

Bergsteigen unter sportwissenschaftlichen und höhenmedizinischen Aspekten

In der letzten Ausgabe 2/14 hat Stephan Weinbruch einen Beitrag zum Risiko beim Höhenbergsteigen geschrieben. Daraufhin hat sich Stefan Gatt gemeldet und gemeint, dass ihm und seinen Klienten prägnante Empfehlungen beim Trekking- und Höhenbergsteigen fehlen – falls Interesse besteht, könnte er für bergundsteigen einen praxisorientierten Text schreiben. Hier sein Beitrag.



Massentourismus auf die höchsten Gipfel der Welt wurde durch die Nutzung von künstlichem Sauerstoff in den letzten zwei Jahrzehnten möglich.



V

von Stefan Gatt

Das vorliegende Manuskript entstand in seinen Grundlagen im Sommersemester 1993 im Seminar Trainingslehre am Institut für Sportwissenschaften unter der Leitung von DDr. L. Prokop und Mag. R. Klaban. Seit dieser Zeit habe ich diese Seiten immer wieder aktualisiert, meine Erfahrungen eingearbeitet und auf die Bedürfnisse von mir bzw. die meiner Kunden adaptiert. Die Thematik „Medizinische Aspekte des Höhenbergsteigens“ war und ist für mich besonders interessant, da ich durch meine Tätigkeit als Expeditionsleiter regelmäßig damit in Berührung komme und bereits auf eine umfangreiche Erfahrung im Bereich Höhenbergsteigen zurückgreifen kann. Meine ersten Erfahrungen konnte ich im Winter 1990 sammeln, wo ich die Möglichkeit hatte, bei einer Auslandsbergfahrt von Horizont-Reisen als Coguide nach Ecuador und zum Aconcagua zu reisen. Heute kann ich auf über 20 Reisen nach Südamerika und drei Expeditionen nach Tibet zurückblicken. Ich konnte dabei den Everest 8.850 m, zweimal den Cho Oyu 8.201 m, zwei 7.000er (einen davon erstmals), ca. dreißig 6.000er und unzählige Gipfel über 5.000 m ohne künstlichen Sauerstoff besteigen.

Höhe (m)	Luftdruck (mm Hg)	Abnahme (%)	pO ₂ (mm Hg)	Temperatur (°C)
0	760	0	159	15
900	682	10	143	9,2
1900	604	20	127	2,7
2900	533	30	112	-3,8
4100	457	40	96	-11,6
5500	379	50	79	-20,7
7100	304	60	64	-31
8500	249	66	52	40,2
9000	233	70	48	-43,4

Abb. 1 Veränderung des absoluten Luftdrucks, relative Abnahme des Luftdrucks in %, Abnahme des Sauerstoffpartialdrucks und Veränderung der Temperatur in der Normatmosphäre nach Zink (1985).

b

Begriffsbestimmung

Eine mögliche Definition für Höhenbergsteigen bietet Berghold (1988, S.24): „Das sind alle jene Formen der Alpinistik, die in großen und extremen Höhen betrieben werden (ab 3500 Metern Seehöhe).“ Unter dem Begriff „Medizinische Aspekte“ möchte ich die physiologischen Veränderungen in großer Höhe, Symptomatik, Diagnose, Verlaufsformen und mögliche Behandlungsweisen einschlägiger Adaptationsstörungen beim Höhenbergsteigen näher behandeln. Unter dem Begriff „sportwissenschaftliche Aspekte“ möchte ich auf die Bereiche Energiebereitstellung und Ökonomie näher eingehen.

Stefan Gatt arbeitet seit 1989 als Coach & Trainer mit Gruppen in unterschiedlichen Kontexten: am Berg, im Wirtschafts- und im Paartherapiebereich. Er ist Sportwissenschaftler und Bergführer und beschreibt sich als „Abenteurer mit dem Interesse, Grenzen zu verschieben“.

g

Grundlagen und Veränderungen beim Höhenbergsteigen

Allgemeine Grundlagen

Zu den allgemeinen Grundlagen des Höhenbergsteigens gehören so elementare Themenbereiche wie das Wissen um Sicherungstechnik, Schneekunde, Gletscherkunde, etc. Die Kenntnis dieser Themenbereiche macht Höhenbergsteigen in seiner Art erst möglich. Das Wissen um alpine Gefahren ist die Grundvoraussetzung, um sich in größere Höhen vorzuwagen (vgl. Munter, 1981). Berghold et al. sprechen von den alpinistischen Grundvoraussetzungen, die sie unter den folgenden Schlagwörtern zusammenfassen: „Alpinistisches Können, alpinistische Erfahrung, ausgeprägte Fähigkeit zu kritischer Selbsteinschätzung (Verzichts- und Leidensfähigkeit), perfekte Fels-, Eis- und Sicherungstechnik, optimale, persönlich erprobte und gewichtsarme Ausrüstung.“ (1991, S.11).

Physikalische Grundlagen

Die grundlegende Einflussgröße beim Höhenbergsteigen bildet der Luftdruck. Der Normalluftdruck in Meereshöhe beträgt 760 mm Hg oder 1013 Millibar oder 101 Kilopascal. (vgl. Zink, 1985, S.2). Dieser Luftdruck verringert sich mit zunehmender Höhe und kann in Abb. 1 verdeutlicht werden. durch die folgende Graphik von Zink (1985, S.12). verdeutlicht werden:

In dieser Tabelle ist verdeutlicht, dass ab Werten unter ca. 33 % des Luftdrucks ein Überleben nur mehr mit Zusatzsauerstoff gewährleistet ist. „Der Aufenthalt in Höhen von mehr als 14 km ist auch bei O₂-Atmung nur mit Druckkabinen oder -anzügen möglich.“ (Silbernagl, 1991, S.108). In der Liste von Zink (1985, S.4) sind noch zusätzlich zur Veränderung des absoluten Luftdrucks mit der Höhe die relative Abnahme des Luftdrucks in Prozent, die Abnahme des Sauerstoffpartialdrucks (pO₂) und die Veränderung der Temperatur angegeben.

Die Veränderung der Temperatur in Zusammenhang mit der Luftfeuchte spielt eine weitere wichtige Rolle für den Höhenbergsteiger. „Allein durch Abatmung verliert der bergsteigende Mensch dort oben bis zu 6 Liter Körperflüssigkeit pro 24 Stunden.“ (Berghold, 1988, S.142). Dies geschieht dadurch, dass „die eingeatmete Luft ... auf ihrem Weg bis in die Lungenbläschen auf die Körpertemperatur von ca.37° C erwärmt und befeuchtet wird“, d.h. mit Wasserdampf bis auf 100 % Luftfeuchtigkeit gesättigt. Sie enthält dann ca.45 g Wasser pro Kubikmeter, ihr Wasserdampfdruck beträgt 47 mm Hg. (Zink, 1985, S.4). Diesen großen Flüssigkeitsverlust kann man nur durch die Devise „trinken, trinken und nochmals trinken“ (Messner, 1984, S. 133) eindämmen, aber niemals ausgleichen. (siehe auch Kapitel 5). „Das gelingt nur bei mehrtägiger Rast im Basislager.“ (Berghold, 1988, S.142).

p

Physiologische Veränderungen bei Höhenexposition

Gover berichtet über physiologische Veränderungen bei Höhenexposition Folgendes (1983, S.333): „Obwohl die Erkenntnis, dass Hypoxie auf alle Körperfunktionen leistungsmindernd wirkt, allgemeingültig ist, konnte man feststellen, dass das Körpergewebe unterschiedlich auf diesen Effekt reagiert. Das Gehirn beispielsweise ist gegenüber Hypoxie anfälliger als andere Körperteile.

Daraus resultiert, dass das Lösen komplexer kognitiver Aufgaben erschwert ist. Mathematische Berechnungen, Messungen und das Operieren mit Zahlen nehmen mehr Zeit in Anspruch und trotz größerer Anstrengung erhöht sich die Fehlerquote.“ Die Veränderungen in diesem Bereich können sich natürlich am Berg auf fatale Art und Weise auswirken. Wahrscheinlich werden, so glaube ich aus meiner Erfahrung urteilen zu können, viele traumatische Unfälle ursächlich durch Veränderungen in diesem Bereich, gepaart mit großer physischer Ermüdung, ausgelöst. Ein aktuelles Beispiel bietet der Tod von Mike Groom in der Expedition von Rob Hall am Everest im Jahre 1996. (vgl. Krakauer, 1997, S.)

Berghold führt folgende Veränderungen des Blutes an: „Weit verbreitet ist die Vorstellung, dass sich in der Höhe die Zahl der roten Blutkörperchen vergrößert. ... Diese Vorstellung ist ebenso einleuchtend wie falsch. Zwar kommt es bis zur Akklimatisation zu einer letztlich geringfügigen Vermehrung der für den Sauerstofftransport zuständigen roten Blutkörperchen, was aber für die Höhenanpassung nur von untergeordneter Bedeutung ist.“ (1987, S. 108). Auch Zink schreibt, dass hohe Hämatokritwerte nicht ein Zeichen besonders guter Höhenanpassung sind, sondern die „Folge der Bluteindickung (= Hämokonzentration) und damit Ausdruck des Wassermangels“ sind. (1985, S. 23). Veränderungen im Bezug auf die Ernährung sind „Appetitverlust und Gewichtsabnahme.“ (Ebertseder, 1983, S.164). Dies wird noch zusätzlich durch große Erschöpfungszustände, wie beispielsweise durch Gehen an der anaeroben Schwelle begünstigt.

Zur Veränderung der Muskulatur mit zunehmender Höhe berichtet Hoppeler Folgendes: Es „...weisen die strukturellen Befunde daraufhin, dass sich ein Aufenthalt in großer Höhe negativ auf die muskuläre Ultrastruktur auswirkt, was vermutlich einen negativen Effekt auf die physische Leistungsfähigkeit hat.“ (1992, S.8). Im Bezug auf den Säure-Basen-Haushalt publiziert Ebertseder (1983, S.164) „Absinken des CO₂-Druckes in den Lungenalveolen, Absinken des arteriellen O₂-Druckes mit nachfolgender Alkalose, gefolgt von Bikarbonat-Ausscheidung durch die Nieren und Verminderung der Alkalireserve des Blutes.“

Veränderungen im Bereich des Nervensystems sieht Ebertseder dahingehend, dass es zu einer „Erweiterung der Hirn- und Hirnhautgefäße“ kommt. (1983, S.164). Psychische Manifestationen sind dahingehend bekannt, dass die Wirkung der akuten Hypoxie symptomatisch der Alkoholvergiftung (Höhenrausch) entspricht. (vgl. Ebertseder, ebda.). Messner berichtet ebenfalls von Veränderungen. Er berichtet von Halluzinationen und meint, dass man in großer Höhe langsamer denkt, langsamer reagiert und dass Probleme mit dem Sprechen auftreten. (vgl. Messner, 1978, S.170). Die Schilderungen von einem „unsichtbaren Kameraden“ von Hermann Buhl oder Reinhold Messner sind ja hinlänglich bekannt. „Eine Begrenzung der Belastbarkeit oder gar eine gesundheitliche Schädigung bezüglich des Herz-Kreislaufsystems von akklimatisierten Hochalpinisten, die sich ohne Zuhilfenahme von mitgeführtem Sauerstoff selbst in extremen Höhen bewegen, lässt sich ... nicht ableiten.“ (Berghold et al., 1983, S.46)

Zu Veränderungen der Atmung berichtet Zink: „In Höhen ab 4000 m, vereinzelt schon ab 3000 m, kann es vor allem beim Schlafen zur sog. Cheyne-Stokes-Atmung*[sic] kommen. Dabei handelt es sich um periodische Atemzyklen wechselnder Atemtiefe, mit zwischengeschalteten Atempausen.“ Sie stellt „eine harmlose Folge der höhenbedingt veränderten Atmung ... dar.“ (1985, S.14). Einflüsse und Veränderungen bezüglich der Kälte sind so mannigfaltig, dass ich auf die Fachliteratur verweisen muss.

Ein langsames Gehtempo im aeroben Bereich ist einer der Erfolgsfaktoren beim Höhenbergsteigen. Eriq Gatt auf 7.600 m auf der Nordroute des Everests.



h

Höhenmedizinische Aspekte

Die Höhenanpassung des menschlichen Körpers

Zu Beginn möchte ich hier ein thesenartiges Zitat von Berghold et al. anführen (1991, S.21): „Jeder Durchschnitts-Ganzjahres-Ausdauersportler mit ausreichender Alpin erfahrung kann unter strikter Einhaltung der hier vorgestellten Konzepte [im Werk „Trekking und Expeditionsmedizin“] an Trekkingtouren und Expeditionen teilnehmen, ohne mit schwerwiegenden höhenbedingten Gesundheitsproblemen rechnen zu müssen. Treten sie dennoch auf, so stellen sie stets das Resultat einer nicht höhengerechten Taktik dar, sind also selbstverschuldet.“ Das heißt, wenn man richtig akklimatisiert, hat man nicht mit gesundheitlichen Problemen zu rechnen.

Das Verhalten des Ruhepulses hat eine wichtige Bedeutung für die aktuelle Anpassung. „Ein für jeden Höhenalpinisten sehr leicht feststellbares Akklimatisationszeichen“ ist für Berghold (1987, S.108) die Annäherung des Ruhepulswertes an den Ausgangswert vor dem Höhengaufstieg.

Bis zur Akklimatisation gibt Berghold folgende Rahmenzeiten an: (1987, S.107)

- von 0 auf 2000 Meter: 1-3 Tage
- von 0 auf 3000 Meter: 2-4 Tage
- von 0 auf 4000 Meter: 3-6 Tage
- von 0 auf 5000 Meter: 2-3 Wochen

Er differenziert aber weiter, dass „die Zeitdauer bis zur Akklimatisation“ von folgenden „individuell stark unterschiedlichen Faktoren“ abhängt: (ebda.)

- Absolut erreichte Höhenmarke
- Geschwindigkeit des Aufstiegs
- Örtliche Klimasituation
- Erbfaktoren
- Relativ bewältigter Höhenunterschied
- Aufenthaltsdauer
- Momentaner Gesundheitszustand
- Hormonhaushalt
- u.a.m.

In der alpinen Fachwelt besteht immer noch die Meinung, dass man sich für Expeditionen in große Höhenlagen betreffend der Akklimatisation Erleichterungen schafft, wenn man sich längere Zeit vorher in Höhen von 3000 m und höher aufhält. Dieser Meinung muss vehement widersprochen werden. „Methoden eines solchen ‘vorbereitenden Höhentrainings’ gibt es nicht.“ (Schaffert, 1992, S.28).

Bei Höhenexposition kommt es in der Lungenarterie zu einem Druckanstieg (dieser nimmt bei der Akklimatisierung wieder ab). Dies bewirkt eine Diffusion von Blutplasma in das Zwischengewebe (Gewebe zwischen Lungenbläschen und Blutgefäßen). Dies

bewirkt wiederum, dass der Weg des Gasaustausches verlängert und damit erschwert wird. Dadurch kommt es zu Atemnot bei akuter Höhenexposition. Wenn man nun in dieser Phase dem Körper große Belastungen zumutet, reagiert dieser mit einer Erhöhung des Blutdrucks, um den notwendigen O₂ ins Blut zu transportieren. Beim HAPE ist der Diffusionsweg sehr groß, in den Lungenbläschen hat sich teilweise Flüssigkeit angesammelt, etc. dies führt zu großer Atemnot. Schnelle Erleichterung kann dem Patienten verschafft werden, wenn man ihn aufsetzt, da dadurch der Blutdruck in der Lungenarterie nachlässt und der notwendige O₂ wieder leichter diffundieren kann. Eine weitere, noch effektivere Erleichterung bietet dem Patienten die Gabe von künstlichem O₂. Dadurch kommt der O₂ besser ins Blut.

S

Störungen der Höhenanpassung

Die typischen Formen von Höhenanpassungsstörungen sind:

- Akute Höhenkrankheit
- Höhenlungenödem
- Höhenhirnödem

■ Weitere höhenbedingte Krankheitsbilder sind periphere Höhenödeme, Retinablutungen und die chronische Höhenkrankheit, die ich aber nur der Vollständigkeit halber hier anführen möchte. (vgl. Berghold et al. 1991, S.22-35).

Diese Autorengruppe bezeichnet auch: „Auslösende Faktoren sind neben höhentaktischen Fehlern (vor allem ein zu schneller Aufstieg!) weiter: Überanstrengung (Pressatmung), HNO- oder Darminfekte, Schlafmittel, Alkohol sowie zu geringe Flüssigkeitszufuhr.“ (1991, S.22). Berghold unterteilt auch noch in die Kategorien Frühzeichen, Warnzeichen und Alarmzeichen, die jedem Höhenbergsteiger geläufig sein sollten, um eventuellen Schäden auszuweichen. (vgl. Berghold et al., 1991, S. 24-25). Auf diese Kategorien möchte ich hierbei aber nicht näher eingehen und darf auf die Fachliteratur verweisen.

Die akute Höhenkrankheit (AHK)

Die „AHK tritt in der Regel erst ab etwa 3.000 m Seehöhe auf“. (Berghold et al., 1991, S.23). „Zu den häufigsten Symptomen zählen Kopfschmerzen verbunden mit Lethargie und Schläfrigkeit, aber Unfähigkeit zu tiefem, erholsamem Schlaf. Andere Symptome betreffen den Verdauungsapparat und reichen von Appetitlosigkeit, Blähbauch mit Flatulenz sowie Unverträglichkeit fetter Speisen bis hin zu gelegentlicher Übelkeit und Erbrechen.“ (Grover, 1983, S.343). Brendel und Zink (1983) beobachteten weiters, dass „ein Großteil der beobachteten Beschwerden in der Nacht oder am frühen Morgen stärker war als am Tage“. Sie interpretieren dies mit der Hypothese, „dass in der Nacht die rein höhenbedingten Atemantriebe nicht immer ausreichen, hypoxische Perioden in der Schlafphase zu vermeiden.“ (S.61).

Das Höhenlungenödem (HLO oder HAPE)

„In jedem Fall stellen HAPE und HACE die gefährlichsten Höhenkomplikationen dar, die u.U. innerhalb weniger Stunden zum Tod führen können.“ (Zink/Brendel, 1983, S.30). Die Symptomatik des HLO sieht nach Grover folgendermaßen aus: „Es sammelt sich

eine abnorme Flüssigkeitsmenge in der Lunge an, die den Luftstrom in der Lunge beeinträchtigt.“ (1983, S.344). Zink führt folgende Risikofaktoren für ein HLO an (1985, S.114):

- zu schneller Aufstieg (= unzureichende Akklimatisation);
- ungenügender Ausgleich großer Salz- und Wasserverluste durch Atmung, Schwitzen, Erbrechen oder Durchfall (= Hämokonzentration);
- Infektionen der Luftwege (Husten, Erkältung, Lungenentzündung...);
- eine gewisse persönliche Neigung.

Das Höhenhirnödem (HHO oder HACE)

Zu dieser selten auftretenden, aber höchst gefährlichen Krankheit schreiben Hajdukiewicz / Ryn Folgendes: „Der Anfang der Erkrankung ist zumeist vehement und der Verlauf akut. Die Mehrzahl der beschriebenen Fälle endete trotz der therapeutischen Maßnahmen letal. Nur wenige Fälle konnten Dank eines raschen Abtransportes in tiefer gelegene Regionen überleben.“ Zu den charakteristischen Symptomen führten sie „starke und hartnäckige Kopfschmerzen mit Schwindel, Übelkeit und Erbrechen“, „Bewußtseinsstörungen, Somnolenz und schließlich Koma ...“, aber auch Bewußtseinsstrübung oder Phantasieren mit einfachen optischen und akustischen Halluzinationen“ an. In der Literatur wird auch immer wieder von einem „tunnelartigen Sehen“ berichtet „Zum Exitus letalis kommt es gewöhnlich im Komazustand unter den Symptomen des Kreislauf- und Atmungskollapses.“ (1983, S.89). Als Ursache für diese Erkrankung führen die Autoren die Elektrolytverschiebung und hämodynamische Störungen an. (vgl. S.90-91). Als wichtigste Therapiemaßnahme führen sie den sofortigen Abtransport in tiefere Lagen an.

Möglichkeiten der Behandlung

Als die Therapiemöglichkeit mit den besten Heilungschancen wird von allen im Literaturverzeichnis angeführten Autoren der rasche Abstieg bzw. der raschest mögliche Abtransport in tiefere Lagen beschrieben. Wenn dies nicht möglich ist, so gibt es verschiedenste andere Therapiemöglichkeiten, die aber lange nicht diese Heilungschancen aufweisen. Berghold et al. proklamieren: „Der Wechsel in tiefere Höhenlagen ist stets die entscheidende Therapiemaßnahme und kann durch keine andere Therapie ersetzt werden.“ (1991, S.27).

Sauerstoff. Die Gabe von Flaschensauerstoff sollte „nur bei schwerer AHK (vor allem HLO)“ erfolgen. „Sauerstoff ist nach wie vor der beste pulmonale Drucksenker.“ (Berghold et al., 1991, S.28). „Diejenigen Höhenlungenödem-Kranken, die ohne Zusatzsauerstoff weiterhin der Höhe ausgesetzt blieben, verstarben 15mal häufiger als diejenigen, die sofort mit Zusatzsauerstoff abtransportiert wurden.“ (Zink, 1985, S.114). Merke: „Come down or die!“ „Flaschensauerstoff als permanente oder intermittierende Unterstützung beim Aufstieg oder während des Schlafens ist keine Akklimatisationshilfe, sondern hemmt sogar den Akklimatisationsprozess. ... *er, der Sauerstoff* dient ausschließlich zur adjuvanten Therapie bei schweren Höhenödemen.“ (Berghold et al., 1991, S.17).

Medikamentöse Therapiemöglichkeiten. Prinzipiell ist zu Medikamenten beim Höhenbergsteigen zu sagen, dass sie nur von Fachpersonal in Notfällen zur Therapie eingesetzt werden sollten. In diesem Rahmen geh ich auf diese Thematik nicht näher ein.



Hyperbare Kammer (Abb. oben). Diese Therapiemöglichkeit ist verblüffend einfach und erfahrungsgemäß sehr wirksam. „Der Erkrankte wird in einen Rettungssack gelegt, dieser wird luftdicht verschlossen, worauf mittels Hand- oder Fußpumpe der Kammerinnendruck bis auf eine simulierte Höhe von mehreren 100 bis 2.000 m unterhalb der aktuellen Höhe gesteigert wird. Schwachpunkte stellen das Gewicht, die Unhandlichkeit und die Gefahr der Beschädigung durch spitze Gegenstände dar. Allerdings ist der Einsatzbereich für Expeditionen, wo ein schneller Abtransport in tiefere Lagen unmöglich oder nur sehr schwierig ist, ein höchst interessanter. (zB tagelanger Zumarsch zum Basislager über Moränen oder einen Gletscher.).

- Phase 1: Haut wird weiß
- Phase 2: Haut wird blau (Venen erweitern sich)
- Phase 3: Haut wird blass, wachsartig (das heißt aber noch nicht, dass dies obligat eine Erfrierung ist)

Beschleunigt wird die Abkühlung durch vier Faktoren:

- Nässe (Wasser hat eine 20-fach bessere Temperaturleitfähigkeit von Kälte als Luft. Beschleunigt wird die Abkühlung auch durch Kälteschutzcremes, weil in solchen Cremes meist Wasser enthalten ist.)
- Wind
- Flüssigkeitsverlust – Bluteindickung
- Bewegungsmangel

e

Erfrierungen und Kälteschutz

Abkühlung und Erfrierungen

Durch die Kombination aus tiefen Temperaturen, eingedicktem Blut und falschem Handeln kommt es beim Höhenbergsteigen leider immer wieder zu Abkühlungen, Unterkühlungen und später dann zu Erfrierungen. Die Schäden treten allerdings immer erst beim Auftauen der eingefrorenen Körperteile ein. Diese Körperteile sind zuallererst die Extremitäten. Dies passiert durch „telio-logische Überlegungen“ des Körpers zur Erhaltung des Lebens unter Opferung von Extremitäten.

Bei der Abkühlung unterscheidet man drei Phasen:

Für die 1. und die 2. Phase gibt es zwei einfache Möglichkeiten, Schaden abzuwenden. Einerseits ist Bewegung durch das Schwingen der Arme sinnvoll, andererseits kann man die kalten Körperteile an warme Körperbereiche legen.

Aber was mache ich, wenn ich in die 3. Phase komme (holz-artig)? Die Abkühlung alleine bewirkt noch keinen Zelltod. Das Auftauen bringt die Zellen wieder in Bewegung und damit wird Sauerstoff benötigt. Wenn dieser bereitgestellt werden kann, so kann sich das Gewebe wieder regenerieren. Leider entstehen

meistens kleine Blutgerinsel, die den Sauerstofftransport behindern. Wichtig ist in jedem Falle, dass man von zentral nach peripher erwärmt. D.h. mit warmen Getränken den Körperkern (meist gehen Erfrierungen mit einer Unterkühlung einher) langsam aufwärmen und den Patienten mit vielen Schichten vor Wind und Kälte schützen. Ein nochmaliges Erfrieren ist tunlichst zu vermeiden. Zur Blutverdünnung kann Heparin gespritzt und Aspirin eingenommen werden. Auf keinen Fall sollte man so alte Weisheiten anwenden wie, „mit Schnee einreiben“, „streck die Füße in eine Schüssel mit warmem Wasser“ etc.

Schutz vor Abkühlung

Vor Abkühlung schützen kann man sich auf vier Arten, wobei die letzte Variante die natürlichste ist:

- | Vaseline – dieses bildet eine Fettschicht und damit eine dünne Isolationsschicht am Gesicht
- | Aspirin (100 mg) zur Blutverdünnung
- | Ausgezeichnete Ausrüstung (siehe auch weiter unten)
- | Bewegung

Für die Finger haben sich mehrschichtige Systeme von Handschuhen am besten bewährt. Eine Kombination aus Seidenfingerlingen, Woll- oder Pelzfäustlinge und winddichte Überfäustlinge haben mich persönlich immer vor Erfrierungen bewahrt. Auch wenn Fäustlinge in der Handhabung von technischem Material ungünstiger sind als Fingerlinge, sind sie doch der bessere Kälteschutz.

Die Zehen schützt man an der Peripherie durch einen guten und deutlich zu großen, doppelschaligen Kunststoffbergschuh. Die Schale des Kunststoffbergschuhs hat den Vorteil keine Feuchtigkeit aufzunehmen und damit trocken und leicht zu bleiben. Den Innenschuh kann man mit einer Dampfsperre trocken halten.

Hierbei zieht man direkt am Fuß einen dünnen Kunststoffsocken an, der keine Feuchtigkeit aufnimmt. Darüber einen Neoprensocken mit 2-3 mm Dicke. Dann kommt der Fuß in einen Nylonsock. Dieser hindert die Feuchtigkeit des Fußes an den über dem Nylonsack gezogenen Wollsocken weiterzugeben. Mit dieser etwas eigenwilligen Fußbekleidung steigt man in den Innenschuh. Wenn man am Nachmittag das Lager erreicht, muss man seinen Füßen wieder die Möglichkeit geben, zu atmen und zu trocknen. Der Innenschuh bleibt jedenfalls trocken und damit warm. Am Kopf und im Gesicht haben sich neben zwei Schichten von Mützen und einer winddichten Kapuze Gesichtsmasken aus Seide oder Neopren bewährt. Wer weiß, dass der Körper über den Kopf zwischen 10 und 20 % der Wärmeenergie abgibt, wird in Zukunft der Kopfbedeckung mehr Beachtung schenken.

Am Körper werden sich Erfrierungen zeigen, wenn es schon lange zu spät ist. Hier spricht man von Unterkühlung. Als geeigneter Kälteschutz haben sich hier folgende Bekleidungsstücke bewährt: Unterwäsche aus leichtem Material, das keine Feuchtigkeit aufnehmen kann. Darüber folgt eine Schicht, die die Feuchtigkeit aufnimmt – Baumwolle zum Beispiel. Diese wechselt man selbstverständlich nach der Belastung. Die Unterwäsche und das Leibchen reichen für den Aufstieg bei schönem Wetter. Bei Wind braucht man drüber eine winddichte Jacke. Bei Sturm ist noch eine dicke Schicht dazwischen notwendig, um die Wärme am Körper zu halten – früher trug man Loden, gestern Faserpelz und heutzutage kommt man wieder auf die Schafwolle zurück. Leider ist das Gewicht für das Höhenbergsteigen nicht gerade geeignet.



Das Risiko für Erfrierungen ist an den Zehen am größten. Russell Brice und einer seiner Bergführer 2001 am Everest.

Mechanismen	Gehalt $\mu\text{ mol / G}$	Maximale Flussrate $\mu\text{ mol / G}$	Zeitraum für volles Wirksamwerden	Maximale Arbeitsdauer	Halbwertszeit der Erholung
Alaktazider Mechanismus	20-25	1,6-3,0	7,2 sec	max. 10 sec	22 sec
Laktazider Mechanismus	300	1,0	40 sec	bis ca. 60 sec	15 min
Oxydativer Mechanismus (Kohlenhydrate)	3.600	0,5	90 - 180 sec	bis ca. 60 min	Subjektives Empinden
Oxydativer Mechanismus (Fettsäuren)	1.200	0,24	20-30 min	mehr als 60 min	Subjektives Empinden

Abb. 2 Möglichkeiten des Körpers zur Energiebereitstellung (vgl. Aigner 1985, S. 411)

S

Sportwissenschaftliche Aspekte

Die Energiebereitstellung des Körpers

Die Energiebereitstellung des Körpers ist ein umfangreiches Kapitel, das ich hier aber nur ganz kurz behandeln will. Abb. 2 gibt einigen Aufschluss über die vier Möglichkeiten des Körpers, Energie bereitzustellen. Beim Höhenbergsteigen dreht sich sehr viel um den oxydativen (oder auch aeroben) Bereich der Energiebereitstellung. Nur bei kurzen, technisch anspruchsvollen Passagen kann es (sollte es aber nicht) passieren, dass man in einen laktaziden (oder auch anaeroben) Bereich kommt. Dieser anaerobe Bereich – am Übergang vom aeroben zum anaeroben Bereich spricht man von der anaeroben Schwelle – liegt in großen Höhen niedriger als auf Meeresniveau. Die Sauerstoffschuld und die verbrauchte, enorme Energiemenge, die im anaeroben Bereich auftreten sind der Grund, warum man in jedem Falle danach trachten sollte, im aeroben Bereich zu bleiben. Deshalb ist ein gleichmäßiges, langsames Gehen anderen Stilen vorzuziehen.

Zusätzliche Energie zuführen

Aus meiner jetzigen Sicht kann man Energie nur über die richtige Ernährung zuführen. Unsere Ernährungsprodukte lassen sich in drei energieliefernde Bereiche einteilen: Kohlehydrate, Fette und Proteine. Um Fette zu verbrennen, braucht der Körper ca. doppelt soviel Sauerstoff (O_2), als für die Verbrennung von Kohlehydraten (CH_2O – chemische Grundformel für Zucker) zur Energiebereitstellung, da CH_2O -Verbindungen bereits ein O (Sauerstoffmolekül) enthalten, währenddessen Fette kein O enthalten. Proteine kann der Körper in großen Höhen nur marginal verdauen. Der Körper greift auf die körpereigenen Proteine zu, wodurch man Muskelmasse abbaut. Die Schlussfolgerung daraus: Nüsse sind out, kohlehydratreiche Kost ist in den Hochlagern gefragt. Wenn die Nahrung leicht verdaulich ist, kann man wiederum Energie sparen. Ideale Kombinationen aus der notwendigen, überdurchschnittlichen Flüssigkeitszufuhr mit Kohlehydraten wären zB:

- Nudelsuppe
- Kartoffelpüree
- Porridge
- Ovomaltine

Eine weitere Möglichkeit der zusätzlichen Energiezufuhr bietet die chinesische Art zu kochen – nach den fünf Elementen. Dort gibt es Lebensmittel die wärmen und die kühlen. Wärmende Lebensmittel (wie Zimt oder Ingwer) sind zu bevorzugen.

h

Höhengerechtes und sicheres Verhalten beim Bergsteigen

Ich fasse in der Folge meine Ausführungen thesenartig unter dem Begriff „Spielregeln des Höhenbergsteigens“ zusammen:

Die Gesundheit ist das höchste Gut. Jegliche Art der Erkrankung ist beim Höhenbergsteigen zu vermeiden, da sie den ohnehin geschwächten Organismus noch mehr belastet und Erkrankungen durch die Höhen sogar teilweise begünstigt. Praktisch gesprochen sollte man Zugluft, Temperaturschwankungen und kurze Hosen meiden.

Es gibt keine schnelle Akklimatisation – Akklimatisation braucht Zeit und langsames Gehen. Eine schnelle Akklimatisation kann nur durch eine langsame Adaptation an die Höhe erfolgen. Große Anstrengungen und zu große relative Höhenunterschiede sollen unbedingt vermieden werden. Flug oder sofortige Anreise in Höhen von 3500 – 4000 Meter belastet den Körper. Der langsame Aufstieg in große Höhen ist immer noch das Beste.

Seine psycho-physischen Grenzen zu kennen, erhöht die Wahrscheinlichkeit zu überleben. Beim Höhenbergsteigen wird man immer wieder an Grenzen geführt. Die Bewusstheit über die eigenen Grenzen bietet dem Alpinisten die Möglichkeit, sich an diese heranzutasten, ohne diese zu überschreiten.

Überprüfe deine Ziele! Klar definierte Ziele haben ein sehr großes Potential, Realität zu werden. Wenn wir uns ein Ziel immer wieder in Erinnerung rufen, wird es sehr schnell unser Unbewusstes mitsteuern. Wenn man sich also das Ziel setzt – „Ich möchte den Gipfel erreichen.“ – hat man gute Chancen, diesen zu erreichen, weil unser Unbewusstes alles mobilisiert, um dieses sehnlichst gewünschte Ziel zu erreichen. Wer schon einmal in großen Höhen war, weiß wie stark die kognitiven Fähigkeiten herabgesetzt sind und Hirnstamm und Unbewusstes die Führung übernehmen. Das kann soweit gehen, dass man mit letzter Kraft den

Gipfel erreicht, aber den Rückweg nicht mehr schafft. Unabhängig wie hoch die stolze Summe für eine Expedition auch sein mag, muss das „sichere“ Ziel also heißen: „Ich möchte gesund im Basislager ankommen und wenn möglich den Weg über den Gipfel nehmen.“

Jeder Durchschnitts-Ganzjahres-Ausdauersportler mit ausreichender Alpinenerfahrung kann an Trekkingtouren und Expeditionen teilnehmen, ohne mit schwerwiegenden höhenbedingten Gesundheitsproblemen rechnen zu müssen, wenn er sich an die Spielregeln des Höhenbergsteigens hält.

Anaerobe Leistungen sind zu vermeiden. Bei großen Kraftanstrengungen (wie kurz die auch immer ausfallen) muss der Körper auf die Energiebereitstellung ohne Sauerstoff – den anaeroben Stoffwechsel – zurückgreifen. Bei diesen anaeroben Leistungen wird bis zu 12-mal soviel Energie verbraucht wie beim oxydativen Abbau.

Frühere Höhenkrankungen sind keine Kontraindikation für einen erneuten Höhengaufenthalt! Die „Karten“ sind jedes Mal wieder neu gemischt. Wichtig ist es, den Fehler, den man bei der letzten Höhenkrankung gemacht hat, klar zu haben und nicht zu wiederholen.

Hoch steigen – tief schlafen! Zur Anpassung des Hirndruckes und zur Adaptation des Körpers an große Höhen ist es besser 100 bis 400 Höhenmeter höher zu steigen als die tatsächliche Schlafhöhe sein wird.

Druckerhöhungen, die plötzlich passieren, sind zu vermeiden. Diese entstehen durch Husten, Bücken und sonstige starke Anstrengungen mit Pressatmung. Gut ist es, beim Schlaf den Oberkörper erhöht zu lagern. Retinablutungen können durch solche Druckerhöhungen entstehen, da die feinen Äderchen nur eine geringe Möglichkeit haben, auf den veränderten Druck zu reagieren. Wenn diese Blutungen in die Netzhaut vordringen, entsteht ein röhrenartiges Sehen. Dies ist ein Vorbote des Todes. Schleunigst absteigen.

Symptome der Höhenkrankheit wie Schwindel und Atemnot sind ernst zu nehmen und der Abstieg ist unverzüglich anzugehen. Riskiere nichts, denn der Grat zwischen Leben und Tod wird immer schmaler, je höher du aufsteigst. „Es geht nur um einen Berg!“

Trinken – trinken – trinken! Ausgiebiger Flüssigkeitsersatz mit vielen, vielen Getränken, um der gefährlichen Bluteindickung vorzubeugen, ist entscheidend für den Erfolg und die Gesundheit in großen Höhen. Es muss über den Durst getrunken werden, da das Durstgefühl in großen Höhen keinen Anhaltspunkt für die Dehydration mehr darstellt.

Morgendlicher Kopfschmerz vergeht meist wieder, wenn man 5–10 Mal tief ein- und ausatmet. Das Schwindelgefühl, das man auf niedrigen Höhen verspüren würde, bleibt hier aus.

Vermeide Schwitzen! Im vorangehenden Punkt habe ich bereits die Notwendigkeit des Flüssigkeitsersatzes deutlich gemacht. Dies kann noch dadurch unterstützt werden, dass der Flüssigkeitsverlust durch die richtige Bekleidungs- und Gehtaktik gering gehalten wird. Wenn man zu schwitzen beginnt, sollte

man – wenn dies möglich ist – das Tempo verringern oder Bekleidungsstücke ablegen. Die sogenannte „Zwiebelschalentechnik“ (mehrere dünne Bekleidungsschichten, um flexibel auf die jeweiligen Temperaturverhältnisse bzw. Wärmebedürfnisse des Körpers reagieren zu können) hilft dabei.

Wirksamer Schutz gegen die extrem hohe Sonneneinstrahlung durch Sunblocker oder textilen Schutz. Besonderen Schutz benötigen Lippen, Nase, Ohren und der Nacken.

Effektiver Augenschutz: Hohe UV-Belastung für die Augen ist einer der Gründe für den grauen Star im Alter. Die Hornhaut „merkt“ sich die Menge der UV-Strahlung und bestraft uns später mit diesem Augenleiden, wenn der Schutz durch die Sonnenbrillen nicht gegeben ist. Bei Schnee ist ein Seitenschutz von Nöten.

Am Berg herrscht Alkoholverbot! Durch Einfluss von Alkohol können Höhenkrankungssymptome falsch interpretiert und verfälscht werden. Zudem verringert Alkohol den Trainingseffekt. Der Zyklus der Superkompensation fällt schwächer aus.

Bei höhenbedingten Erkrankungen muss abgestiegen werden! Der Wechsel in tiefere Höhenlagen ist stets die entscheidende Therapiemaßnahme und kann durch keine andere Therapie ersetzt werden.

Bewusstheit über gruppensdynamische Vorgänge! Im System der Expedition passiert es sehr oft, dass Konkurrenz oder Gruppendruck zum Thema für jeden Einzelnen werden. Beispielsweise kann es vorkommen, dass einzelne Personen vom Lager aufbrechen, weil der Gruppendruck so groß ist, obwohl sie körperlich nicht in der Lage sind, große Leistungen zu erbringen. Das gleiche kann durch unausgesprochene Konkurrenz entstehen. „Positive“ Phänomene sind Begeisterung, Enthusiasmus, der Funke, der überspringt. Aber auch diese „positiven“ Phänomene können das Hören auf die Zeichen des Körpers schwierig machen. Wenn man sich diesen Phänomenen bewusst ist, kann man viel besser auf die Zeichen des eigenen Körpers hören und entsprechend handeln.

Worst-case-Szenarien im Basislager durchspielen! Im Basislager sollte man als Trockentraining verschiedene Situationen in der Gruppe oder alleine durchdenken, was im schlimmsten Falle passieren kann. Sollte eine solche Situation je eintreffen, so kann man auf bekannte Ideen und optimalerweise auf bekannte Verhaltensweisen zurückgreifen. In Gefahrensituationen beim Höhenbergsteigen sind neue Ideen sehr selten an der Zahl.

E Erfolgskriterien beim Bergsteigen, die vom Alpinisten selbst beeinflussbar sind

„Erfolg“ wird hier definiert als der sichere Auf- und Abstieg ohne kurz- oder langfristige Schädigung des Organismus mit dem nachrangigen Ziel der Gipfelbesteigung. Wie die Überschrift bereits aussagt, sind die Kriterien wie Wetter und objektive Gefahren hier nicht integriert. Die folgenden Kriterien sind nach meiner Meinung und Erfahrung in ihrer Wichtigkeit geordnet:

1. Gesundheit. Jegliche Art der Erkrankung – und sei es nur ein Infekt der Atemwege reduziert die Erfolgsaussichten nachhaltig. Einerseits durch die Leistungsminderung des Körpers, andererseits

bildet eine Erkrankung der Atemwege ein erhöhtes Risiko, an einer der beschriebenen Ausprägungen der Höhenkrankheit zu erkranken.

2. Der Akklimatisierungszustand. Er ermöglicht es uns erst, in Höhen über 3.500 m leistungsfähig zu bleiben. Wenn die Akklimatisierung nicht direkt am Berg, sondern „spielerisch“ in anderen Berggebieten mit kulturellen Aspekten durchgeführt wird, kommt man entspannter und motivierter an den Berg.

3. Bewusstheit über die eigenen psycho-physischen Grenzen. Siehe auch höhengerechtes und sicheres Verhalten beim Expeditionsbergsteigen

4. Wärmeschutz, alpinistische Techniken, richtige Gehtaktik. Unter Punkt vier habe ich drei verschiedene Kriterien vereint.

■ Zum einen ist es notwendig, eine technische Ausrüstung zu verwenden, die einen ausreichenden Wärmeschutz bietet. Die Gefahr von Erfrierungen ist infolge dreier Faktoren enorm:

- Aufgrund der Höhe und der Exponiertheit der Gipfelregionen treten Stürme deutlich öfter auf als in tieferen Lagen.
- Aufgrund der Höhe sind die Temperaturen niedriger.
- Durch den großen Flüssigkeitsverlust, der teilweise nicht ganz ausgeglichen werden kann, kommt es zur Bluteindickung, was wiederum die Wahrscheinlichkeit von Erfrierungen erhöht.

■ Wissen über die notwendigen alpinistischen Techniken in Eis und Fels

■ Richtige Gehtaktik und Gehtechnik gestaltet nach sportmedizinischen Gesichtspunkten

5. Der Ausdauertrainingszustand wirkt in großen Höhen nur leistungsunterstützend, nicht -limitierend! Leistungsbestimmend ist nicht die Fitness, sondern der Akklimatisierungszustand.

6. Funktionelle technische Ausrüstung und richtige Ernährung.

■ Mit funktioneller Ausrüstung meine ich, dass sie leicht, funktional und mehrfach erprobt sein soll. Dies trifft auf die Bekleidung ebenso zu, wie auf Gegenstände wie Steigeisen, Pickel, Zelt, Kocher, Schlafsack, Matte, etc.

■ Mit richtiger Ernährung meine ich, dass sie kohlenhydratreich und leicht verdaulich sein soll. Verpflegung mit großem Fettanteil ist zu vermeiden, da man zur Verbrennung von Fett ca. 1,5-mal soviel Sauerstoff benötigt wie für Kohlehydrate.

Z

Zusammenfassung und persönliche Stellungnahme

Wenn man sich die einzelnen Bereiche durchliest, läuft man Gefahr zu glauben, dass Höhenbergsteigen ein gefährlicher Sport ist, bei dem höhenbedingte Störungen beinahe immer auftreten. So gefährlich Höhenkomplikationen auch sein können, insgesamt sind sie aber selten. Ich selbst hatte bei über 200 ExpeditionsteilnehmerInnen nur drei schwerwiegende Komplikationen mit der Höhe. Die ungestörte Höhenanpassung stellt tatsächlich den Normalfall dar. Selbstverständlich gilt dies nur innerhalb der bereits genannten Höhenbereiche und bei Einhalten der Verhaltensregeln. Abschließend möchte ich noch hinzufügen, dass für mich das Höhenbergsteigen zu den ganz besonderen Erlebnissen meines Lebens gehört, die ich nicht missen möchte. So wünsche ich allen, die diesen Beitrag lesen, viel Spaß beim Kennenlernen fremder Kulturen, beim intensiven Kontakt mit Gleichgesinnten und beim ruhigen, fast meditativen Steigen und Wandern in einer phantastischen Landschaft.

Fotos: Archiv Stefan Gatt

