportartspezifischer Spezialergometer können Labortests, wenn Rück-

schlüsse aus der Ergometrie auf die sportliche Leistungsfähigkeit gezogen werden sollen, nicht einfach übertragen werden [4]. Zum einen kommt der Wirkungsgrad der Muskelarbeit bei sportartspezifischer Leistung in Labortests nur wenig zur Geltung, zum anderen können trainingspezifische Rückschlüsse meist nur leistungsentwicklungs-spezifisch oder im Vergleich mit anderen Sportlern gezogen werden. Das heißt, die Ergebnisse eines Tests können nicht absolut, sondern müssen im Kontext mit der Sportart und dem Sportler gesehen werden. Je größer die Anzahl von Vergleichswerten ist, desto besser können die ermittelten Werte und individuellen Schwellen einer Leistungsergometrie interpretiert und Trainingsempfehlungen abgeleitet werden.

### Labortests zur Bestimmung der funktionellen Kapazität

Sicherlich sind rein technisch gesehen zahlreiche Testmethoden und -verfahren möglich, in der Praxis haben sich jedoch das Laufband- und Fahrradergometer durchgesetzt, da sie nicht nur einfach durchzuführen, sondern auch auf alle Sportarten anwendbar sind. Wichtig sind allerdings die dabei verwendeten Protokolle.

#### Laufbandergometrie

Je nach Protokoll wird die Laufbandergometrie gehend oder laufend absolviert. Es variieren dabei Geschwindigkeit [km/h oder m/s] und/oder Neigung [% oder Grad] des Laufbands. Nach einer Aufwärmphase, die einerseits dazu dient, der Testperson Zeit zu geben sich an die Art der Bewegung zu gewöhnen und andererseits das Herzkreislaufsystem und den Stoffwechsel auf die kommende Belastung einzustellen, wird die Geschwindigkeit und/oder Neigung stufenweise gesteigert. Zwischen den Stufen sind Pausen von 20–60 Sekunden Länge notwendig, um Kapillarblut aus dem Ohrläppchen des Probanden zu nehmen. Die obligat gemessenen Parameter sind Laktat und Herzfrequenz. Blutdruck und Blutgase werden fakultativ ermittelt. Gegebenenfalls erfolgt auch die Messung spirometrischer Parameter (Sauerstoffaufnahme, Atemfrequenz, Atemzugvolumen, Atemäquivalente, Respiratorischer Quotient). Die spirometrischen Parameter verhalten sich abhängig vom verwendeten Protokoll unterschiedlich [5, 6].

#### Fahrradergometrie

Das klassische Untersuchungsgerät für kardiologische Belastungsuntersuchungen findet auch in der sportmedizinischen Diagnostik breite Anwendung. Das Fahrradergometer bietet gegenüber dem Laufband zahlreiche Vorteile. Der relativ ruhige Oberkörper während des Tests ermöglicht eine Abnahme des Kapillarbluts aus dem Ohrläppchen ohne Belastungsunterbrechung. Ferner erfordert seine Anwendung weniger Koordinationsvermögen seitens des Probanden und birgt eine geringe Gelenkbelastung im Bereich der unteren Extremitäten. Darüber hinaus ist das Fahrradergometer leicht transportierbar und platzsparend, was den Anwendungsbereich erweitert.

Bei gleich bleibender Tretfrequenz wird die Belastung stufenweise bis zur Ausbelastung erhöht. Jeweils am Ende einer Belastungsstufe wird Kapillarblut aus dem

Ohrläppchen entnommen, um Blutlaktat und ggf. Blutgase zu messen. Des Weiteren können Herzfrequenz, Blutdruck sowie spiroergometrische Parameter bestimmt werden. Auch hier variieren je nach Protokoll die Stufendauer und Belastungssteigerung in Watt. Da beim Fahrradergometer durch die stetig zunehmende Widerstandshöhe die Kraфтаusdauer der leistungslimitierende Faktor ist und nicht wie beim Laufband die Frequenz, ist dieses Testverfahren repräsentativ für das Bergsteigen.

Vergleicht man die verschiedenen Ergometrieformen und stellt sie in Bezug zur Beanspruchung beim Bergsteigen, kommt die Laufbandergometrie mit Steigungswinkeländerung und konstanter Geschwindigkeit, wie dies auch im Balke-Test [7] praktiziert wird, einer sportspezifischen Bewegung am nächsten.

Als Alternative kann die Fahrradergometrie, über die am meisten Erfahrungs- und Vergleichswerte vorliegen, herangezogen werden.

### Sportmotorische Tests

Wie bereits eingangs erwähnt, ist es kaum möglich, die Gesamtheit der Leistungskomponenten einer Sportart durch Tests zu beurteilen und zu quantifizieren. Dies gilt gerade für komplexe Tätigkeiten mit hoher koordinativer Komponente wie z. B. das Bergsteigen in technisch anspruchsvollen Routen in extremen Höhen. Dennoch gibt es motorische Tests, die die Leistungsfähigkeit der fürs Sportklettern wichtigen Muskelgruppen überprüfen.

#### a) Beweglichkeitstests

- *Rumpfbeugen*: Ziel dieses Tests ist es, die Beweglichkeit der Lendenwirbelsäule, der hinteren Oberschenkelmuskulatur und der Wade zu testen.
- *Seitgrätsche*: Dieser Test misst die seitliche Beweglichkeit der Hüfte.

#### b) Krafttests

- *Sit-ups*: erlaubt Aussagen über die Rumpfkraft bzw. die Leistungsfähigkeit der Bauchmuskulatur zur Feststellung der Körperspannung, die beim Klettern eine bedeutende Rolle spielt.
- *Beidarmiges Hängen an der 1-cm-Leiste*: misst die Fingerkraft
- *Klimmzüge an der 1-cm-Leiste*: zur Bestimmung der Maximalkraft der Armbeuger [8]

Die durch die Ergometrien und sportmotorischen Tests ermittelten Werte geben nun wertvolle Auskunft über den momentanen Trainingszustand des Sportlers und können so die Basis für eine weitere Trainingsplanung bilden, welche sich natürlich je nach dem Anforderungsprofil der individuellen Sportart unterschiedlich gestaltet.

### Anforderungen und Richtwerte im Bergsport

Aus leistungsphysiologischer Sicht weisen Trekking und Expeditionsbergsteigen folgende unterschiedliche Charakteristika auf:

- *Trekking* geschieht überwiegend auf Wegen in einem Höhenbereich von 2500–5500 m; es werden geringere Lasten getragen, die Tagesgehzeit bewegt sich zwischen 4–6 Stunden und die Schlafhöhenunterschiede belaufen sich auf 300–800 Höhenmeter. Die Zielsetzung einer Trainingsvorbereitung für diese speziellen Anforderungen ist das Erwerben einer soliden Grund-

**Tabelle 1.** Leistungsdiagnostische Orientierungswerte im Bergsport nach Jenny et al. [10]

Leistungsgruppe	Maximale Tretleistung auf dem Fahrradergometer	Relative maximale Sauerstoffaufnahme
Alpines Bergwandern und leichtes Trekking bis 3000 m	2,2 W/kg	36 ml/kg min
Trekking und Hochtouren in 3000–5500 m Höhe	2,7 W/kg	42 ml/kg min
Höhenbergsteigen in 5500–7000 m Höhe	3,5 W/kg	50 ml/kg min
Höhenbergsteigen über 7000 Höhe	4,0 W/kg	56 ml/kg min
Extrembergsteigen (technisch anspruchsvolle Routen in extremen Höhen)	4,5 W/kg	62 ml/kg min

lagenausdauer, also eine möglichst ökonomische Nutzung der aeroben Kapazität.

- *Extrembergsteigen* hingegen bedeutet zumeist neben Gehen auch Steigen und Klettern auf wesentlich höherem Terrain (5000–8848 m). Dabei werden größere Traglasten bewältigt, die Tagesetappen dauern zwischen 6 und 10 Stunden und die täglichen Schlafhöhenunterschiede betragen bis zu 1000 Hm. Daher zielt ein spezifisches Training für Expeditionsbergsteiger auf eine hohe Nutzung der aeroben Kapazität über eine lange Zeitdauer ab, was bedeutet, dass Kraftausdauer und Langzeitausdauer für das Expeditionsbergsteigen entscheidend sind.

Richtwerte für die leistungsphysiologischen Mindestanforderungen an Trekker und Expeditionsbergsteiger erstellte Lämmle 1998 in seiner Studie mit 56 Bergsteigern in Feldtests im Alpinzentrum Rudolfshütte sowie anhand von Labortests am Institut für Sportwissenschaften der Universität Innsbruck [9]. Die Labortests wurden in Form einer Fahrrad-Spiroergometrie durchgeführt. Es wurde die maximale Tretleistung in W/kg sowie die relative maximale Sauerstoffaufnahme ( $VO_{2max}$ ) in ml/kg min ermittelt und konsekutiv Sollwerte dieser Parameter

für verschiedene Leistungsgruppen vorgeschlagen (Tabelle 1).

Der Feldtest bestand aus einem standardisierten Steigleistungstest. Die 56 Probanden mussten eine vorgegebene Teststrecke (Start auf 1468 m Höhe und Ziel auf 2311 m) absolvieren. Es galt die ca. 900 Höhenmeter über eine Wegstrecke von 7 km zu überwinden. Der Test wurde mit festen Berg- oder Trekkingschuhen durchgeführt, das Gewicht des mitgeführten Rucksacks betrug bei Bergwanderern 5 kg, bei Trekkern 10 kg und bei Expeditionsbergsteigern 20 kg. Auf Basis der gemessenen Gehzeit wurde die durchschnittliche Steigleistung errechnet. Tabelle 2 zeigt die durchschnittliche Soll-Steigleistung über einen kontinuierlichen Anstieg von mindestens 1500 Höhenmeter für Sportler verschiedener Zielgruppen, angefangen beim leichten Trekking bis hin zum Extrembergsteigen in technisch anspruchsvollen Routen (Tabelle 2). Diese Richtwerte gelten allerdings nur für das Bergsteigen in einer Seehöhe von ca. 2000 Metern. Will man die Steigleistung auf größere Seehöhen umlegen kann man sich mit folgender Faustregel behelfen: Die  $VO_{2max}$  und die Steigleistung bei gut trainierten und akklimatisierten Bergsteigern nimmt um ca. 10 % pro 1000 Höhenmeter ab [10].

**Tabelle 2.** Richtwerte: Leistungsphysiologische Mindestanforderungen im aeroben Bereich nach Jenny et al. [10]

Leistungsgruppe	Steigleistung über mindestens 1500 Hm (kontinuierlicher Anstieg)	Steigleistungstest ÖAV Alpinzentrum Rudolfshütte ~ 900 Hm / 7 km	Rucksackgewicht beim Test
Alpines Bergwandern und leichtes Trekking bis 3000 m	~ 300 Hm/h	3:20 h bis 3:00 h	5 kg
Trekking und Hochtouren in 3000–5500 m Höhe	~ 400 Hm/h	3:00 h bis 2:20 h	10 kg
Höhenbergsteigen in 5500–7000 m Höhe	~ 600 Hm/h	2:20 h bis 2:00 h	20 kg
Höhenbergsteigen über 7000 m Höhe	~ 700 Hm/h	2:00 h bis 1:40 h	20 kg
Extrembergsteigen (technisch anspruchsvolle Routen in extremen Höhen)	~ 800 Hm/h	< 1:40 h	20 kg

**Tabelle 3.** Vergleich der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme erfolgreicher und gescheiterter Cho Oyu-Gipfelbesteiger nach Jenny et al. [10]

Untersuchte Bergsteiger	Relative VO <sub>2</sub> max [ml/kg min]
Cho Oyu (8201m)- Gipfelbesteiger	59,0–67,3
Cho Oyu-Gipfelbesteiger mit Erfrierungen	46,0
Cho Oyu-Gipfel nicht erreicht	51,0–57,8

Wie wichtig eine gute aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit nicht nur für den Gipfelerfolg sondern auch als Sicherheitsfaktor in extremen Höhen ist, belegt Lämmle 1998 [9]. Er vergleicht die relative VO<sub>2</sub>max erfolgreicher, unversehrter Gipfelbesteiger des 8201 m hohen Cho Oyu mit jenen Gipfelbesteigern, die den Gipfel zwar erreichten, aber Erfrierungen erlitten und jenen, die den Gipfel gar nicht erreichten (Tabelle 3). Hier heben sich die erfolgreichen Bergsteiger, die gesund den Gipfel erklommen haben, doch deutlich von dem Rest ab.

### Leistungsfähigkeit einer Gruppe

Bei allen leistungsphysiologischen Tests und individuellen Trainingsanalysen – am Berg ist man nur selten allein unterwegs. Über Erfolg und Misserfolg am Berg entscheidet Teamgeist und die Homogenität der Gruppenleistungsfähigkeit. „Eine Kette ist nur so stark wie ihr schwächstes Glied“ – eine realistische Einschätzung der Leistungsfähigkeit einer Gruppe ist nur möglich unter Berücksichtigung der relativen Leistungsfähigkeit jedes Einzelnen [11].

Die Leistungskapazität einer Bergsteigergruppe wird durch den Teilnehmer mit der niedrigsten relativen Leistungsfähigkeit limitiert [11], der folglich auch das Tempo bestimmen sollte. Daher ist es besonders für Expeditionsgruppen im Extrembergsport absolut ratsam, die Leistungsfähigkeit des Einzelnen und der Gesamtgruppe zu überprüfen, um nicht unliebsame Überraschungen auf dem Berg zu erleben.

### Akklimatisation

Ein Aspekt, der im Alpinsport eine enorme Rolle spielt, jedoch all zu gerne am Berg vergessen wird, ist die Höhen-Akklimatisation. Die Qualität der Anpassung des menschlichen Organismus an die hypoxischen Bedingungen der Höhe in mittleren bis extremen Höhen ist oft ausschlaggebend für den Erfolg oder Misserfolg am Berg. Die Wahrscheinlichkeit von Anpassungsstörungen, die sich in verschiedenen Formen der Höhenkrankheit zeigen, basiert auf individuelle Faktoren wie genetische Disposition, aktueller Gesundheitszustand, Ausmaß der Ventilationssteigerung durch Hypoxie (Hyperventilationsreaktion), Pulmonaldruckerhöhung durch Hypoxie, psychovegetative Verfassung usw. Keinen Einfluss auf die Akklimatisationsfähigkeit haben jedoch Geschlecht, Lebensalter und – was allzu oft fehlerhaft eingeschätzt wird – die

Ausdauerleistungsfähigkeit. Es gibt keine wirklich signifikanten Tests auf die Höhentauglichkeit. Nicht nur Bergsportler, sondern auch Alpinmediziner haben Schwierigkeiten mit der Einschätzung von exponentiellen Entwicklungen der Höhenkrankheit und dem Umgang mit Symptomen, die nicht augenscheinlich auf die Gefahren hinweisen bzw. sich nur in komplexer, nicht unmittelbarer Ausprägung zeigen. Die Fähigkeit zur Akklimatisation ist von derart vielen Faktoren abhängig, die nicht in Tests abbildbar sind. So ging man lange Zeit davon aus, dass eine gute Hyperventilationsreaktion in der Höhe ein Indiz für eine gute Anpassung ist, allerdings gibt es viele berühmte Beispiele, wie u. a. Reinhold Messner, die genau das Gegenteil beweisen. Die Akklimatisation erfolgt also völlig unabhängig von der individuellen körperlichen Leistungsfähigkeit. Wirklich zuverlässige Aussagen über die Höhentoleranz können am besten aus der individuellen Erfahrung einer vergleichbaren früheren Höhenexposition des Bergsportlers abgeleitet werden. Leider gibt es keine einfachen und zuverlässigen Tests zur Erfassung der Höhentauglichkeit, da häufig verlässliche anamnestic Angaben fehlen [12]. Jedoch ist trotz alledem ein solider Ausdauertrainingszustand zusammen mit einer ausreichenden Akklimatisation leistungsbestimmend und in extremen Höhen sogar ein erstrangiger Sicherheitsfaktor [1].

Generell kann gesagt werden, dass jedem Bergsportler zur Feststellung des persönlichen Leistungszustandes und als Orientierungshilfe bezüglich der eigenen Leistungsfähigkeit und der eigenen Leistungsgrenzen eine Leistungsdiagnostik empfohlen werden soll. Sicherlich ein wichtiger Schritt das Erleben der Faszination Bergsport bewusster und sicherer zu machen.

### Literatur

1. Coscia F, Giliotti P (2004) Fitness profile and safety in the mountains, EV-K2-CNR-Scientific-Program, Corso di Laurea in Scienze Motorie e Sportive, Scuola di Specializzazione in Medicina dello Sport, Università di Perugia. <http://www.montagna.org/Comitato-EvK2-CNR/indexek22-e.asp?Tipo=16>
2. Berghold F, Schaffert W (2004) Handbuch der Trekking- und Expeditionsmedizin. Dav Summit Club, München, S 11–27
3. Neumann G, Pfützner, Berbalk (1999) Optimierte Ausdauertraining, 2. Aufl. Meyer und Meyer, Aachen, S 218–230
4. Neumann G, Schüler K (1994) Sportmedizinische Funktionsdiagnostik, 2. Aufl. Barth, Leipzig Berlin Heidelberg, S 34–53
5. Pokan R, Schwaberg G, Hofmann P, Eber B, Toplak H, Gasser R, Fruhwald F, Pessenhofer H, Klein W (1995) Effects of treadmill exercise protocol with constant and ascending grade on levelling-off O<sub>2</sub> uptake and VO<sub>2</sub>max. *Int J Sports Med* 4: 238–242
6. Schwaberg G, Pokan R, Domej W, Hofmann P, Bunc V (1995) Comparison of treadmill running and uphill walking ergometry. In: Svoboda B, Rychtecky A (eds) Physical activity for life: East and West, South and North. Proceedings of 9th Biennial Conference of International Society for Comparative Physical Education and Sport at the Charles University, Prague 1994. Meyer & Meyer, Aachen, pp 278–282

7. Brooks G, Fahey T, Baldwin K (2005) Exercise testing and prescription. In: Exercise physiology. Human bioenergetics and its applications Mc Graw Hill, Boston, pp 696–701
8. Köstermeyer G (2001) Peak Performance – Klettertraining von A-Z, 3. Aufl. Lüma, S 82–85
9. Lämmle Th (1998) Höhenbergsteigen, Technik Taktik Training. Unveröffentlichte Arbeit am Institut für Sportwissenschaften, Universität Innsbruck
10. Schaffert W (1996) Der Tod in extremer Höhe, Schicksal oder Fehlverhalten? In: Jenny E, Flora G, Schober B, Berghold F (Hrsg) Jahrbuch '96 der Österreichischen Gesellschaft für Alpin- und Höhenmedizin, Innsbruck, S 101–111
11. Jenny E, Schaffert W, Lämmle Th, Burtscher M (1998) Sportärztlich-, höhenmedizinisch-, sportwissenschaftliches Tabellarium für den Bergsteiger. In: Jenny E, Riedmann G, Flora G, Berghold F, Jahrbuch '98 der Österreichischen Gesellschaft für Alpin- und Höhenmedizin, Innsbruck, S 185–212
12. Bärtsch P, Grünig E, Hohenhaus E, Dehnert C (2000) Beurteilung der Höhentauglichkeit beim Gesunden. Dtsch Z Sportmed 50: 401–406