

Handbuch der Trekking- und Höhenmedizin

**Praxis der Höhenanpassung –
Therapie der Höhenkrankheit**

Franz Berghold
Ulf Gieseler
Wolfgang Schaffert

8. Auflage
2015

ISBN 978-3-200-03991-9

Herausgeber:

Internationale Lehrgänge
für Alpin- und Höhenmedizin GmbH
A-5710 Kaprun

Inhalt

Vorwort	7
1. Der Mensch in der Höhe	9
Physikalische Bedingungen.....	9
Akuter Sauerstoffmangel	10
Subakuter Sauerstoffmangel - die Höhenzonen	10
Akklimationsmechanismen	12
Die Leistungsfähigkeit in der Höhe	17
Training und Höhe	20
Gibt es ein vorbereitendes Höhentraining (Vor-Akklimatisation)?.....	22
Das höhenbedingte Scheitern.....	23
2. Vorbedingungen für Höhentrekking und Höhenbergsteigen	24
Höhentauglichkeit.....	24
Höhenmedizinische Beratung	25
Höhenspezifische Risikofaktoren	26
Höhenaufenthalt bei vorbestehenden Erkrankungen.....	27
Die Anti-Baby-Pille in der Höhe	28
Schwangerschaft und Höhe	29
Kinder in Großen und Extremen Höhen	30
3. Praxis der Höhenakklimatisation – die Höhentaktik.....	33
Grundsätze der Höhentaktik.....	33
Praktische Zeichen erfolgter Akklimation	38
Medikamentöse Akklimationshilfen	39
4. Taktik in Extremen Höhen.....	45
Prinzipien	45
Das Sterben in der Todeszone	47

5. Weitere gesundheitliche Kriterien in der Höhe	49
Energiestoffwechsel.....	49
Höhenbedingter Gewichtsverlust	49
Ernährung.....	50
Flüssigkeitshaushalt	51
Schlaf in der Höhe	53
Gehtaktik und Atemrhythmus.....	54
Gehen mit Stöcken.....	56
Füße und Schuhe	57
Bagatellschäden	58
6. Die Akuten Höhenerkrankungen	59
Die Formen der Akuten Höhenerkrankungen.....	60
Häufigkeit der Akuten Höhenerkrankungen	61
Disposition und Risikofaktoren	63
Verzögerung (Latenzzeiten)	65
Symptome	65
Lake Louise Score.....	71
Neuropsychische Veränderungen in der Höhe.....	74
Die fünf goldenen Regeln der HRA.....	75
7. Therapie der Akuten Höhenerkrankungen	76
Ruhe-Abstieg-Abtransport-Wärme	76
Zusätzliche Notfalltherapien	78
Flaschensauerstoff.....	79
Überdrucksack (Mobile Hyperbare Kammer).....	80
Medikamente.....	87
Übersicht: Maßnahmen bei AMS / HACE / HAPE.....	90
Praktische Optionen.....	90
Der Umgang mit bewusstlosen Patienten.....	91

8. Weitere höhentypische Gesundheitsstörungen	92
Periphere Unterhautödeme	92
Retinablutungen	93
Höhenreizhusten.....	94
Kälteschäden	95
Thrombose und Lungenembolie	95
Strahlenschäden	97
9. Höhentourismus heute	100
Die Formen des Höhentourismus	100
Die Entwicklung des Höhentourismus.....	102
Everest – Spielplatz der Eitelkeiten?	103
Risiken in der Todeszone	104
10. Medizinische Betreuung beim Höhentrekking und Höhenbergsteigen ...	107
Begleitarzt oder kundiger Laienhelfer?	107
Gesundheitsrisiken im Höhentourismus.....	108
Rettung aus Extremen Höhen.....	110
Medizinische Betreuung der einheimischen Bevölkerung	111
Medizinische Ausrüstung für Höhentrekking und Höhenbergsteigen	112
Fachwörterregister	115

Terminologie Höhenzonen

Mittlere Höhen	1500 – 3000 m
Grosse Höhen	3000 – 5500 m
Extreme Höhen	5500 – 8848 m

Terminologie Höhenkrankheit

Akute Höhenkrankheit, Akute Höhenerkrankungen
(Acute Altitude Illness, Acute Altitude Disorder)

Akute Bergkrankheit	Höhenhirnödem	Höhenlungenödem
Acute Mountain Sickness	High Altitude Cerebral Edema	High Altitude Pulmonary Edema
AMS	HACE	HAPE

Vorwort

Dass dort oben die Luft immer dünner wird, weiß jedes Kind. Menschen, die in diese Höhen steigen, kommen sehr bald darauf, dass sie dort oben eigentlich nichts verloren haben. Der Sitz der Götter ist für uns Menschen jedenfalls unbequem. Trotzdem versuchen wir es immer wieder, vielleicht weil wir wissen wollen, was sich hinter den Grenzen befindet - mit der hartnäckigen Neugier des Menschen, der ständig hinter den letzten Horizont blicken möchte. Und der dafür alles aufs Spiel setzt. Das Phänomen Höhenbergsteigen kann man nur vor diesem Hintergrund wirklich verstehen.

Als vor 24 Jahren die erste Auflage dieses Handbuches erschien, konnte wohl keiner die unglaubliche Entwicklung vorausahnen: Der explodierende Höhentourismus hat seither allein in Nepal um das 10-fache zugenommen (Schätzung 2014: rund 200.000). Durch die Everestregion wälzen sich derzeit pro Jahr weit über 33.000 Trekker, in der Annapurna-Region sind es rund 122.000. Mehr als 60.000 Menschen berennen alljährlich den Kilimandscharo. Fassungslos nimmt man zur Kenntnis, dass auf dem Everestgipfel bereits ein Beinamputierter (1998) und ein Blinder (2001) standen, und ein anderer lief sogar in 16 Stunden und 42 Minuten vom Basislager dort hinauf. Da hat es oft den Anschein, dass die höchsten Berge mancherorts rücksichtslos zu Turngeräten der Eitelkeiten degradiert werden.

Dennoch, davon sind wir überzeugt, suchen die meisten von uns nicht dieses glamouröse Spektakel, sondern noch immer das unbeschreibliche Naturerlebnis der großen Hochgebirge unserer Erde. Gerade wir Höhenmediziner gehören zu jenen, die mit besonderem Respekt den hohen Bergen begegnen, ja mit zunehmender Demut, je mehr unser Wissen über diese fremde und doch so faszinierende Welt der höchsten Berge wächst. Wir versuchen, die Grenzen des Lebbaren in dieser Welt von Sauerstoffmangel, Stürmen, Kälte und Unwirtlichkeit aufzuspüren und zu begreifen. Um die Gesetzmäßigkeiten herauszufinden, nach denen die Natur uns in diese Sphären einzudringen erlaubt, für die wir Menschen biologisch nicht geschaffen sind. Davon handelt dieses Buch.

Dass sechs Jahre nach der letzten Auflage (2009) diese vollständig überarbeitete Neufassung (8.Auflage) erscheint, liegt nicht nur an der enormen Nachfrage, sondern auch daran, dass sich das Wissen um die Höhe in den letzten Jahren stark verdichtet hat. Die vorliegende Fassung der

Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Berg- und Expeditionsmedizin haben wir nicht nur für interessierte Ärzte, sondern vor allem für medizinische Laien geschrieben. Mit Hilfe des Fachwörterregisters im Anhang sollten daher auch komplizierte Themen leicht verständlich sein.

Mit meinen Freunden Wolfgang Schaffert und Ulf Gieseler, den wohl bekanntesten Expeditionsärzten im deutschsprachigen Raum, verbinden mich zahllose nie enden wollende Diskussionen zu den spannenden Themen dieses Buches. Dafür bin ich ihnen unendlich dankbar. Unser gemeinsamer Dank gilt schließlich Herrn Professor Martin Faulhaber vom Institut für Sportwissenschaft der Universität Innsbruck für das kritische Lesen des Manuskriptes. Die Internationalen Lehrgänge für Alpin- und Höhenmedizin GmbH hat die Drucklegung dieses im deutschsprachigen Raum einmaligen Handbuchs engagiert und großzügig ermöglicht.

Kaprun, Winter 2015
Franz Berghold

1. Der Mensch in der Höhe

Physikalische Bedingungen

Neben der zunehmenden Kälte, der trockenen Luft und der erhöhten UV-B-Strahlung ist es vor allem der Sauerstoffmangel (Hypoxie), der dem Funktionieren des menschlichen Organismus, seiner Leistungsfähigkeit, ja seinem nackten Überleben mit zunehmender Höhe Grenzen setzt. Der Sauerstoffteildruck beträgt auf 5500 m Höhe gerade die Hälfte, auf 8500 m nur mehr ein Drittel des Drucks auf Meereshöhe.

Der am Berg gemessene Barometerdruck und damit auch der Sauerstoffdruck sind infolge der bodennah wärmeren Lufttemperaturen durchwegs höher als in der Normatmosphäre und variieren zudem nach Kälte und Jahreszeit. Auch sinkt der Atmosphärendruck, je näher eine Region zu den Polen liegt (Abbildung 1). Das heißt: Würde der Everest auf der geografischen Breite des Denali liegen, wäre seine Besteigung ohne Sauerstoffgeräte undenkbar.

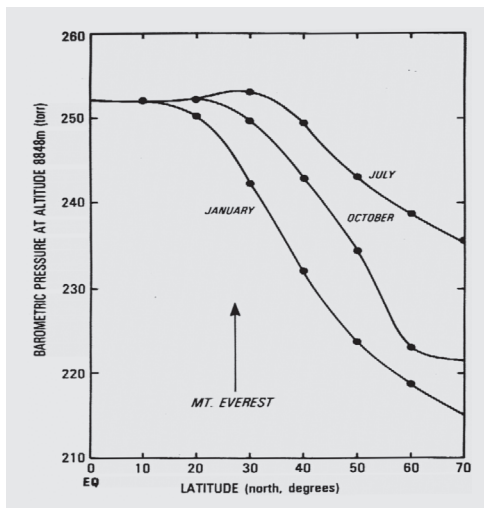


Abb 1: Barometerdruck, geografische Breite und Jahreszeit. Am Beispiel Everest zeigen sich ausgeprägte Druckunterschiede zwischen Winter, Vormonsun und Nachmonsun (nach WARD, MILLEDGE und WEST).

Akuter Sauerstoffmangel

Ein rascher Höhengaufstieg, etwa in einem Heißluftballon, kann bereits ab etwa 1500 m zu messbaren Einschränkungen komplexer Gehirnfunktionen führen. Bei akuter Exposition auf 4000 m treten Schwindel, Herz- und Atemstörungen, ab etwa 5000 m stärkere Gleichgewichtsstörungen und Sehverminderungen und ab 6000 m Kollapszustände, Bewegungsstörungen, Krämpfe und Bewusstlosigkeit auf. Oberhalb von 7000 m werden rund 80 %, auf Everesthöhe (8848 m) praktisch alle Menschen innerhalb von 2-3 Minuten bewusstlos und sterben kurz darauf.

Eine plötzliche Exposition auf größere Höhen ist also stets ein akut lebensbedrohliches Ereignis. Je langsamer hingegen eine Höhenexposition abläuft, desto eher ist ein Überleben möglich. Die Reaktion des menschlichen Organismus auf Sauerstoffmangel in der Höhe (hypobare Hypoxie) ist also vor allem zeitabhängig.

Subakuter Sauerstoffmangel - die Höhenzonen

Sofern also keine rasche, sondern eine allmähliche Exposition an Höhenlagen erfolgt, besteht die Möglichkeit einer Anpassung. Aufgrund individueller Reaktionsunterschiede auf „subakute“ Hypoxie und in Hinblick auf das mit einer Latenz von mindestens 12 Stunden typische Auftreten ausschließlich höhenbedingter Krankheitsbilder der Akuten Höhenkrankheit werden ab etwa 1500 m Seehöhe bis hin zum höchsten Punkt der Erde, dem 8848 m hohen Everestgipfel, drei Höhenzonen definiert, wobei die Übergänge zwischen diesen Zonen fließend sind:

1500 - 3000 m	Mittlere Höhen	Akklimatisation erforderlich, bei starker körperlicher Anstrengung AMS, HAPE und HACE möglich
3000 - 5500 m	Große Höhen	Vollständige Dauerakklimatisation möglich, bei ungenügender Akklimation hohe Wahrscheinlichkeit von AMS, HAPE oder HACE wenn Ausgangshöhe in diesem Bereich
5500 - 8848 m	Extreme Höhen	vollständige Akklimation unmöglich, nur massive Atemanpassung ermöglicht Überleben, hohes Risiko von AMS, HAPE und HACE

Abb 2: Die Höhenzonen bei Exposition länger als 12 Stunden. Ihre Bedeutung für das Individuum hängt sehr von der genetischen Determinierung ab.

Mittlere Höhen (1500 bis 3000 m)

Durch den hier noch nur wenig verminderten Luft- und damit Sauerstoffteil-
druck in der Luft bzw. im Blut wird die Sauerstoffversorgung der Gewebe in
diesen Mittleren Höhen noch kaum eingeschränkt. Die so genannte arterielle
Sauerstoffsättigung (SaO_2) liegt dabei wegen der besonderen Bindungs-
eigenschaften des Sauerstoffs an das Hämoglobin in Ruhe noch auf über 90 %.
Der verminderte Sauerstoffdruck schränkt jedenfalls die Sauerstoffversorgung
der Gewebe in diesen Höhen kaum ein.

Eine Höhenakklimatisation findet aber bereits hier statt: Schon unmittelbar
bei der Ankunft oberhalb von 1500 m Seehöhe beschleunigt und verstärkt
Hypoxie die Atmung (Hyperventilation) in Ruhe und vor allem unter
Belastung. Die Ausdauerleistungsfähigkeit ist um rund 5 % vermindert. In
diesen Höhenlagen kann man bereits höhenkrank werden, wenn genetisch
die entsprechenden Determinierungen bestehen.

Große Höhen (3000 bis 5500 m)

Hier fällt die Sauerstoffsättigung deutlich und rasch unter 90 % ab, wobei sie bei
Anstrengungen und im Schlaf weiter abnimmt. Die Ausdauerleistungsfähigkeit
reduziert sich pro 1000 Höhenmeter um ca. 10 %. Hier besteht zwar einer-
seits die Möglichkeit einer dauerhaften Akklimatisation, andererseits aber
häuft sich das Auftreten der Akuten Höhenkrankheit (vor allem HAPE und
HACE). Die höchstgelegenen Dauerbesiedelungen auf der Erde befinden sich
unterhalb von 5500 m Seehöhe. Da oberhalb davon weder eine Regeneration
noch ein dauerhafter Aufenthalt möglich ist, befinden sich auch die meisten
Basislager unterhalb von 5500 m.

Extreme Höhen (5500 – 8848 m)

Wegen massiver Hyperventilation steht nun ein ausgeprägter Blutsauerstoff-
und Kohlendioxidmangel im Vordergrund. Eine vollständige Akklimatisation
ist hier nicht mehr möglich. Mit schweren Formen der Höhenkrankheit
(HAPE, HACE) ist jederzeit zu rechnen.

Da es in Extremen Höhen auch bei optimalen äußeren Bedingungen zu
einer fortschreitenden Beeinträchtigung aller physiologischen Funktionen
kommt, was allmählich zum Tod führt, wenn man sich zu lange in diesen
Höhen aufhält, spricht man auch von der „Todeszone“ bzw. von der
„Höhendeterioration“.

Trotzdem ist eine schrittweise Anpassung der Atmung (nämlich durch Hyperventilation) bis etwa 7500 m zum Leistungserhalt und schließlich zum nackten Überleben möglich und auch unverzichtbar, denn nur diese massive Hyperventilation (HVR) sichert die Sauerstoffversorgung des Organismus. Der Zeitbedarf für eine solide Atemanpassung an Extreme Höhen liegt allerdings bei bis zu 40 Tagen.

Akklimatisationsmechanismen

Vorerst eine Klärung der wichtigsten Begriffe zum Thema Höhenakklimatisation:

Höhenakklimatisation ist jener physiologische Prozess, der bei Höhenexposition stattfindet, um die Sauerstoffversorgung der Gewebe trotz vermindertem atmosphärischen Sauerstoffteildruck aufrecht zu erhalten. Die Höhenakklimatisation („**kritische Phase**“) mündet nach einer gewissen Zeit in den Zustand der individuellen Höhentoleranz.

Höhentoleranz: Damit wird der Zustand einer erfolgreichen, **dauerhaften Anpassung** an eine bestimmte Höhe bezeichnet („**stabile Phase**“). Erst jetzt ist man wieder, wenn auch auf einem hypoxiebedingt niedrigeren Leistungsniveau, voll belastbar (Abbildung 3).

Die Formen der **Höhenkrankheit** treten immer in der kritischen Phase auf - in der stabilen Phase ist diese Gefahr weitgehend gebannt.

Adaptation nennt man die Summe aller biologischen Veränderungen, die sich bei Höhenbewohnern im Laufe von vielen Generationen im Sinne eines evolutionären Selektionsprozesses entwickeln.

Höhendeterioration bezeichnet jenen Zustand, der bei längerem Aufenthalt in Extremen Höhen auftritt (nach Wochen oberhalb 5500 m, nach Tagen oberhalb 8000 m), ist gekennzeichnet durch Appetitverlust, Gewichtsverlust, Lethargie, Verlust an Urteilskraft und Denkfähigkeit, und kann schließlich zum Tod führen.

Die „kritische Phase“ ist relativ einfach an einer typischen Ruhepulserhöhung um bis zu 20 Prozent über dem individuellen Ausgangswert im Tal erkennbar, wenn man in der Höhe jeden Morgen, noch im Liegen, seinen Puls misst und notiert („Pulstagebuch“). Vorher, zu Hause, wird das Ausgangsniveau durch mehrfaches Messen des Ruhepulses festgestellt. Sofort nach Ankunft

in der Höhe schnellst der Ruhepulswert in die Höhe und bleibt während der „kritischen Phase“ erhöht. Erst bei erfolgter Akklimation nähert sich der Ruhepuls allmählich wieder dem individuellen Ausgangswert und sinkt manchmal sogar noch etwas tiefer (sog. initiale Vagotonie). Nun ist die Akklimation abgeschlossen und die stabile Phase erreicht (siehe Abbildung 3).

Kommt man in der Folge in eine neue Höhe, beginnt dieser komplexe Vorgang der Akklimation wieder von vorne. Und so weiter. Die Ruhepulswerte können allerdings durch bestimmte Faktoren verändert sein, die mit der Höhe nichts zu tun haben (zum Beispiel Flüssigkeitsverluste, Durchfälle, Fieber), aber auch durch ein HAPE.

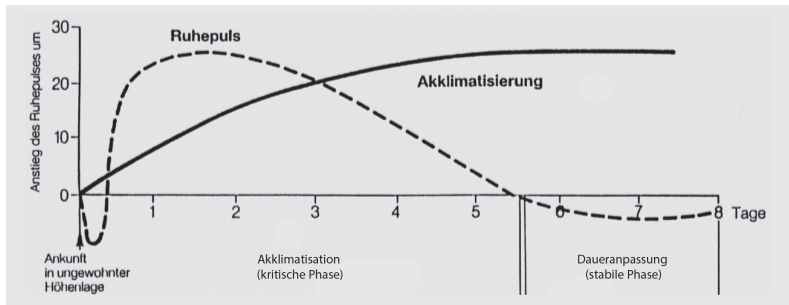


Abb 3: Kritische und stabile Phase der Höhenanpassung und typischer Verlauf der Ruhepulserhöhung während der kritischen Phase. Die schwarze Linie symbolisiert die zunehmende Anpassung. Erreicht die Ruhepulskurve den individuellen Ausgangswert, ist der Akklimationsvorgang abgeschlossen (Höhentoleranz).

Im Detail ereignen sich zur Verbesserung der Sauerstoffversorgung der Organe unter Hypoxie vielschichtige dynamische Anpassungsvorgänge:

1. **Sofort** kommt es zu einer **Steigerung der Atmung** sowie zu einer **Zunahme der Herzfrequenz**.
2. Bei anhaltender Hypoxie werden **zeitverzögert weitere Anpassungsvorgänge** ausgelöst, um insgesamt eine Verbesserung des Sauerstoffgehalts des zirkulierenden Blutes und somit der Organe zu bewirken.

Atemsteigerung

Der wohl wichtigste Anpassungsmechanismus in Höhen ab etwa 1500 m besteht in einer unmittelbar durch Hypoxie hervorgerufenen Hyperventilation (sog. hypoxische Atemsteigerung).

Diese „Atemantwort auf Hypoxie“ (HVR) ist auf das Ansprechen peripherer Sauerstoffrezeptoren zurückzuführen und setzt bei Höhenexposition innerhalb von Sekunden ein, nimmt in der Folge weiter zu und erreicht nach etwa zwei Wochen ihre volle Ausprägung (ventilatorische Akklimation). Auf ca 5000 m Seehöhe verdoppelt sich das Atemminutenvolumen. Die ventilatorische Akklimation führt zu einer Verbesserung der Sauerstoffversorgung, indem sie eine bessere Aufsättigung des Hämoglobins bewirkt.

Die HVR weist individuelle Unterschiede auf. Warum sie beim Einzelnen mehr oder weniger stark ausgeprägt ist, dürfte genetisch determiniert, also angeboren sein. Jedenfalls konnte nachgewiesen werden, dass Bergsteiger, die an einem Höhenlungenödem (HAPE) erkrankten, eine verminderte Empfindlichkeit der Sauerstoffrezeptoren auf Hypoxie aufweisen. Andererseits gibt es Spitzenbergsteiger mit geringer HVR. Jedenfalls besteht zwischen HVR und Höhentauglichkeit nur eine statistische Korrelation. Eine individuelle Aussage zur Höhentauglichkeit ist mit der HVR leider nicht möglich.

Herz-Kreislauf-System

Der neben der Atemsteigerung kurzfristig wichtigste Kompensationsmechanismus zur Erhaltung der Sauerstoffversorgung ist die sympathikotone Erhöhung des Herzminutenvolumens. Das äußert sich deutlich spürbar in einer Herzfrequenzerhöhung. Hingegen geht die maximal erreichbare Herzfrequenz in zunehmend extremer Höhe sukzessive zurück.

Blut

Eine Zunahme der roten Blutkörperchen (Erythrozyten) pro Volumeneinheit sowie ein Anstieg der Hämoglobinkonzentration im Sinne einer sog. Höhenpolyglobulie sind die wohl bekanntesten Aspekte der Höhenakklimatisation. Ziel ist eine Verbesserung der Sauerstofftransportkapazität des Blutes. Anfangs, also bereits innerhalb weniger Stunden nach Erreichen großer und extremer Höhen, äußert sich dies durch eine Verminderung des Plasmavolumens (Hämokonzentrationspolyglobulie), das heißt: Das Blut wird durch Flüssigkeitsabgabe (s.u.) eingedickt. Die eigentliche Höhenpolyglobulie (Vermehrung der Erythrocyten) kommt hingegen erst nach 2 bis 3 Wochen Höhenaufenthalt zum Tragen und erreicht schließlich durch Neuproduktion roter Blutkörperchen nach etwa 6 Monaten ein Gleichgewicht.

Die durch Hypoxie hervorgerufene Abnahme des Plasmavolumens stellt einen charakteristischen Anpassungsvorgang dar und wird durch die so

genannte **Höhendiurese** (vermehrte Urinausscheidung) bewirkt. Der biologische Sinn dieser hypoxischen Hämokonzentrationspolyglobulie liegt in einer Zunahme der Sauerstofftransportkapazität pro Volumeneinheit Blut.

Bei der Höhendiurese als Anpassungsvorgang an Hypoxie ist aber immer auch der Grenznutzen zu beachten, die Kehrseite der Medaille, der Preis sozusagen, der für dieses biologische Bemühen um eine Verbesserung der Sauerstofftransportkapazität fällig werden kann: Bei zu großer Zunahme der Blutviskosität zusammen mit einem Anstieg des pulmonalen Gefäßwiderstandes verschlechtern sich nämlich die Fließeigenschaften des Blutes dramatisch. Die hypoxische Plasmavolumenabnahme kann beim Höhenbergsteigen verstärkt werden durch weitere beträchtliche Flüssigkeitsverluste in der trockenen Luft (vermehrte Abatmung von Flüssigkeit), durch Schwitzen, Anstrengung, mangelnden Flüssigkeitsausgleich (zu wenig Trinken), durch Durchfälle (jeder zweite Asienreisende leidet an Reisedurchfall) usw.. Der aus derartigen Faktoren resultierende Hämatokritanstieg kann die Zirkulation in den Kapillaren und damit die Sauerstoffversorgung der Gewebe massiv verlangsamen und die Mikrozirkulation teilweise sogar vollständig zum Erliegen bringen, womit ein beträchtliches Risiko von Thrombosen und Erfrierungen verbunden ist. **Diese gefährliche Hämokonzentrationspolyglobulie darf daher nicht mit einer Höhenpolyglobulie verwechselt werden.**

Die **Dauer des Akklimatisationsvorgangs** ist genetisch bedingt individuell verschieden lang und hängt zudem auch von der Geschwindigkeit des Aufstieges, der absolut erreichten Höhe, dem relativ bewältigten Höhenunterschied und vom Gesundheitszustand, nicht jedoch vom Ausdauertrainingszustand ab. Folgende so genannte **Akklimatisationszeiten** sind daher nur ungefähre Anhaltspunkte: Auf 4000 m Höhe etwa drei bis sechs Tage, auf 5000 m Höhe rund zwei bis vier Wochen.

Akklimatisation erfolgt stets stufenweise: Hat man sich auf eine bestimmte Höhe akklimatisiert und steigt in der Folge weiter hoch, beginnt der Akklimatisationsprozess wieder von vorne.

Eine dauerhafte Akklimatisation sowie eine Regeneration nach Vorstößen in Extreme Höhen sind nur bis zu einer Seehöhe von etwa 5500 m möglich. Ein Basislager sollte daher nie höher liegen: Oberhalb dieser Höhe kommt es selbst bei völliger körperlicher Schonung zu einem Gewichtsverlust und zu physischem Verfall (sog. **Höhendeterioration**), und zwar umso rascher, je höher man sich aufhält. Oberhalb von 8000 m Seehöhe kann so der Tod durch Höhendeterioration innerhalb von Stunden bis wenigen Tagen eintreten.

Achtung: Beim üblichen, drei bis vier Wochen dauernden Höhentrekking, aber auch beim Höhenbergsteigen in Großen und Extremen Höhen bewegt man sich ständig in wechselnden Höhenlagen, sodass der Organismus keine Möglichkeit hat, sich an eine bestimmte Aufenthaltshöhe stabil zu akklimatisieren. **Man befindet sich also permanent in einer (instabilen und daher kritischen) Akklimatisationsphase. Es besteht also üblicherweise ständig ein Risiko, höhenkrank zu werden.**

Wie hoch kann man ohne künstlichen Sauerstoff steigen? Nur aufgrund seiner Äquatornähe und unter günstigen atmosphärischen Druckverhältnissen (vergleiche dazu Abbildung 1) ist ein Mensch ohne künstliche Sauerstoffatmung auf dem *Everestgipfel* gerade noch überlebensfähig. Bei einem nur 5%igen weiteren Absinken des Atmosphärendrucks, also von 253 auf 240 mm Hg (das entspräche einer Höhe von etwa 400 Höhenmeter über dem *Everestgipfel*) würde die äußerste Grenze der Hypoxietoleranz überschritten werden. Die Überlebenschancen ohne Sauerstoff sind auf dem *Everestgipfel* umso größer, je höher der Luftdruck (Schönwetter, Jahreszeit) ist. Erfolg und Tod liegen also in diesen Höhenlagen knapp beieinander.

Die Leistungsfähigkeit in der Höhe

Höhentrekking erfordert Grundlagenausdauer, Höhenbergsteigen Langzeit-
ausdauer und Kraftausdauer. Aus leistungsphysiologischer Sicht weisen

Höhentrekking und **Höhenbergsteigen** folgende unterschiedliche
Charakteristika auf:

Höhentrekking:

- Gehen überwiegend auf Wegen
- Höhenbereich von 2500 bis 5500 m
- Geringe Traglasten
- Tagesgehzeiten von 4 bis 6 Stunden
- Tägliche Schlafhöhenunterschiede 300 bis 400 Höhenmeter
- **Sehr inhomogenes, meist trainingsschwaches Publikum**

Höhenbergsteigen:

- Gehen und Steigen im weglosen Gelände, Klettern
- Höhenbereich von 5500 bis 8848 m
- Größere Traglasten
- Tagesetappen von 6 bis 10 Stunden und darüber
- Tägliche Schlafhöhenunterschiede oberhalb 5000 m von bis zu
1000 Höhenmetern
- **Meist hochmotivierte, gut trainierte Leistungssportler**

Höhe bedeutet eine reduzierte Sauerstoffaufnahme und damit die
Beeinträchtigung des Ausdauerleistungsvermögens (**Maximale Sauerstoff-
aufnahme, VO_{2max}**). Bis zu einer Höhe von etwa 1500 m vermindert sich die
 VO_{2max} kaum. Dann aber sinkt die maximale Sauerstoffaufnahme um etwa 10
Prozent pro 1000 Höhenmeter.

Konkret bedeutet dies unabhängig (!) von der Höhenakklimatisation:

Höhenbereich	Leistung	
in ca 3000 m	15 %	85 % VO_{2max}
in ca 4000 m	25 %	75 % VO_{2max}
in ca 5000 m	35 %	65 % VO_{2max}
in ca 6000 m	45 %	55 % VO_{2max}
in ca 7000 m	55 %	45 % VO_{2max}
in ca 8000 m	65 %	35 % VO_{2max}

In Hinblick auf die Beeinträchtigung der Steigleistung in der Höhe resultiert daraus für Höhenbergsteiger (mittlere Spalte) und Höhentrekker (rechte Spalte):

Höhenbereich	Leistung	
unter 2000 m	500 Hm/h	300 Hm/h
ca 3000 m	425	255
ca 4000 m	375	225
ca 5000 m	325	195
ca 6000 m	275	165
ca 7000 m	225	
ca 8000 m	175	

Trainingsziele:

Die **Steigleistung in Höhenmetern pro Stunde** und die **relative maximale Sauerstoffaufnahme** für mehrstündige Aufstiege von mindestens 1000 Höhenmetern (mit Rucksack) unterhalb von etwa 2500 m zeigt das folgende praktikable Trainings-Testmodell:

Trainingsziel	Steigleistung zu Hause	max. rel. O ₂ -Aufnahme vor der Abreise
Wenig Trainierte	300 - 400 Hm/h	42-52 ml/kg/min
Trekkingtourismus in Höhen von 3000-5000 m	500 Hm/h	52-55 ml/kg/min
Höhenbergsteigen in Höhen über 5000 m	600 Hm/h	55-64 ml/kg/min
Höhenbergsteigen in Höhen über 6500 m	> 600 Hm/h	> 65 ml/kg/min

Im Gegensatz zu Spitzenathleten vergleichbarer Ausdauersportarten weist die Weltelite der Höhenbergsteiger eine recht bescheidene maximale Sauerstoffaufnahme-fähigkeit auf. Was die physische alpinistische Leistung in größeren Höhen aber nun tatsächlich begrenzt, ist noch weitgehend unbekannt und hängt offensichtlich nicht allein vom Herzminutenvolumen oder von der Atmungssteigerung ab. Allerdings wurde festgestellt, dass Personen mit einer guten HVR eine ausgeprägtere Belastungsventilation, eine geringere arterielle Sauerstoffentsättigung und eine bessere Steigleistung aufweisen. Vor allem in Extremen Höhen bedeutet eine gute HVR also auch eine bessere Leistungsfähigkeit.

Ein einfaches Modell zum Verständnis der **Zusammenhänge zwischen Höhenakklimatisation und Leistungsfähigkeit** stammt von *Richalet*. Die physiologischen Reaktionen auf Höhenexposition können demnach in vier Phasen gegliedert werden (Abbildung 4).

Die Phase 1 (bis zu 6 Stunden nach Erreichen einer neuen Höhe) ist weitgehend unauffällig. Die Phase 2 (6 Stunden bis 7 Tage) wird als die Anpassungsphase (Akklimationsvorgang) bezeichnet, in welcher sich die meisten physiologischen Veränderungen ereignen. Alle Formen der Höhenkrankheit treten fast ausschließlich in dieser Phase auf.

In der Phase 3 (etwa 7 bis 21 Tage) ist der Organismus so weit an die neue Höhenlage angepasst, dass nun die aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit zum Tragen kommen kann (Akklimation auf Lebenszeit bis maximal 5500 m). Ein optimaler aerober Nutzungsgrad einer möglichst hohen VO_{2max} ist entscheidend für die Leistung beim Höhenbergsteigen.

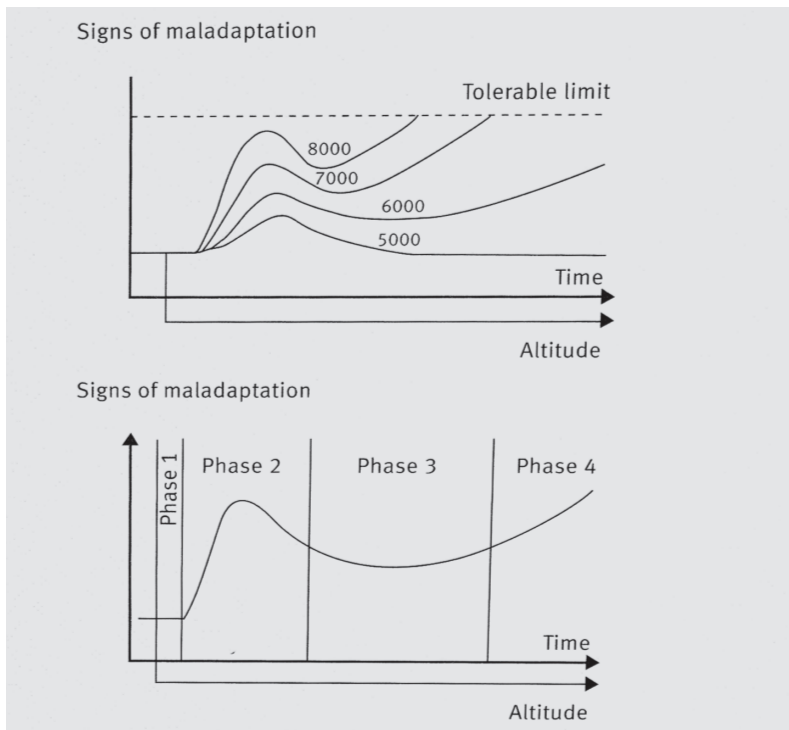


Abb 4: Die vier Phasen der Reaktion auf Höhenexposition (nach RICHALET)

In der Phase 4 (ab etwa 5500 m) beginnt sich der Höhengenaufenthalt in Abhängigkeit von der Höhe und der Expositionsdauer zunehmend lebensbedrohlich auszuwirken: Gewichtsverlust (Verlust an Fett- und Muskelmasse) sowie Dehydrierung.

Eine gute Atemantwort (HVR) auf Hypoxie vermindert möglicherweise das Risiko von schweren Anpassungsstörungen in der Akklimatisationsphase, während eine hohe Ausdauerleistungsfähigkeit in der darauf folgenden Phase ein besseres und sichereres Bergsteigen erlaubt. Diese Überlegungen sind aber insofern rein theoretisch, als sowohl die Akklimatisation als auch das Risiko von AMS, HAPE oder HACE individuell von etlichen anderen, nicht messbaren Einflussfaktoren bestimmt wird, die wesentlich bedeutsamer sind als die HVR. Auch daher hätte eine HVR-Bestimmung keinen Voraussagewert über Akklimatisationsfähigkeit, Höhentauglichkeit und Erkrankungsrisiko.

Maßgeblich für Tempo und Höhentaktik einer Gruppe in Großen und Extremen Höhen muss immer die Akklimatisationsfähigkeit ihrer Teilnehmer und darf niemals deren Leistungsfähigkeit sein.

Training und Höhe

- Ausdauerleistungsfähigkeit und Höhenakklimatisation sind zwei voneinander völlig unabhängige Faktoren.
- Die VO_{2max} hat keinen Einfluss auf die Höhenakklimatisation.
- Im Tal ist die Ausdauerleistungsfähigkeit (VO_{2max}) leistungsbegrenzend, mit zunehmender Höhe die Höhenakklimatisation.
- Die Akklimatisation an hypobare Hypoxie erfolgt völlig unabhängig von der individuellen körperlichen Leistungsfähigkeit.
- Ein ausgezeichneter Ausdauertrainingszustand in den heimatlichen Bergen ist leider kein Garant für einen unproblematischen Aufenthalt später in Großen und Extremen Höhen.
- Ein solider Ausdauertrainingszustand ist aber später, nach erfolgter Akklimatisation, leistungsbestimmend und in Extremen Höhen sogar ein erstrangiger Sicherheitsfaktor.
- Daher ist ein gezieltes und möglichst individuell gesteuertes Trainingsprogramm unverzichtbar.

Aus der allgemeinen Trainingslehre wissen wir: Jedes Training erfordert einen Trainingsplan und vor allem eine konkrete Zielsetzung. Spezifische Ziele der

Trainingsvorbereitungen sind hier eine solide Grundlagenausdauer (Höhentrekking) bzw. Langzeitausdauer / Kraftausdauer (Höhenbergsteigen).

Ein Trainingsprogramm, das erst in den letzten Wochen vor der Reise stattfindet, verbessert nicht ausreichend die Leistungsfähigkeit. Jedes effiziente Ausdauertraining muss daher längerfristig, möglichst natürlich ganzjährig, angelegt sein.

Eine **ausbelastende ergometrische Leistungsdiagnostik** auf dem Fahrrad- oder (besser) Laufbandergometer ist zur Vorbereitung einer Höhenbergfahrt aus folgenden Gründen empfehlenswert:

- Feststellung allfälliger kardiopulmonaler Risikofaktoren oder Schäden
- Feststellung der individuellen Leistungsfähigkeit (Trainingszustand)
- Individuelle Trainingsplanung und Trainingskontrolle

Trainingskonzept „Höhentrekking“

Folgende Rahmenbedingungen führen zu einer soliden Grundlagenausdauer:

- **Gesamtumfang:** 90 - 120 Minuten pro Woche (Minimalprogramm)
- **Belastungsintensität:** 50 - 70 % VO_{2max} (extensive Belastung)
- **Wöchentliche Trainingseinheiten:** 3 mal 30 - 40 min oder
2 mal 45 - 60 min oder
5 mal 20 - 25 min

Trainingskonzept „Höhenbergsteigen“

Folgende Rahmenbedingungen zielen auf eine solide Langzeitausdauer und Kraftausdauer:

- **Gesamtumfang:** 3 - 4 Stunden pro Woche (Optimalprogramm)
- **Belastungsintensität:** 70 - 80 % VO_{2max} (intensive Belastung) und
50-70 % VO_{2max} (extensive Belastung)
- **Wöchentliche Trainingseinheiten:** 2 mal 60 - 75 min. extensiv und
2 mal 30 - 45 min. intensiv
- **Zusätzliches Kraftausdauertraining**

Noch einmal sei daran erinnert, dass die Leistungsfähigkeit (VO_{2max}) und die Höhenakklimatisation zwei völlig getrennte Systeme darstellen. Während die VO_{2max} trainingsabhängig ist, ist die Höhenakklimatisation eine komplexe genetische Anpassung an die widrige Umwelt der Höhe.

Gibt es ein vorbereitendes Höhenttraining („Vor-Akklimatisation“)?

„*Acclimatization is a waste of time*“ entspricht unserem Zeitgeist. Daher wird immer wieder die Frage gestellt, ob es denn nicht Methoden der „Vor-Akklimatisation“ gibt, die den späteren Akklimatisationsprozess erleichtern, vor allem aber beschleunigen könnten und auch das Risiko und vor allem die Ausprägung von AMS, HAPE und HACE mindern würden. Denkbar wären z.B. spezielle Höhen-Trainingsprogramme vor Beginn der Höhenbergfahrt, Aufenthalte in einer Unterdruckkammer oder einfach nur längere bzw. wiederholte alpine Höhengaufenthalte.

Das aktuelle Schlagwort heißt **Höhenttraining**, der vermeintliche Schlüssel zum Erfolg **intermittierende Hypoxie**. Darunter versteht man regelmäßige, zeitbegrenzte Aufenthalte unter Sauerstoffmangel naturidentisch in der Unterdruckkammer, in normobarer Höhenkammer oder im Höhenzelt oder (billiger) durch Maskenatmung eines Sauerstoffmangelgemisches. Solche Programme werden mancherorts kommerziell angeboten, obwohl weltweit bis dato noch immer kein wirklich verlässliches Konzept der intermittierenden Hypoxie zur Vorbereitung von Höhentrekking und Höhenbergsteigen existiert.

Hingegen können **mehrtägige Aufenthalte bzw. Übernachtungen** auf mindestens 1500 m Seehöhe kurz vor der Abreise in den Alpen zumindest bewirken, dass eine spätere Höhenkrankheit milder ausfällt. Das kommt allerdings nur dann zum Tragen, wenn zwischen diesen Höhengaufhalten in den Alpen und dem Aufstieg etwa im Himalaya nicht mehr als etwa zwei Wochen vergangen sind. Sonst würde die „Vorakklimatisation“ keinen Zeitgewinn bringen.

Alle derzeit bekannten Konzepte der intermittierenden Hypoxie haben gemeinsam, dass der Einzelne sehr unterschiedlich darauf reagiert. Möglicherweise mindert es im Einzelfall das Risiko einer Höhenkrankheit, verkürzt aber keineswegs generell die Akklimatisationszeit.

Es gibt also bis dato kein Trainingskonzept, das eine allfällig später auftretende Höhenkrankheit im Vorfeld aufzufangen in der Lage wäre.

Das höhenbedingte Scheitern

Misslingt die Höhenanpassung, wird man höhenkrank: **Akute Höhenanpassungsstörungen** sind **AMS (Akute Höhenkrankheit)**, **HAPE (Höhenlungenödem)** und **HACE (Höhenhirnödem)**.

Daneben gibt es noch hypoxiebedingte *Unterhautödeme (S.92)* und *Retinablutungen (S.93)* sowie einige andere höhentypische Gesundheitsstörungen.

Des Weiteren muss man davon ausgehen, dass es nicht selten auch hypoxiebedingte zentralnervöse Fehlleistungen bzw. Ausfallerscheinungen sind, die beim Höhenbergsteigen eine so hohe **Unfallrate** bewirken. Immerhin werden zahlreiche ungeklärte Todesfälle in Höhen über 7000 m einem sog. **Organic-Brain-Syndrom** zugeordnet. Man versteht darunter eine Art Gehirnerschöpfung durch Sauerstoffmangel.

Das **Risiko**, in der Höhe eine gesundheitliche Schädigung oder gar den Tod zu erleiden, ist zwischen Höhentrekking und Höhenbergsteigen stark unterschiedlich: Beim **Höhentrekking** ist die Todesfallrate mit 0.015 Prozent erstaunlich gering (15 auf 100.000 Personen), wobei übrigens tödliche Unfälle viermal häufiger geschehen als Todesfälle in Folge von Akuter Höhenkrankheit (13 % aller Todesfälle).

Hingegen ist das Risiko eines tödlichen Zwischenfalles beim **Höhenbergsteigen** etwa 200 mal größer als beim Trekking, wobei diese Bedrohung mit der Höhe des Gipfelzieles zunimmt: An den höchsten Achttausendern betrug die Todesfallrate in manchen Jahren bis zu 25 % aller Gipfelbezwinger. Ausschlaggebend ist jedenfalls, dass die Mehrzahl aller Todesfälle beim Höhenbergsteigen direkt oder indirekt hypoxiebedingt ist. Im Wesentlichen beobachtet man dabei drei Todesursachen:

- **Der plötzliche, nichttraumatische Tod meist durch Lungenembolie**
- **Tödliche Verletzungen durch Lawinenverschüttung, Absturz, Spaltensturz, Eisschlag, Steinschlag usw.**
- **Der Tod durch Akute Höhenkrankheit (Höhenödeme, Höhendeterioration)**

2. Vorbedingungen für Höhentrekking und Höhenbergsteigen

Höhentauglichkeit

Die Reaktion auf eine neue Höhe ist sehr unterschiedlich, wobei vor allem die folgenden zwei **individuellen Faktoren** maßgeblich sind:

- Genetische Disposition
- Aufstiegsgeschwindigkeit

Keine Bedeutung für die Reaktion auf hypobare Hypoxie haben:

- Ausdauerleistungsfähigkeit (VO_{2max})
- Geschlecht
- Lebensalter u.a.m.

Kann eine individuelle Anfälligkeit auf Akute Höhenkrankheit durch Testmethoden im Tal verlässlich vorausgesagt werden? NEIN!

Eine Vorhersage zur Höhentauglichkeit, etwa auf der Basis einer HVR-Messung zu Hause, wird zwar gelegentlich von kommerzieller Seite angeboten, ist aber schon allein deshalb nicht möglich, weil so viele andere Faktoren für die Entstehung der verschiedenen Formen der Höhenkrankheit bedeutsam sind: Genetische Prädispositionen, die Aufstiegsgeschwindigkeit, vorausgehende Erkrankungen einschließlich respiratorischer Virusinfekte, Kältestress, Erschöpfung, Schlafmittel und etliches mehr. Nur wenn alle diese Variablen unter Kontrolle wären - was aber völlig unrealistisch ist - würde eine niedrige oder gar fehlende HVR prospektiv ein individuell höheres Risiko bedeuten, ein HAPE zu entwickeln. Es gibt aber zahlreiche erfolgreiche Höhenbergsteiger mit nahezu fehlender HVR (z.B. *Habeler, Messner*), die trotzdem nie ein Höhenlungenödem bekamen. Eine niedrige HVR wäre daher keinesfalls ein Grund, vom Höhenbergsteigen abzuraten.

Die persönlichen Erfahrungen mit früheren Höhenaufenthalten besitzen eine wesentlich verlässlichere Voraussagekraft. Es gibt also bis heute keine einzige Testmethode zur Vorhersage der Anfälligkeit auf Akute Höhenkrankheit. Abgesehen von der individuell unterschiedlichen Disposition ist die Höhenverträglichkeit des Einzelnen stets auch das Resultat des taktisch richtigen (oder falschen) Verhaltens in der Höhe. Darauf kommt es an.

Höhenmedizinische Beratung

Wenn es keine entsprechenden Testverfahren zur Feststellung der individuellen Höhentauglichkeit gibt, ist eine fachkundige höhenmedizinische Beratung für den Reisenden dann überhaupt nötig und sinnvoll? Ja, sie ist auf alle Fälle von großer Bedeutung, sollte nur von einem erfahrenen Höhenmediziner durchgeführt werden und stets folgende Punkte beinhalten:

- Aufklärung und Information über Höhentaktik und Höhenkrankheit
- Detaillierte Bewertung des geplanten Höhenprofils
- Bewertung des Besteigungsstils
- Erhebung und Bewertung bisheriger Höhenaufenthalte
- Feststellung und Bewertung bestehender persönlicher Risikofaktoren

Die wohl wichtigste Aufgabe einer höhenmedizinischen Beratung besteht neben einer **Analyse und Bewertung des geplanten Höhenprofils** in einer **fachkundigen Interpretation früherer Höhenaufenthalte**: Wenn die betreffende Person bereits früher an Höhenanpassungsstörungen litt, sollten diese genau analysiert werden, um die ursächlichen Faktoren aufzudecken und auf dieser Basis für die Zukunft verbesserte individuelle Akklimatisationsrichtlinien zu entwerfen. Untersuchungen haben ergeben, dass Risikopersonen, also Menschen mit einer großen Anfälligkeit auf Akute Höhenkrankheit, bei künftigen Unternehmen durch konsequentere Höhentaktik zu rund 80 % symptomfrei waren.

Persönliche Höhenerfahrungen aus den Alpen können übrigens nicht so ohne weiteres auf die Weltberge übertragen werden. Wohl aber scheinen frühere Aufenthalte in Großen und Extremen Höhen spätere Höhenunternehmungen zu erleichtern und zwar wohl deshalb, weil man sich mit zunehmender Selbsterfahrung instinktiv routinierter, also taktisch höhengerechter verhält.

Wie sieht die Beratung von Personen ohne bisherige Höhenerfahrung aus? Höhenneulinge müssen dahingehend geschult werden, besonders sorgfältig die Frühzeichen einer gestörten Höhenanpassung zu beachten.

Obwohl es also für völlig Gesunde derzeit noch keine höhenspezifischen Testmethoden gibt, sind einige Abgrenzungen bzw. Einschränkungen gegeben, wenn jemand nicht mehr ganz gesund ist.

Die folgenden drei Seiten sind für Ärzte verfasst:

Höhenspezifische Risikofaktoren

Vor Antritt jeder Höhenbergfahrt sind folgende einschränkende Gesundheitsfaktoren in Hinblick auf die Sauerstofftransportfunktion (Atmung / Herz-Kreislauf / Stoffwechsel) zu berücksichtigen:

- Lungen ventilationsstörungen
- Lungendiffusionsstörungen
- Lungenperfusionstörungen
- Rezidivierende Lungenembolie
- Pulmonale Hypertonie
- Koronare Herzkrankheit (mit oder ohne manifeste Risikofaktoren bei Männern über 45 und Frauen über 55 Jahren)
- Arterielle Durchblutungsstörungen
- Organische Herzerkrankungen (z.B. offenes Foramen ovale, paroxysmales Vorhofflimmern usw.)
- Instabiles belastungs- oder kälteinduziertes Asthma bronchiale
- Lungenteilresektion
- Anamnestisch wiederholtes HAPE
- Ausgeprägte Varikosität, Thromboseanamnese
- Proktologische Erkrankungen (Hämorrhoiden)
- Nierensteinanamnese
- Latente oder manifeste Infektionsherde
- Anfallsleiden
- Raynaud-Syndrom
- Migräne
- Prä- und postklimakterische Hormontherapie
- Erfrierungsanamnese
- Zahn- und Kiefererkrankungen
- Tropenerkrankungen
- Sichelzellanämie
- Entzündliche Krankheitsbilder

Vor Höhengedhalten sollte der „grüne Bereich“ folgender Laborwerte sichergestellt sein:

- Hämatokrit > 40 % und < 50 %
- Hämoglobinkonzentration > 14 g/dl (Männer) / > 12 g/dl (Frauen)

- Aufgefüllte Eisenspeicher (Ferritin > 30 ng/ml)
- Nierenfunktionswerte
- Entzündungsparameter

Höhenaufenthalt bei vorbestehenden Erkrankungen

Dazu wurden von der MECOM UIAA konkrete Empfehlungen publiziert, die hier modifiziert zusammengefasst werden:

- **Atmungssystem**

Chronische Bronchitis, Lungenemphysem (COPD) sowie **alle anderen Ventilationsstörungen** führen in der Höhe zu verstärkter Atemnot und erhöhen das Höhenlungenödem-Risiko, zumal sie häufig mit einer pulmonalen Bluthochdruck verbunden sind.

Patienten mit **Asthma bronchiale** fühlen sich bei Höhenaufenthalten meist wohler, wofür vermutlich der reduzierte Allergengehalt in der Atemluft, aber auch der gesteigerte Sympathikotonus und die erhöhte Adrenalinproduktion verantwortlich sind. Andererseits können aber kalte Atemluft und Anstrengungen Asthmaanfälle provozieren.

- **Herz**

Instabile Angina pectoris ist ein Grund, Höhenlagen zu meiden. Dagegen stellen eine gut eingestellte **arterielle Hypertonie** sowie ein erfolgreicher **Koronarer Bypass** keine Kontraindikationen dar. Auf Meereshöhe **klinisch stabile KHK-Patienten** haben zumindest in Mittlerer Höhe kein vermehrtes Risiko, auch relativ kurz nach einem Koronarereignis. Es gibt bislang keine Hinweise dafür, dass vorher asymptomatische Patienten in der Höhe ein besonderes Risiko für koronare Gefäßverschlüsse aufweisen würden. Hingegen bedeutet die Sympathikus-Aktivierung unter Höhenhypoxie für alle Formen der **Arrhythmie** ein erhöhtes Risiko.

- **Blutkreislauf**

Patienten mit **Gerinnungsstörungen** sollten das Höhenbergsteigen besser meiden, denn obwohl der Einfluss der Höhe auf das Gerinnungssystem noch nicht ausreichend geklärt ist, muss gerade bei diesen Patienten berücksichtigt werden, dass bei einem akuten Ereignis (Gefäßverschluss, Blutung) in den abgelegenen Hochgebirgen keine adäquate Notversorgung gewährleistet ist.

- **Hormonhaushalt**

Hypoxie an sich hat keinen Einfluss auf den Zuckerstoffwechsel. Zahlreiche Patienten mit juvenilem, insulinpflichtigen **Diabetes mellitus 1** haben selbst schwierige Besteigungen in Extremen Höhen erfolgreich bewältigt. Sowohl Betroffene als auch Begleiter müssen aber gut über das Management von eventuellen hypo- oder hyperglykämischen Zuständen Bescheid wissen. Diabetes erhöht jedenfalls nicht die Anfälligkeit auf AMS.

Patienten unter **Steroid-Dauertherapie** müssen ihre Steroid-Dosis beim Höhenbergsteigen stressbedingt erhöhen. Nach **subtotaler Strumektomie** sollte die Substitutionsdosis im obersten Normbereich eingestellt werden (TSH < 0.01).

- **Magen-Darm-System**

Patienten mit aktiver **Colitis ulcerosa** bzw. **Morbus Crohn** sind in einer akuten Erkrankungsphase nicht für das Höhenbergsteigen geeignet. Dasselbe gilt für nicht ausgeheilte **Magen- bzw. Zwölffingerdarmgeschwüre**.

- **Gehirndurchblutungsstörungen**

Patienten mit bekannten oder vermuteten Störungen wie **TIA, vorhergegangen Schlaganfällen** oder **Carotisstenosen** sollten die Höhe meiden. Hypoxie kann wahrscheinlich **Migräneanfälle** auslösen, weshalb die individuell wirksamen Medikamente stets griffbereit sein müssen. Die Differenzialdiagnose zum Höhenkopfschmerz bei AMS und HACE ist allerdings oft sehr schwierig.

- **Epilepsie**

Höhenhypoxie kann epileptische Anfälle auslösen. Bei medikamentös gut eingestellter Epilepsie sollte dieses Risiko aber gering sein.

Die Anti-Baby-Pille in der Höhe

Da die Höhenakklimatisation stets mit Flüssigkeitsverlust verbunden und auch Kälte thrombosefördernd ist, geht man davon aus, dass bei einem Höhengaufenthalt das Thromboserisiko unter Einnahme der Anti-Baby-Pille erhöht sei. Bewiesen ist das aber bisher durch keine einzige Studie. Vielmehr blieben Millionen Frauen in der Höhe trotz Kontrazeptiva gesund. Gegenteilige Fallberichte fehlen jedenfalls weltweit. Trotzdem soll beachtet werden, dass in Höhen über 6000 m das Thromboserisiko generell ansteigt, vor allem bei Flüssigkeitsverlust und längerem Zeltaufenthalt. Die Pille hat keinen Einfluss auf die Akklimatisation.

Die Menstruation kann aber in Großen und Extremen Höhen abnormal verlaufen. Anti-Baby-Pillen haben sich daher beim Höhenbergsteigen als wirksames Mittel zur **Zyklusregulierung** bzw. zur **Zyklusverschiebung** erwiesen. Dabei wurden bisher keinerlei Komplikationen bekannt, zumal in diesem Zusammenhang darauf verwiesen werden muss, dass eine Frühschwangerschaft wesentlich stärkere biologische Veränderungen hervorruft als die Pille. Eine erstmalige orale Kontrazeption unmittelbar vor einer Höhenreise sollte unterbleiben. Eine kurzfristige Zyklusverschiebung mittels Progesteron ist wegen der häufig unangenehmen Nebenwirkungen nicht ratsam.

Resorptionsstörungen bei Brechdurchfällen (Reisediarrhoen) und Erbrechen bei Höhenkrankheit, aber auch eine unregelmäßige Pilleneinnahme (etwa aufgrund der Zeitverschiebung) reduzieren die Pillenwirksamkeit.

Schwangerschaft und Höhe

Während Frauen mit einer Risikoschwangerschaft auf alle Fälle im Tal (d.h. in der Nähe ihres Gynäkologen) bleiben sollen, sprechen bis heute keine überzeugenden Argumente dagegen, dass gesunde, sportlich aktive Frauen während einer komplikationslos verlaufenden Schwangerschaft beliebig zumindest Mittlere Höhen aufsuchen dürfen.

Manche Autoren vermuten zwar, dass die fetale Sauerstoffversorgung in Großen Höhen beeinträchtigt sein könnte, aber das ist rein hypothetisch. Das AMS-Risiko ist in der Schwangerschaft nicht erhöht. Während daher gesunden Schwangeren in den USA bis zu 4000 m Seehöhe grünes Licht gegeben wird, ist man bei uns etwas vorsichtiger: **3000 m Schlafhöhe für bis zu zwei Wochen** gilt allgemein als Sicherheitsgrenze für eine „normal“ schwangere, nicht rauchende Aktivbergsteigerin im submaximalen Belastungsbereich.

Beim Höhentrekking und Höhenbergsteigen muss man allerdings einige erhebliche **Risiken** in Erwägung ziehen, die für eine Schwangere problematisch werden können: Tropenspezifische Erkrankungen, Gesundheitsstörungen durch die zwangsläufig reduzierten Hygieneverhältnisse, Höhenkrankheit und somit unumgängliche, mit einer Schwangerschaft nicht kompatible medikamentöse Therapien.

Außerdem entsprechen die Bedingungen fernab der Zivilisation, aber auch die medizinische Infrastruktur der meisten außereuropäischen Gebirgsländer

nicht den Anforderungen, die eine unerwartete Schwangerschaftskomplikation bekanntlich sehr plötzlich stellen kann.

Kinder in Großen und Extremen Höhen

Über die Akute Höhenkrankheit bei Kindern und Jugendlichen gibt es weltweit bislang keine umfassenden epidemiologischen Studien. Man kann aber aufgrund einiger Fallberichte wohl davon ausgehen, dass die Häufigkeit der Akuten Höhenkrankheit (AMS) und von HAPE keine Unterschiede zu Erwachsenen aufweist. Über das Höhenhirnödem (HACE) bei Kindern liegen weder Studien noch Fallberichte vor.

Allfällige Effekte eines mehrwöchigen Aufenthaltes in Höhen über 2000 m auf das allgemeine Wachstum oder auf die Entwicklung des Zentralnervensystems und des kardiopulmonalen Systems sind unbekannt.

Symptome

Für Kleinkinder gilt noch mehr als für Erwachsene, dass die Symptome vor allem der AMS häufig mit nicht höhenspezifischen Befindungsstörungen verwechselt werden, etwa mit Verdauungsstörungen, Appetitlosigkeit, Schlafstörungen, Erschöpfung, Nahrungsmittelvergiftung, Stimmungsschwankungen durch die ungewohnten Reise- und Umweltbedingungen usw.. Magen-Darm-Erkrankungen stellen insbesondere bei Kleinkindern während eines Trekkings eine ungleich häufigere und wesentlich ernstere gesundheitliche Bedrohung dar als der höhenbedingte Sauerstoffmangel (s.u.).

Dennoch muss bei unklaren Befindungsstörungen auch die Entwicklung einer Höhenkrankheit mit in Betracht gezogen werden. Hierbei sind drei altersspezifische Besonderheiten maßgeblich:

1. **Bis zum 3. Lebensjahr** können keine verlässlichen verbalen Symptom-schilderungen erwartet werden. Die Höhenkrankheit äußert sich in diesem Alter typischerweise in Rastlosigkeit, Appetitlosigkeit, Erbrechen, verändertem Spielverhalten und schweren Schlafstörungen. Die Differenzierung einer Höhenkrankheit zu anderen Kausalitäten von Befindungsstörungen kann daher in diesem Alter schwierig bis nahezu unmöglich sein.

2. **Zwischen 3. und 8. Lebensjahr** bessert sich die Fähigkeit zu einer entsprechenden Symptomenschilderung allmählich.

3. **Erst ab dem 8. Lebensjahr** äußern sich Hinweise auf eine Höhenkrankheit ähnlich wie bei Erwachsenen. Bis zum 8. Lebensjahr sollten daher Kinder in der Höhe ausschließlich von den eigenen Eltern begleitet werden, da nur diese allfällige Verhaltensänderungen rechtzeitig erkennen können.

Prävention

Diese entspricht natürlich den generellen Spielregeln der Höhenakklimatisation, wie sie auch für Erwachsene definiert sind. An erster Stelle steht hier ab ca. 2000 m Seehöhe der Schlafhöhenunterschied („rate of ascent“). Jede medikamentöse Prophylaxe (z.B. durch DIAMOX®) lehnen wir bei Kindern wegen der damit verbundenen Risiken und häufigen Nebenwirkungen, aber auch aus grundsätzlichen Überlegungen ausnahmslos ab. Eine vorherige umfassende Aufklärung der elterlichen Begleiter über Diagnostik und Therapie aller Formen der Höhenkrankheit ist besonders wichtig.

Ständig sollte ein vorher festgelegtes **Notfallkonzept** präsent sein, um rasch die richtigen Sofortmaßnahmen durchführen zu können (Abtransport, Sauerstoffatmung, Organisation fremder Hilfe usw.). Ein eventuell höhenkrankes Kind muss also schon beim ersten Verdacht auf eine mögliche Höhenkrankheit stets unverzüglich, also ohne Abwarten bzw. ohne therapeutischen Rasttag, am Rücken eines Trägers oder eines „Emergency Horse“ in tiefere Höhen **hinuntergetragen** werden.

Kälte: Wegen der beim Heranwachsenden ungünstigen Volumen/Oberflächenrelation besteht ein erhöhtes Risiko von Kälteschäden (Unterkühlung, Erfrierungen).

Ultraviolettstrahlung: Darauf reagieren Kinder wesentlich empfindlicher als Erwachsene. Ein optimaler und vor allem konsequenter Schutz von Haut, Augen und Lippen ist daher unabdingbar. Höhenstrahlung vermindert die Infektabwehr.

Gastrointestinale Infektionen: Für europäische Kinder – vor allem für Säuglinge und Kleinkinder – besteht auf außereuropäischen Reisen grundsätzlich ein beträchtliches, häufig unterschätztes Gesundheitsrisiko, und zwar in erster Linie aus hygienischen Gründen. Bei sog. Reisediarrhöen handelt es sich im Gegensatz zu Erwachsenen bei Kindern bis zum fünften Lebensjahr oft um hochfieberhafte Rotaviren-Infektionen. Bei Kindern unter drei Jahren gehen diese Darminfektionen sehr häufig mit massivem Erbrechen einher. Das kann rasch zu lebensbedrohlichen Situationen führen (schwere, oral nicht beherrschbare Dehydrierung, Fieberkrämpfe usw.), wobei dann in diesen

exotischen Ländern in aller Regel keine entsprechende stationäre Behandlungsmöglichkeit zur Verfügung steht.

Seilbahnen und Bergstraßen

Der kurzfristige Aufstieg in Höhen über 3000 m mittels Seilbahnen oder auf Bergstraßen ist für gesunde Kinder jeden Alters, also auch für Säuglinge, vertretbar. Mit jungen Säuglingen sollten aber mehrstündige Aufenthalte oder gar Übernachtungen oberhalb von 2500 m unterbleiben.

Grundsätzliches zum Trekking mit Kindern

Eltern sollten sich kritisch mit der grundsätzlichen Überlegung befassen, inwieweit ihr Kind nicht überhaupt vom bizarr-exotischen Erlebnisgehalt solcher Unternehmungen geistig und psychisch überfordert wird. Stundenlange eintönige Fußmärsche, aber auch die das Kind eher verstörenden Begegnungen mit fremden, pittoresken Kulturen und Bevölkerungen erfordern eine gewisse Reife, die vor der Pubertät gar nicht gegeben sein kann. Verantwortungsbewusste Eltern sollten sich diesbezüglich jedenfalls keinen trügerischen Illusionen hingeben.

3. Praxis der Höhenakklimatisation - die Höhentaktik

Die hier beschriebenen Anpassungsstrategien haben nicht das Ziel, die Akklimation zu beschleunigen, sondern das Risiko einer möglicherweise tödlichen Höhenkrankheit zu verringern. Die folgenden Höhenangaben beziehen sich nicht auf die höchste erreichte Tageshöhe, sondern immer auf die Schlafhöhe. Zwei Aspekte stehen dabei im Vordergrund:

1. Die Höhenakklimatisation beginnt schon ab etwa 1500 m Seehöhe. Bereits hier kann bei besonders ungünstiger **genetischer Disposition** Höhenkrankheit (AMS, HAPE, HACE) auftreten, wobei es große individuelle Unterschiede gibt, wie das sehr verschiedene Auftreten von AMS-Symptomen in ein und derselben Personengruppe vor Augen führt. Zumindest darf man bei unklaren Befindungsstörungen („*Mir geht es heute gar nicht gut*“) auch auf Höhen um 2000 m eine AMS nicht von vorneherein ausschließen.

2. Es gibt keine für alle Individuen gleichermaßen gültige Akklimationstaktik, und die international bekannten Richtlinien diverser Institutionen bezüglich Aufstiegstaktik beruhen auf einer dürftigen Evidenz. Auch wenn es schon lange bekannt ist, dass es eine eindeutige Verbindung zwischen der Aufstiegs geschwindigkeit und dem Auftreten der Höhenkrankheit gibt, lässt sich die entscheidende Frage der Höhenmedizin schlechthin, nämlich „*Was heißt tatsächlich: slower is better*“, noch immer nicht konkret beantworten.

Allen Empfehlungen zur Höhenanpassung ist jedenfalls gemein, dass der Faktor Zeit entscheidend ist. Die Geschwindigkeit der Höhenexposition (**Aufstiegsgeschwindigkeit**, s.u.) stellt also neben der Genetik den maßgeblichen Risikofaktor dar. Erreicht man beispielsweise eine Höhe von 3500 m statt in einer Stunde in vier Tagen, reduziert sich das Höhenkrankheits-Risiko um 41 Prozent.

Dennoch sind Höhentrekking und Höhenbergsteigen auch für Personen mit ungünstiger genetischer Disposition möglich – aber nur, wenn diese besonders konsequent und kompromisslos die Grundregeln der Höhentaktik befolgen.

Grundsätze der Höhentaktik

Die **individuelle Akklimationsschwelle (individuelle Reizschwelle, persönliche Höhenreizzone)** ist jener persönliche Höhenbereich, von dem

man aus Erfahrung weiß, dass es einem dort immer wieder „schlecht“ geht. Von dort an ist daher eine konsequente Höhentaktik erforderlich, um später schwere Höhenprobleme zu vermeiden. Diese persönliche Schwelle liegt irgendwo **zwischen etwa 2000 und 3000 m Schlafhöhe** und bleibt das ganze Leben über - ein gesundes Atem-Herz-Kreislauf-System vorausgesetzt - gleich.

Von dieser Höhe an bis etwa 5500 m Schlafhöhe erfolgt jede Akklimatisation stets **in Stufen**: Nach erfolgter Anpassung an eine erreichte Höhe ist man nur für diesen Höhenbereich akklimatisiert, also wieder voll belastbar und weitgehend frei vom Risiko einer Höhenkrankheit. Das bedeutet in der Praxis des Höhentrekking's bzw. des Höhenbergsteigens, dass der Akklimatisationsprozess wegen der ständig wechselnden Höhenbereiche nie solide abgeschlossen sein kann.

Die folgenden drei wichtigsten höhentaktischen Regeln sollte man sich besonders gut einprägen - je konsequenter man sie in der Anpassungsphase beachtet, desto besser gelingt die Höhenanpassung:

- **NICHT ZU SCHNELL ZU HOCH STEIGEN**
- **KEINE INTENSIVEN ANSTRENGUNGEN**
- **MÖGLICHST TIEFE SCHLAFHÖHE**

Die Aufstiegs geschwindigkeit

Die Aufstiegs geschwindigkeit besteht einerseits aus der Geh- bzw. Steiggeschwindigkeit und andererseits aus der Schlafhöhendistanz („*Jeder kann höhenkrank werden, wenn er nur schnell genug hoch genug steigt.*“). Es kommt also in erster Linie auf die Aufstiegs geschwindigkeit an. Die Aufstiegs geschwindigkeit bezieht sich sowohl auf die **Steiggeschwindigkeit (Geh tempo, „speed of ascent“)** als auch auf die **Schlafhöhendistanz („rate of ascent“)**. Beide Aspekte sind für die Höhentaktik von Belang:

- **Steiggeschwindigkeit (Geh tempo)**

Vor allem während jeder Akklimatisationsphase muss man kompromisslos ein aerobes Geh tempo wählen. Die Belastung beim Gehen und Steigen darf 60 Prozent der Maximalleistung nicht überschreiten. Die individuelle Steuerung eines rationellen aeroben Geh tempos erfolgt am besten und sehr einfach über den 1:2-Atemrhythmus: **Einen Schritt einatmen - zwei Schritte ausatmen**. Auf unschwierigem Terrain ist dieser Atemrhythmus bei etwas

Übung auch mit geschlossenem Mund (Nasatmung) bis über 5000 m Seehöhe durchaus durchführbar.

An Steilstücken oder anderen schwierigen Passagen wird man diesen 1:2-Atemrhythmus nicht aufrecht erhalten können. Dann reduziert man die Steiggeschwindigkeit, aber nur so kurze Zeit wie nötig, um so bald wie möglich wieder das **Steady state** des 1:2-Atemrhythmus zu erreichen.

Eine einfache Alternative zur Steuerung der Steiggeschwindigkeit mittels Atemrhythmus besteht darin: Wenn man beim Gehen noch in ganzen, nicht „abgehackten“ Sätzen miteinander sprechen kann, befindet man sich im aeroben Bereich.

Für eine optionale ergänzende Pulsmessung gelten im Sinne des „Prinzipes der Unterforderung“ folgende Obergrenzen: Etwa 120/Minute für ältere und etwa 140/Minute für jüngere Personen.

Jedenfalls muss man in der Akklimatisationsphase jede heftige Anstrengung vermeiden, vor allem wenn sie mit Atemnot und Pressatmung verbunden ist. Die Devise lautet: Betont langsame und sparsame Bewegungen, kurze Tagesetappen, nur leichte Traglasten und häufiges Rasten.

„Schleppen Sie sich nicht zu Tode!“

oder:

„Wer schneller geht als ein Ochse, der ist ein Ochse!“

- **Schlafhöhendistanz**

Wichtig für jede klassische Höhenakklimatisation ist immer die **Schlafhöhen-taktik („rate of ascent“)** und nicht so sehr das Steigtempo während des Tages („speed of ascent“). Vereinfacht ausgedrückt, akklimatisiert man sich vornehmlich während des Schlafes (kritische Phase der Höhenakklimatisation).

Eine weitere, noch nicht ausreichend geklärte Frage lautet: Beziehen sich die Schlafhöhendistanzen auf die einzelnen Tageshöhen oder auf den Tagesdurchschnitt der Gesamthöhe? Wahrscheinlich auf den Tagesdurchschnitt der Gesamthöhe, wie Untersuchungen am *Kilimandscharo* vermuten lassen.

Wann soll ein zweites Mal auf gleicher Höhe geschlafen werden: vor oder nach einer großen Höhendistanz? Wahrscheinlich (vor allem bei Beschwerdefreiheit) *nach* der übergroßen Etappe.

Daraus resultieren folgende taktische Regeln:

- Nach Erreichen der individuellen Akklimatisationsschwelle (2000 bis 3000 m) mehrere Nächte auf dieser Höhe schlafen oder
- bei sofortigem weiteren Aufstieg tägliche Schlafhöhenunterschiede von nicht mehr als 300 bis 400 m (1000 Fuß).
- Falls mehr als 600 m Schlafhöhendistanz unvermeidlich sind, soll man zwei Nächte auf der vorigen oder (besser) auf der nächsten Höhe verbringen.
- Immer so tief wie möglich schlafen.
- Stets „Fluchtwege“ in tiefere Regionen ins Auge fassen.

Diese Schlafhöhentaktik beruht auf allgemeinen Erfahrungswerten, die individuellen Schwankungen unterworfen sein können und daher nicht auf jeden Höhentouristen und auf jede Höhentour gleichermaßen anwendbar sind. Daher soll man sich stets an seiner individuellen Reaktion orientieren:

Wie ging es mir in der vergangenen Nacht, vor allem bezüglich dem Kopfschmerz, dem möglichen Leitsymptom von AMS? Danach sollte sich dann die tatsächliche nächste Schlafhöhe richten. Im Übrigen sollte man möglichst mit erhöhtem Oberkörper schlafen und auf gut durchlüftete Zelte bzw. Schlafräume achten.

Weitere taktische Empfehlungen

- Ein **rascher Transport in Höhen über etwa 2000 m** (mit Flugzeug, Hubschrauber, Seilbahn, Auto) ist immer ein besonderes Risiko und sollte daher bei Möglichkeit vermieden werden. Wenn dies aber unumgänglich ist, was meist der Fall ist, sollte man nach Ankunft unbedingt **2 Nächte** auf dieser Schlafhöhe bleiben, bevor man höher steigt.
- **Kein Solo-Trekking!** Als Alleingänger ist man in gesundheitlichen Notfällen (vor allem bei AMS, HAPE oder HACE) selbst auf stark frequentierten

Trekkingrouten immer relativ hilflos und kann nur in seltenen Ausnahmefällen mit fremder Unterstützung rechnen.

- Wenn man sich am Ende einer Aufstiegs-Tagesetappe wohl fühlt und Zeit dazu hat, ist es durchaus sinnvoll, nach einer Rast am Lagerplatz langsam und ohne Gepäck am morgigen Pfad noch **etwa 100 bis 200 Höhenmeter weiter zu steigen** und dann wieder ins Lager zurückzukehren. Ohne dass es dafür eine physiologische Erklärung gibt, betrachten dies viele Höhenbergsteiger als sehr vorteilhaft für ihre Akklimatisation.

- **Bewusste Hyperventilation (heftiges Atmen):** Damit lässt sich mehr Sauerstoff aus der Luft schöpfen. Dadurch sinkt auch die Konzentration des CO₂ in der Lunge, wodurch relativ mehr Sauerstoff Platz bekommt. Die quantitative Ausbeute wird allerdings mit fallendem Luftdruck geringer. Und schließlich ist der Grenznutzen der forcierten Hyperventilation dort gegeben, wo der weitere Sauerstoffgewinn ausschließlich für die Zunahme der mechanischen Atemtätigkeit aufgebraucht wird, also in Extremen Höhen.

- **Vermehrte Flüssigkeitszufuhr** kann zwar die Akklimatisation nicht fördern, aber anderen beträchtlichen Risiken (Thromboserisiko, Thromboembolien, Erfrierungen usw.) entgegenwirken. Eine Abnahme des Plasmavolumens (verminderte Sauerstofftransportkapazität) führt schon ab einem Flüssigkeitsdefizit von 2 % zu einer deutlichen Reduktion der Leistungsfähigkeit.

- Kohlenhydratreiche Ernährung (mehr als 70 %) ist wichtig für die Energiebereitstellung beim Höhenbergsteigen. Ob aber eine kohlenhydratreiche Diät bzw. Kohlenhydrat-Konzentrate AMS-mildernd wirken, wird in den wenigen dazu vorhandenen Untersuchungen kontroversiell beurteilt. Die Bedeutung der Nahrungsmittelzusammensetzung für die Akklimatisation ist derzeit umstritten.

- **Stets auf Frühzeichen der Akuten Höhenkrankheit achten!** Dazu ist es nötig, sich vor allem nachts gegenseitig zu beobachten. Aber: Lufthunger, klaustrophobisches Engegefühl im Zelt, Unterhautödeme im Gesicht, Schlafstörungen und nächtliche periodische Atmung mit sekundenlangen Atempausen sind noch keine Zeichen von AMS, sondern höhentypische Phänomene (siehe unten).

Höhentaktik – offene Fragen

Gelten die Richtlinien für alle gleich?

Beziehen sich die Schlafhöhendistanzen auf die einzelnen Tageshöhen oder auf den Tagesdurchschnitt der Gesamthöhe?

Wann soll ein zweites Mal auf gleicher Höhe geschlafen werden: Vor oder nach einer großen Höhendistanz?

Ermöglicht eine Prä-Akklimatisation ein schnelleres Höhersteigen?

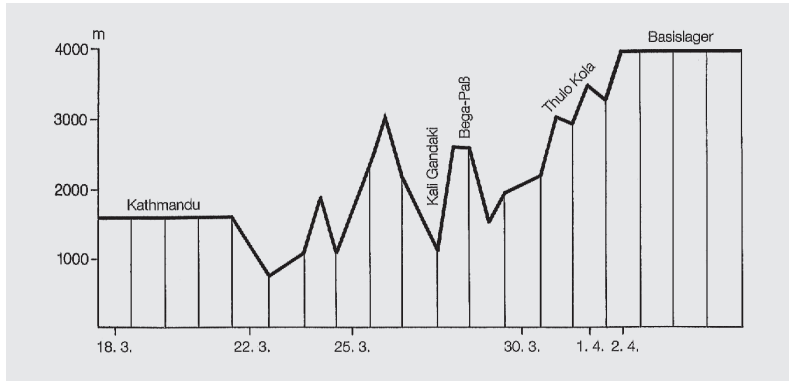


Abb 5: Beispiel eines für die Höhenanpassung optimalen Anmarschprofils. Die senkrechten Linien entsprechen den Nachtlagern.

**Etappenweises Höhersteigen -
Schlafhöhe stets tiefer als die höchste erreichte Tageshöhe
Climb high - sleep low !**

Praktische Zeichen erfolgter Akklimatisation

- Zum persönlichen Normwert zurückgekehrter Ruhepuls
- Vertiefte Atmung in Ruhe und unter Belastung
- Vermehrtes, vor allem nächtliches Urinieren (Höhendiurese)
- Trainingsgemäße, hypoxiereduzierte Ausdauerleistungsfähigkeit

Die Erhöhung des (morgentlichen) Ruhepulswertes um mehr als 20 Prozent über den individuellen Wert in Tallagen kann ist grundsätzlich „normal“ ein Hinweis dafür sein, dass sich der Betreffende gerade in der (stets kritischen) Akklimatisationsphase befindet. Kehrt der Ruhepuls wieder zum individuellen Talwert zurück, bedeutet dies, dass der Akklimatisationsprozess in diesem Höhenbereich erfolgreich abgeschlossen ist.

Heftiges Atmen in Ruhe, vor allem aber bei Anstrengungen, ist auch im akklimatisierten Zustand völlig normal.

Höhendiurese (vermehrtes nächtliches Urinieren): Der biologische Sinn dieses Anpassungsvorganges an Hypoxie liegt in einer Verbesserung der Sauerstofftransportfähigkeit des Blutes. Eine Harnausscheidung von mehr als 1 Liter in 24 Stunden ist daher ein Zeichen für eine gute Akklimatisation. Der Harn soll hell und klar sein, sofern er nicht durch Nahrungsmittel (z.B. Vitamine, Elektrolytgetränke) verfärbt ist. Wer kein häufiges (nächtliches) Urinieren aufweist, ist entweder ausgetrocknet oder schlecht akklimatisiert.

Wie lange hält ein Akklimatisationszustand nach Rückkehr ins Tal an („De-Akklimatisation“)?

Die meisten akklimatisationstypischen Funktionsänderungen verschwinden bereits in wenigen Tagen nach Rückkehr in tiefere Lagen. Je kürzer allerdings ein Talaufenthalt zwischen zwei Höhenphasen dauert, desto eher wird erfahrungsgemäß der neuerliche Aufstieg in große Höhen erleichtert. Dies kann aber andererseits dazu verleiten, nach allzu langem Aufenthalt im Tal beim Wiederaufstieg die Höhentaktik zu vernachlässigen, wodurch das Risiko einer Akuten Höhenkrankheit natürlich wächst.

Aus Erfahrung beträgt diese Zeitspanne **7 - 12 Tagen**. Wenn man innerhalb dieser Zeitspanne neuerlich hochsteigt, wird man ziemlich vollständig von der früheren Akklimatisation profitieren. Wird diese Zeitspanne jedoch deutlich überschritten, hat man wahrscheinlich sogar ein höheres Risiko als beim Erstaufstieg.

Medikamentöse Akklimatisationshilfen

An hohen Bergen ist die unkontrollierte Verwendung von Medikamenten und Injektionen heute die Regel, um auf alle Fälle den begehrten Gipfel zu erreichen, um welchen Preis auch immer. Medikamentenmissbrauch nimmt aber auch beim Höhentrekking überhand. Der Drang zum Machbaren um jeden Preis verlangt, dass die Risiken der Höhe durch Medikamente kompensierbar sein müssen.

Die Erwartungshaltung ist enorm: Medikamente sollen

- die Höhenakklimatisation beschleunigen
- Höhenkrankheit und andere höhentypische Gesundheitsstörungen verhindern
- die körperliche Leistungsfähigkeit verbessern.

Ist eine medikamentöse Prophylaxe grundsätzlich sinnvoll?

Bei normaler Höhentoleranz und bei durchschnittlicher Aufstiegs geschwindigkeit ist eine medikamentöse Akklimatisationshilfe im Sinne einer Prophylaxe von HAPE bzw. HACE **nicht** notwendig. Bei vernünftiger Planung der Höhenbergfahrt nach den dargelegten Regeln der Höhentaktik kann und soll grundsätzlich auf eine medikamentöse Prophylaxe verzichtet werden.

Eine **Indikation zu einer medikamentösen Prophylaxe** ist aber immer dann gegeben, wenn eine hohe Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer Akuten Höhenkrankheit besteht, insbesondere wenn entlegene Gebiete mit fehlender Infrastruktur aufgesucht werden oder bei dringenden Such- und Rettungsaktionen in der Höhe.

Eine **hohe Wahrscheinlichkeit** für das Auftreten einer Akuten Höhenkrankheit liegt nach *Bärtsch* immer dann vor, wenn

- die Aufenthaltshöhe > 3000 – 4000 m ist und
- die Aufenthaltsdauer > 12 bis 18 Stunden (für AMS) oder > 24 bis 48 Stunden (für HAPE und HACE) beträgt

und einer der folgenden Faktoren dazu kommt:

- Bei bekannter Anfälligkeit auf AMS oder HAPE ist ein langsamer Aufstieg mit einer täglichen Schlafhöhendistanz von 300 – 400 m nicht möglich.
- Bei normaler Höhenverträglichkeit oder bei unbekannter Höhenverträglichkeit ist ein rascher Aufstieg (> 700 – 1000 m tägliche Schlafhöhendistanz) unumgänglich.

Im Idealfall wird die Aufstiegs geschwindigkeit der Höhenverträglichkeit so angepasst, dass keine Höhenbeschwerden auftreten bzw. dass beim Auftreten von Symptomen ein Rasttag eingelegt wird („Therapeutischer Rasttag“).

Folgende Substanzen stehen derzeit zur Verfügung:

Acetazolamid (DIAMOX®)

Die prophylaktische Einnahme von DIAMOX® ist weit verbreitet, gilt für viele in der Höhe als unverzichtbar und als hauptverantwortlich für eine gute Gesundheitsverfassung. Zahlreiche Studien weisen darauf hin, dass die vorbeugende Einnahme von DIAMOX® unter anderem die Atmung in Ruhe und unter Belastung steigert, den Gasaustausch verbessert, den Gehirndruck senkt und die Sauerstoffversorgung der Gewebe, vor allem im Gehirn, verbessert.

DIAMOX® wirkt nicht symptomatisch, sondern kausal: Wenn jemand unter DIAMOX® beschwerdefrei ist, heißt das, dass er gesund ist. Nur wer unter DIAMOX® symptomfrei ist, kann risikolos höher steigen.

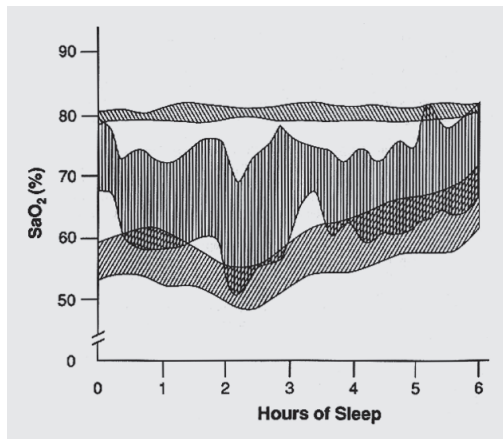


Abb 6: Sauerstoffsättigung während des Schlafes: Acetazolamid (oben), natürlicher Schlaf (Mitte) und Oxazepam (unten)

Dass eine prophylaktische DIAMOX®-Einnahme das HAPE-Risiko vergrößert, ist unwahrscheinlich. Sollten jedoch unter DIAMOX® plötzlich HAPE-verdächtige Symptome auftreten, muss das Medikament sofort abgesetzt werden: Einer der häufigsten Fehler besteht darin, weiter zu steigen, wenn trotz DIAMOX® Zeichen einer gestörten Höhenanpassung auftreten. Bekommt man unter DIAMOX® AMS-Symptome und steigt trotzdem weiter, kann eine Verschlechterung des Zustandes bis hin zum HAPE durch DIAMOX® nicht verhindert werden. Etliche an Akuter Höhenkrankheit verstorbene Personen hatten vorher nachweislich trotz Symptomen der Höhenkrankheit weiter DIAMOX® zur „Prophylaxe“ eingenommen.

Dosierung: 2 x 125 mg (2 x 1/2 Tablette) täglich. Diese Niedrigdosierung ist ähnlich effektiv wie die Normaldosierung, wobei aber allfällige Nebenwirkungen (siehe unten) seltener auftreten.

DIAMOX® wird ab 24 Stunden (1 Tag) vor Beginn eines Aufstiegs bis 48 Stunden (2 Tage) nach Erreichen der definitiven Zielhöhe, bei besonders schnellem Aufstieg bis 4 Tage nach Erreichen der definitiven Zielhöhe empfohlen. Unmittelbar nach Beginn des Abstieges kann DIAMOX® abgesetzt werden.

Soll DIAMOX® nur zur Schlafverbesserung eingesetzt werden, nimmt man etwa 2 Stunden vor dem Schlafengehen 1 x 125 - 250 mg. Als Kinderdosierung wird angegeben: 2,5 mg/kg (max. 125 mg) alle 12 Stunden.

Die dosisabhängig seltenen **Nebenwirkungen** von DIAMOX® sind zumindest unangenehm, aber meist harmlos: häufiges nächtliches Urinieren (in Einzelfällen mehr als 2,5 Liter pro Nacht), Kribbeln an Fingern und Zehen, Magen-Darm-Beschwerden, Müdigkeit und Geschmacksänderung von kohlenensäurehaltigen Getränken (Bier bekommt angeblich einen abscheulichen Geschmack). Wesentlich problematischer sind das Risiko einer diabetischen Entgleisung sowie die Möglichkeit einer lebensbedrohlichen Sulfonamidallergie.

DIAMOX® darf nicht eingenommen werden bei bekannter Sulfonamidallergie, schwerer Niereninsuffizienz, Schwangerschaft und in der Stillperiode. Bei Unverträglichkeit von Acetazolamid sowie bei Sulfonamidallergie kann alternativ Dexamethason (siehe unten) in Betracht gezogen werden. In unvermeidlichen Hochrisikosituationen (z.B. bei Rettungseinsätzen mit sehr raschem Hochsteigen auf 3500 m und darüber) kann ausnahmsweise eine **Kombination von Acetazolamid und Dexamethason** überlegt werden.

Dexamethason

Dexamethason hat sich als Notfallmedikament bei einigen Formen der schweren Höhenkrankheit sehr bewährt. Gemäß der angloamerikanischen Literatur wird Dexamethason vor allem dann als eine alternative Prophylaxe empfohlen, wenn eine Intoleranz gegenüber DIAMOX® besteht. Dexamethason wirkt im Gegensatz zu DIAMOX® nicht kausal (d.h. nicht akklimatisationsverbessernd), sondern nur symptomlindernd. Schließlich steht man, wenn es trotz Dexamethason zu einem HACE kommt, mit leeren Händen da – man hat dann nämlich seine „Pfeile“ bereits verschossen.

Die empfohlene **Erwachsenendosis** beträgt 2 mg alle 6 Stunden oder 4 mg alle 12 Stunden, in Hochrisikosituationen (Höhen-Rettungseinsätze, Flugtransport auf über 3500 m mit sofort anschließender körperlicher Anstrengung) 4 mg alle 6 Stunden. Dauer maximal 10 Tage. Für Kinder nicht empfehlenswert.

Dexamethason wird wie DIAMOX® ab 24 Stunden vor Beginn eines Aufstiegs bis 48 Stunden nach Erreichen der definitiven Zielhöhe, bei besonders schnellem Aufstieg bis 4 Tage nach Erreichen der definitiven Zielhöhe empfohlen. Unmittelbar nach Beginn des Abstieges kann eine medikamentöse Prophylaxe jedenfalls beendet werden.

Dexamethason darf nicht eingenommen werden bei Schwangerschaft, in der Stillperiode und bei Magenerkrankungen.

Kalziumantagonisten (NIFEDIPIN®)

Nachdem der therapeutische Einsatz von Kalziumantagonisten bei HAPE vielfach unter Beweis gestellt werden konnte, fand man heraus, dass Nifedipin retard 20 mg (alle 8 bis 12 Stunden) die Entwicklung eines HAPE bei besonders HAPE-empfindlichen Bergsteigern hintanzuhalten in der Lage sein kann.

Eine generelle Prophylaxe mit Nifedipin empfiehlt sich aber deshalb nicht, weil es keine Untersuchungen über Nifedipin über mehr als 4 Tage in der Höhe gibt und weil potenzielle **Nebenwirkungen** berücksichtigt werden müssen (Herzrasen, Blutdruckabfall, Kopfschmerzen, Übelkeit, Erbrechen, Müdigkeit, Schwindelanfälle, eventuell sehr starke Beinschwellungen mit der Unmöglichkeit, anderntags in die Bergschuhe zu kommen). Nifedipin ist **verboten** in der Schwangerschaft, in der Stillperiode und ist in Europa für diese Indikation behördlich nicht zugelassen.

Phosphodiesterasehemmer (SILDENAFIL, TADALAFIL)

VIAGRA® und CIALIS® führen als selektive Pulmonaldrucksenker in der Höhe zu einer homogeneren Lungen-Blut- und damit Druckverteilung, zu einer um 5 Prozent verbesserten Sauerstoffsättigung, zu einer verbesserten Lungenfunktion, zu einem Rückgang des erhöhten Lungengefäßdrucks und zu einer Steigerung der Leistungsfähigkeit um etwa 10 Prozent. Weitere Untersuchungen sind allerdings nötig, um bezüglich Sildenafil bzw. Tadalafil in der Höhe verlässliche Empfehlungen geben zu können.

Azetylsalizylsäure (ASPIRIN®)

ASPIRIN® wird häufig zur Vorbeugung der Höhenkrankheit verwendet - manchmal sogar in Kombination mit DIAMOX®, wobei Todesfälle bekannt sind. Es weist eine nicht unbeträchtliche **Nebenwirkungsrate** auf, vor allem in Form einer Gerinnungshemmung und damit einer **erhöhten Blutungsneigung** vor allem bei Verletzungen, von Magen-Darm-Blutungen, Nierenfunktionsstörungen usw. Es ist auch in geringen Dosierungen riskant, es gibt also keine risikofreie Aspirindosis, weshalb vor allem die mehrtägige, oft unkontrollierte Einnahme von ASPIRIN® in der Höhe nicht empfehlenswert ist. Selbst harmlose Frischwunden hören bei gleichzeitiger ASPIRIN® -gabe nicht zu Bluten auf.

4. Taktik in Extremen Höhen

Bis etwa 6000 m und darüber fühlen sich vorher gut akklimatisierte Bergsteiger meist noch recht wohl und leistungsfähig. Aber *oberhalb* von 7000 m ändert sich das Befinden rapide: Müdigkeit und Lethargie nehmen zu, und selbst unschwierige Passagen oder einfache tägliche Verrichtungen (z.B. Kochen im Zelt) werden zur Qual - warum eigentlich?

Oberhalb von etwa 5500 m Seehöhe ist, wie bereits erwähnt, physiologisch keine vollständige Akklimatisation mehr möglich. Man kann nur mittels **Anpassung der Atmung** (massive Hyperventilation) auch ohne Sauerstoffatmung bis zum Everestgipfel weitersteigen.

In diesen Extremen Höhen ist nur mehr eine zeitlich begrenzte Sofortanpassung möglich. Diese Zeitspannen werden immer kürzer, je höher man schläft. Bei mehrtägigem Aufenthalt in Höhenlagern oberhalb von etwa 7000 m droht auch unter optimalen äußeren Bedingungen der langsame Höhentod (**Höhendeterioration**). Oberhalb von ca. 7500 m Seehöhe spricht man deshalb von der „Todeszone“, weil dort ein Überleben im Regelfall nur mehr rund 36 bis 48 Stunden lang möglich ist.

Prinzipien

- Voraussetzung ist stets eine **solide Akklimatisation** im Basislager. Dazu sind nach Erreichen desselben mehrere Ruhetage ohne körperliche Aktivitäten erforderlich.
- Vom Basislager aus erfolgt ein **etappenweiser Aufstieg**, d.h. tagsüber Vorstöße bis maximal 1000 Höhenmeter über die Schlafhöhe hinaus mit jeweils sofortigem Wiederabstieg („Jo-jo-Taktik“), anfangs bis zum Basislager, und
- erst beim dritten Vorstoß erste **Übernachtung im erstem Hochlager**.
- Spätestens nach zwei solchen Höhenaufenthalten drei **Ruhetage im Basislager**.
- **Schlechtwetterphasen** dürfen, wenn irgendwie möglich, nicht in Hochlagern abgewartet werden, und zwar wegen der Gefahr der lebensgefährlichen Höhendeterioration.

- Auch **banale Erkrankungen** (Infekte, lokale Entzündungen, Wunden usw.) können sich in Extremen Höhen bedrohlich auswirken, weshalb in einem solchen Fall immer sofort abgestiegen werden muss.
- Vor dem Gipfelgang ist eine Anpassung der Atmung bis auf ca. 7500 m nach dem oben genannten System erforderlich, wobei es egal ist, auf welchem Berg bzw. auf welcher Route diese Höhe erreicht wird. Anschließend **Abstieg mindestens bis zum Basislager, idealerweise sogar bis auf rund 4000 m** mit dort mindestens 3 Nächten Regenerationspause, auch zum weitestmöglichen Ausgleich des Flüssigkeits- und Kaloriendefizites.
- **Der Gipfelgang** erfolgt erst nach Erreichen einer Schlafhöhe von maximal 1500 Höhenmetern unterhalb des Gipfels und grundsätzlich in einem Zug vom Basislager aus, also so schnell wie möglich und ohne vermeidbare Lageraufenthalte.
- Für den Gipfelgang sollte ein **realistisches Zeitlimit** vorgegeben werden, das sich an der Steigleistung von mindestens 100 Höhenmeter pro Stunde orientiert. Wird dieses Zeitlimit bereits zur Halbzeit überschritten, **muss umgekehrt werden**.
- **Jeder Gipfelgang in dieser Höhe ist stets ein besonderes Risiko.** Nach Erreichen des Gipfels daher unter allen Umständen sofort wieder möglichst weit absteigen, jedenfalls bis unter die letzte Schlafhöhe hinab. Das muss man schon beim Aufbruch zum Gipfelgang einkalkulieren. **Schnelligkeit ist Sicherheit!**
- **Der Abstieg von einem sehr hohen Gipfel ist immer gefährlicher als der Aufstieg.** Im Abstieg sollte man daher ein etwaiges Biwak taktisch ebenso vermeiden wie Rasten in liegender Position.

Weiters sollte man beachten:

- Die Anstrengungen während eines Gipfelganges (Extreme Höhen) sind derart erschöpfend und jeder ist mit jedem Schritt im Kampf mit sich selbst verstrickt, dass partnerschaftliche Hilfestellungen in der Regel nicht erwartet werden können.
- Höhenödeme treten häufig erst im Abstieg auf. Die Dunkelziffer derartiger Höhenödeme mit konsekutivem Tod im Notbiwak oder durch Absturz ist

wahrscheinlich beträchtlich, wie zahlreiche tragische Ereignisse vermuten lassen.

- Abgesehen von der Möglichkeit eines Höhenödems wird häufig unterschätzt, dass sich Hypoxie auch ohne Höhenkrankheit fatal auswirken kann: Besonders die für die Sicherheit unabdingbare **kritische Entscheidungsfähigkeit** kann durch Sauerstoffmangel stark eingeschränkt sein.
- Dem meist **massiven Flüssigkeitsverlust** durch Trinken entgegenzuwirken ist in Extremen Höhen außerordentlich wichtig, um das beträchtliche Risiko von Erfrierungen, Thrombosen und massiven Einbußen der Leistungsfähigkeit zu verringern. Wir haben im Achttausender-Bereich einen Flüssigkeitsverlust von bis zu 6 Litern in 24 Stunden, bedingt durch Abatmung, gemessen. Eine ausgiebige Basislagerrast ist also vor allem auch deshalb erforderlich, weil der Ausgleich größerer Flüssigkeitsdefizite selbst bei häufigem Trinken mehrere Tage benötigt. Ein Wiederaufstieg ohne einigermaßen gut ausgeglichener Flüssigkeitsbilanz stellt eine enorme zusätzliche Gefährdung dar.
- Besteigungsversuche höchster Gipfel im so genannten „**Alpinstil**“, was immer man darunter verstehen mag, jedenfalls ohne vorausgehende solide Anpassung bis auf Höhen etwa 1000 m unter der Gipfelhöhe, bedeuten stets ein extrem großes Risiko. Dies muss einem ebenso bewusst sein wie die Tatsache, dass bei Zwischenfällen in Extremen Höhen üblicherweise keine Rettung möglich ist. Auch insofern hat der Begriff „Todeszone“ seine Berechtigung.

Das Sterben in der Todeszone

Der Begriff „Todeszone“ wurde 1952 vom Genfer Arzt und Expeditionsleiter Edouard Wyss-Dunant geprägt und bezeichnet den Bereich oberhalb von etwa 7500 m Seehöhe. In diesen Extremen Höhen ist die Schwelle zum Scheitern rasch überschritten. Die Tragödien am *Everest* 1996 und 1997 erinnerten an das historische Massensterben 1934 am *Nanga Parbat* oder an den kollektiven Höhentod 1986 und 2008 am *K2*. Stets läuft es auf dieselben höhentypischen Ursachen hinaus. *Charles Houston*, der große amerikanische Altmeister der Höhenmedizin, hat dafür den Begriff der „**vier Hypos**“ geprägt:

- **HYPOXIE** (Sauerstoffmangel) beeinträchtigt massiv das Beurteilungsvermögen, verlangsamt alle Reflexe und trübt den Realitätssinn. Auch

unter Sauerstoffatmung (zur Aufstiegshilfe) ist man nicht etwa akklimatisiert, sondern schwer hypoxisch. Ein etwaiges Versagen der Sauerstoffausrüstung ist daher immer katastrophal, denn es bedeutet nichts anderes als eine plötzliche Zunahme der Hypoxie.

- **HYPOTHERMIE** (Unterkühlung) ist in Extremen Höhen selbst bei bester Kleidung unvermeidlich und beeinträchtigt die Gehirnleistungen ähnlich wie schwere Hypoxie. Die entsprechenden zerebralen Effekte addieren sich also bei unterkühlten Höhenbergsteigern.
- **HYPOGLYKÄMIE** (Kohlenhydratmangel) verursacht ähnliche mentale Störungen wie Hypothermie, aber auch bedrohliche Schwächezustände.
- **HYPHYDRIERUNG** (Flüssigkeitsmangel), beim Höhenbergsteigen ebenso unvermeidlich wie Hypoglykämie, bremst den Sauerstofftransport, worauf das Gehirn bekanntlich besonders empfindlich reagiert, abgesehen vom Thrombembolie- und Erfrierungsrisiko sowie von der hämokonzentration bedingten zusätzlichen Abnahme der Leistungsfähigkeit.

5. Weitere gesundheitliche Kriterien in der Höhe

Als oberstes Prinzip jeder Höhenbergfahrt gilt, sich penibel gesund und damit leistungsfähig zu erhalten.

Energiestoffwechsel

Die Nahrungszusammensetzung hat keinen Einfluss auf Akklimation oder AMS-Risiko. So spielt die für die Leistungsfähigkeit in der Höhe vorrangige kohlenhydratreiche Nahrung *keine* Rolle für die Höhenanpassung. Höhenödeme hängen auch nicht mit dem Salzgehalt der Nahrung zusammen. Er hat daher keinen Einfluss auf das Höhenödem-Risiko.

Eine optimale Energiezufuhr kann zwar weder mangelndes Training noch eine ungenügende Akklimation ersetzen und bringt auch keine Leistungssteigerung, ist aber ein unverzichtbarer Faktor für die Aufrechterhaltung der trainingsbedingten Leistungsfähigkeit.

Höhenbedingter Gewichtsverlust

Während eines Aufenthaltes oberhalb von 5000 m erfolgt eine zunehmende Verminderung des Körpergewichtes von bis zu 10 Prozent, und zwar auch bei optimaler Akklimation und hochkalorischer Ernährung. Oberhalb von 5000 m handelt es sich hierbei zu rund 70 % um Fettverluste, wie die überwiegende Mehrzahl neuerer Studien bestätigen konnte, während die Reduktion von Muskelmasse (*negative Stickstoffbilanz*) nur in Extremen Höhen bedeutsam sein dürfte. Ein Gewichtsverlust unterhalb von 5000 m hingegen ist nicht ernährungsbedingt.

Die Ursachen sind multifaktoriell und zum Teil noch ungeklärt. Im Vordergrund stehen **Bilanzdefizite** bzw. ungünstige Stoffwechselprozesse. Den meist intensiven Beanspruchungen über viele Tagesstunden hinweg steht vor allem beim Höhenbergsteigen sehr oft eine *qualitativ und quantitativ eingeschränkte Zufuhr* gegenüber, und zwar bedingt durch Appetitverlust, erschwerte Ernährungsbedingungen, Verdauungsstörungen usw. Hauptverantwortlich für den Gewichtsverlust in Großen und Extremen Höhen ist aber ein **Appetitverlust**.

Die beim Höhenbergsteigen geradezu charakteristischen Bilanzdefizite können akute und auch längerfristige Folgen haben: Eine ungenügende

Kohlenhydratzufuhr wird kurzfristig zu Hypoglykämie, zu Störungen im Eiweißstoffwechsel sowie zu zentraler Ermüdung und Erschöpfung führen. Flüssigkeitsmangel ruft Hypohydrierung, Kreislaufstörungen, Thrombosen, Thrombembolien, Erfrierungen, Erschöpfung sowie längerfristig Nierensteine hervor.

Eine bestmögliche Nahrungsmittel- und Flüssigkeitszufuhr hat daher beim Höhenbergsteigen Priorität. Die folgenden Kapitel fassen die wichtigsten praktischen Aspekte dazu zusammen:

Ernährung

Die Ernährung soll **kohlenhydratreich, schmackhaft, gut gewürzt und leicht verdaulich** sein sowie auch bis in die Hochlager möglichst auch den eigenen heimischen Ernährungsgewohnheiten entsprechen, wobei die wesentlichen Grundnahrungsmittel (Reis, Kartoffel, Eierteigwaren, Mehl, Zucker, Salz usw.) auch im Gastland erhältlich sind.

Mit zunehmender Höhe sollen Fette reduziert werden, und zwar zugunsten kohlenhydratreicher Speisen. Der respiratorische Quotient verstärkt sich unter Hypoxie zugunsten einer kohlenhydratreichen Ernährung (Abbildung 7). Auch sollten wegen des reduzierten Sauerstoffs häufigere, aber kleinere Mahlzeiten bevorzugt werden.

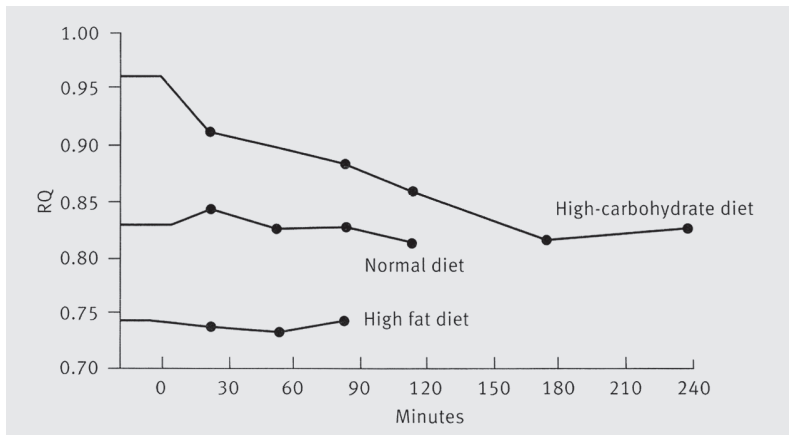


Abb 7: Schematische Darstellung des respiratorischen Quotienten bei verschiedenen Nahrungsformen: Eine betont kohlenhydratreiche Kost ermöglicht die längste Energiebereitstellung (nach ASTRAND).

Ausschlaggebend für die Gesundheit und Leistungsfähigkeit am Berg ist auch die **Nahrungsmittelhygiene**. Sie steht an erster Stelle jeder Erkrankungsvorbeugung bzw. Gesunderhaltung beim Höhenbergsteigen. Nach wie vor gilt die konsequente und kompromisslose Befolgung des bekannten Leitsatzes: *Boil it, cook it, fry it, peel it or forget it*. Es ist erwiesen, dass die Erkrankungswahrscheinlichkeit mit der Zahl der Verstöße gegen die Nahrungsmittelhygiene zunimmt.

Grundsätzlich kann bis etwa zum Basislager eine selbst zubereitete Einheimischenkost bevorzugt werden. Von folgenden Dingen sollte man aber beim Höhenbergsteigen möglichst die Finger lassen:

- Rohe Fisch- und Fleischspeisen
- Rohe Salate und ungekochtes Gemüse
- Leitungswasser
- Eiswürfel in Getränken
- Unschälbare oder bereits geschält servierte Früchte
- Nicht pasteurisierte Milch und Milchprodukte

Auch sollte man grundsätzlich keine üppigen Mahlzeiten und keine allzu fetten Gerichte zu sich nehmen. Vorsicht auch bei Buffets in warmer Raumtemperatur. Alle diese wichtigen nahrungshygienischen Grundsätze gelten übrigens, was viele nicht wahrhaben wollen, auch in städtischen Luxushotels und in pompösen Nobelrestaurants. Die für unsere Begriffe meist sehr starken Gewürze in den Speisen in den meisten Zielländern haben eine wichtige antimikrobielle Funktion.

Flüssigkeitshaushalt

Der tägliche Flüssigkeitsbedarf oberhalb von 3000 m ist beträchtlich: Häufiges Trinken vor, während und vor allem nach jeder Tagesetappe zum Ausgleich des Flüssigkeitsverlustes durch Schwitzen, Abatmung, höhenbedingte Bluteindickung usw. ist beim Höhenbergsteigen und Höhentrekking grundsätzlich wichtig. Übermäßige Flüssigkeitszufuhr soll aber wegen der Gefahr der Hyponatriämie („Wasservergiftung“) vermieden werden. Wieviel soll man in der Höhe nun trinken?

Die optimale Trinkmenge gibt verlässlich und effektiv das eigene **Durstgefühl** an. Diese Trinkstrategie verhindert sowohl einen Flüssigkeitsmangel als auch eine durchaus lebensbedrohliche Wasservergiftung.

Bedenklich ist immer die *Abnahme der täglichen Urinmenge* auf weniger als einen Liter in 24 Stunden bei zunehmender *Verfärbung* des Urins, während ein häufiges Urinieren als Zeichen guter Höhenanpassung gilt.

Das Hauptproblem von Flüssigkeitsdefiziten in der Höhe: Bei zunehmender Hämokonzentration (Bluteindickung) vermindert sich die Geschwindigkeit des peripheren Blutflusses, wodurch die durch Kälteeinfluss an sich schon erhöhte Neigung zu lebensbedrohlichen **Thrombosen** bzw. **Thrombembolien** zunimmt.

Ein ernstes Problem kann die **Wasserqualität** darstellen. Oberflächenwasser ist in fast allen Bergregionen der Welt bis in sehr großen Höhen zum Trinken prinzipiell *nicht* geeignet, da sich bis hoch hinauf Menschen und Tiere im Gelände aufhalten und damit mikrobenseuchte Fäkalien in den Boden gelangen. Wenn Einheimische beteuern, ihr Wasser wäre genießbar, bedeutet das noch lange nicht, dass das auch für uns zutrifft.

Trinkwasseraufbereitung: Oberflächenwasser kann bis etwa 6000 m dadurch genießbar gemacht werden, **dass man es bis zum Kochen erhitzt und danach bis auf Trinktemperatur abkühlen lässt**. Diese für die Ernährungshygiene ausreichende Maßnahme tötet alle relevanten Krankheitserreger (Protozoen, Amöben und die allermeisten Bakterien). Mit der Höhe sinkt der Siedepunkt des Wassers (z.B. 90°C auf 3000 m, 81 °C auf 6300 m), was aber kaum Einfluss auf die Keimabtötung hat. Ein Druckkoptopf ist freilich günstiger, und zwar deshalb, weil er auf allen Höhen Brennstoff und Zeit einspart. Falls das Erhitzen nicht möglich ist, hat sich folgende Vorgangsweise bewährt: Wasser zuerst mit speziellen Filtriergeräten (z.B. KATADYN) filtern und anschließend für etwa eine Stunde mit einem chlorhaltigen Desinfektionsmittel oder mit chlorfreiem, silberhaltigen MICROPUR versetzen. Falls keine Jodunverträglichkeit besteht, kann auch mit Jod desinfiziert werden.

Industriell aufbereitetes Trinkwasser sowie Softdrinks können in der Regel bedenkenlos getrunken werden, aber nur bei unversehrtem Originalverschluss und wenn das Abfülldatum akzeptabel ist. Ideal ist kohlenensäureversetztes Flaschenwasser, weil dessen niedriger pH-Wert keimmindernd wirkt.

Alkohol kann bei Kälte in der Höhe gefährlich werden: Alkohol bewirkt zwar entgegen landläufiger Vorstellungen keine Gefäßerweiterung und damit auch keine vermehrte Wärmeabgabe, aber er hemmt das physiologische muskuläre Kältezittern und verhindert daher die lebenswichtige kompensatorische Wärmeproduktion.

Schlaf in der Höhe

Vor allem in der Akklimatisationsphase sind Schlafprobleme häufig: Einschlafstörungen, Alpträume, häufiges Erwachen, häufige Episoden periodischer Schlafatmung und als Folgeerscheinung Unausgeschlafenheit am folgenden Tag. Die Kombination zahlreicher Faktoren ist dafür verantwortlich: Ungewohnte Umgebung, Kälte, Unbequemlichkeit (Zelt, Schlafsack, harter Boden), die physiologische Reaktion auf Hypoxie, aber auch Höhenkopfschmerzen und verschiedene Stadien der Höhenkrankheit.

Hauptverantwortlich für Schlafschwierigkeiten ist eine vermehrte periodische Schlafatmung (s.o.). Auch wenn dieses Phänomen während der Akklimatisationsphase häufiger auftritt (oft erst in der zweiten oder dritten Nacht auf einer neuen Höhe), bleibt es üblicherweise auch im akklimatisierten Zustand während des gesamten Höhenaufenthaltes weiter bestehen.

Im Alltag weisen rund 10 % der Menschen eine vermehrte Schlafapnoe auf, was sich meist durch Schnarchen manifestiert. Bei solchen prädisponierten Personen verstärkt sich die Schlafapnoefrequenz in der Höhe. Aus dem so gestörten Schlaf resultiert anderntags eine gesteigerte Tagesmüdigkeit bis hin zu häufigen Phasen von sog. „Sekundenschlaf“. Das erhöht in wahrscheinlich nicht unbeträchtlichem Ausmaß das Stolper- und Absturzrisiko.

Diese **nächtlichen Apnoephasen** können aber auch schon während der Nacht sehr unangenehm und beängstigend sein, wenn nämlich der unerfahrene Betroffene oder sein Zeltnachbar plötzlich aufwachen und wegen der Apnoe in Panik geraten oder die Hyperventilations-Phase als Höhenlungenödem missdeuten. Höhentouristen wachen nicht selten mit panikartiger Atemnot auf und haben dabei das beengende Gefühl, „*nicht genug Luft*“ zu bekommen („*Ich muss rasch ins Freie, sonst ersticke ich.*“).

Wie kann das Schlafen in der Höhe verbessert werden? Die mit Abstand beste Vorbeugung besteht in der Befolgung der richtigen Akklimatisationstaktik in der Höhe, vor allem die Befolgung der Regel „*Climb high sleep low*“. Auch sollten die äußeren Umstände, vor allem der Liegekomfort, so weit wie möglich verbessert werden. Aber das ist nicht immer optimal möglich, weshalb auch pharmakologische Schlafunterstützungen in Frage kommen:

DIAMOX® (125 - 250 mg abends ca. 2 Stunden vor dem Schlafengehen) wird seit langem als Schlafverbesserer in der Höhe empfohlen. Als einzige

Schlafmittel nach erfolgter Akklimatisation kommen **Benzodiazepine** mit kurzer Halbwertszeit in Betracht (z.B. **HALCION®**). **Alkohol** scheint wegen der damit verbundenen Atemdämpfung und Flüssigkeitsausscheidung in der Höhe kontraproduktiv zu sein.

Gehtaktik und Atemrhythmus

Eine rationelle, ganz den eigenen Bedürfnissen angepasste Steigtaktik (Gehtempo) ist das Um und Auf für die Leistung beim Höhenbergsteigen. Gute Gesundheit und Akklimatisation vorausgesetzt, hat jeder von uns ein ganz bestimmtes individuelles Energiereservoir zur Verfügung, das in erster Linie vom aktuellen Trainingszustand abhängt. Es betrifft nicht nur das Wohlbefinden, sondern wesentlich auch die Sicherheit, wenn man dafür sorgt, dass dieses Energiereservoir verlässlich bis zum Tourenende ausreicht, ohne dass die Reserven angegriffen werden müssen.

Mit der Methode der rationellen, individuell angepassten Gehtaktik hat man ein ungemein wirksames, einfaches Instrument zur Verfügung, mit dem man auch längere Tagesetappen ohne bedrohlichen Kräfteverschleiß bewältigen kann. Während der Akklimatisationsphase ist ein rationeller und bedächtiger Gehrhythmus besonders wichtig. Der oberste Grundsatz lautet :

JEDER GEHT SEIN EIGENES TEMPO

Orientieren Sie sich keinesfalls am Gehtempo von einheimischen Guides, Sherpas oder Trägern! Diese gehen in der Regel für unsere Begriffe entweder zu schnell oder zu langsam und sind es jedenfalls nicht gewöhnt, ihr Gehtempo anderen anzupassen. Wer aber zu schnell, unangepasst und unrhythmisch höher steigt, riskiert vorzeitige Ermüdung, eine bedrohliche Erschöpfung oder in der Akklimatisationsphase eine Höhenkrankheit.

Aufwärmen

Das langsame „Aufwärmen“ des Organismus durch Warmgehen in der ersten halben Stunde des Tages ist für die spätere Leistungsfähigkeit an diesem Tag entscheidend. Der Zweck des Warmgehens besteht darin, den Organismus aus dem Ruhezustand heraus nicht plötzlich, sondern allmählich „auf Touren“ zu bringen.

Die Taktik ist ganz einfach: Am Beginn einer Etappe mit bewusst verminderter Geschwindigkeit losgehen. Erst nach etwa 20 bis 30 Minuten darf die

Belastungsintensität allmählich auf das gewünschte Niveau (siehe unten) gesteigert werden. *Dehnungsgymnastik* eignet sich nicht zum Aufwärmen der Muskulatur.

Schritttempo während der Tour

Nach dem „Aufwärmen“ ist das Ziel ein *Steady State*, also ein möglichst niedriger (aerober) Belastungszustand, der ohne Pause über längere Zeit aufrechterhalten werden kann. Solange man das Gehen oder Steigen als nicht unangenehm empfindet, liegt man richtig. Überlastungen äußern sich meist durch *Atemnot, Unwohlsein, Kribbeln auf der Haut, häufiges Stehenbleiben oder durch mehr oder weniger ausgeprägten Schwindel*.

Die **Steuerung der Steiggeschwindigkeit** erfolgt sehr einfach und effizient auch ohne Pulsmessgerät, und zwar über den bereits mehrfach erwähnten

Atemrhythmus

Schon ab etwa 1500 m Seehöhe erfolgt ein hypoxiebedingter physiologischer Anstieg der Atemfrequenz in Ruhe und unter Belastung. Diese Atemfrequenz regelt den Schrittrhythmus. Je nach Höhe, Steilheit des Geländes und Akklimatisationszustand sollte man bis etwa 5000 m Seehöhe möglichst zwischen den beiden folgenden **Schrittrhythmen** wählen können:

1 Schritt Einatmen - 2 Schritte Ausatmen (Akklimatisation)

1 Schritt Einatmen - 1 Schritt Ausatmen

Vor allem in der Akklimatisationsphase ist ein kompromisslos **aerobes Gehtempo** enorm wichtig. Nur so kann ein stärkerer Abfall der Sauerstoffsättigung des Blutes bzw. ein übermäßiger Lungendruckanstieg vermieden werden. Die individuelle Steuerung eines rationellen aeroben Gehtempo erfolgt sehr einfach über den 1:2-Atemrhythmus:

1 Schritt Einatmen - 2 Schritte Ausatmen.

Auf unschwierigem Terrain ist dieser Atemrhythmus bei etwas Übung bei geschlossenem Mund, also reiner Nasenatmung (in Großen Höhen besonders wichtig) bis zu etwa 5000 m Seehöhe durchaus durchführbar. Nur so befindet man sich verlässlich im aeroben Bereich (< 70 % der maximalen Leistungsfähigkeit).

Jedenfalls muss man in der Akklimatisationsphase jede anaerobe Anstrengung möglichst vermeiden, vor allem wenn sie mit Atemnot und Pressatmung verbunden ist. Die Devise lautet: Betont langsame und sparsame Bewegungen, kurze Tagesetappen, nur leichte Traglasten und häufiges Rasten.

Wichtig ist auch, dass immer *bewusst* ein- und ausgeatmet wird. Wird das Gelände steiler oder schwieriger, muss das Schrittempo entsprechend verlangsamt werden, und zwar so, dass auch in Steilstücken weitergegangen werden kann, ohne immer wieder atemlos stehen bleiben zu müssen.

Erfordern eine Kletterpassage oder z.B. das Spuren im Tiefschnee vorübergehend eine größere Anstrengung (d.h. muss man zwangsläufig schneller atmen), dann ist das nur bei optimalem Akklimatisations- und Trainingszustand ohne Risiko möglich. Die körperliche Verfassung (Trainingszustand) entspricht immer dann der Leistungsanforderung, wenn man sich nach anstrengenden Passagen sofort wieder erholt, jedenfalls ohne lange Rasten zu müssen.

Im noch nicht ausreichend akklimatisierten Zustand sowie in Extremen Höhen gibt es in schwierigen Passagen eine weitere sehr wirksame Methode: **Bewusst forciert atmen**, das heißt durch den offenen Mund heftig und möglichst tief ein- und kräftig ausatmen. Vielleicht sollte man aber mit seinen Partnern vorher darüber reden, denn sonst könnte man durch die heftigen Atemgeräusche den Eindruck erwecken, man sei bereits am Ende der Kräfte.

Auch bei **längeren Abstiegen** in Großen und Extremen Höhen sollte man möglichst bewusst, forciert und tief ein- und ausatmen, auch wenn es die im Vergleich zum Aufstieg verminderte Belastung an sich nicht erfordern würde. Höhenkopfschmerz, AMS, HACE und HAPE treten vielleicht auch deshalb nicht selten gerade im Abstieg auf, weil das Atemminutenvolumen (vor allem die Atemfrequenz) beim weniger anstrengenden Bergabgehen im Verhältnis zum vorhergegangenen Aufstieg naturgemäß geringer ist.

Gehen mit Stöcken

Die heute weit verbreitete Benützung von Teleskopstöcken als Steighilfen auf Trekkingtouren und beim Höhenbergsteigen ist nur in speziellen Situationen vorteilhaft:

- Bei bereits bestehenden chronischen Gelenkschäden
- Bei Schnee, Nässe, Flussüberquerungen, schlechter Sicht
- Beim unvermeidlichen Tragen schwerer Rucksäcke
- Bei Verletzungen oder Erkrankungen

Wichtig ist stets eine **exakte Stocktechnik**: Es dürfen immer nur zwei Stöcke verwendet werden, deren Länge stufenlos verstellbar und deren Griffe so geformt sind, dass ein wirksames Abstützen der Hand nach unten möglich ist. Die Stöcke müssen immer *möglichst nahe dem dynamischen Körperschwerpunkt eingesetzt werden*.

Abgesehen von den oben genannten Situationen sind aber Stöcke **nicht** sinnvoll und sollten daher vor allem aus Sicherheitsgründen (Stolpergefahr, Beeinträchtigung der Trittsicherheit) **nicht regelmäßig** verwendet werden. Teleskopstöcke gehören aber zur Ausrüstung, wenn gesundheitliche Probleme auftauchen und man trotzdem auf eigenen Beinen weitersteigen muss: Jede Beeinträchtigung des Gesundheitszustandes, ja selbst eine harmlose Knöchelverstauchung, kann in einem abgelegenen Gebirge ohne „Stützkrücken“ zu ernststen Schwierigkeiten führen.

Füße und Schuhe

So trivial das auch klingen mag: *Auf Höhenbergfahrten sind die eigenen Füße (neben dem Gehirn) die wichtigsten Körperteile*. Sie müssen deshalb sorgsam gehegt und gepflegt werden, um über Tage und Wochen hinweg problemlos, d.h. ohne Blasen, Druckstellen und Wunden einsatzfähig zu sein. Empfindliche Füße können an neuralgischen Stellen (Ferse, Knöchel, Rist, Zehen) vor allem in den ersten Tagen durch aufklebbares COMPEED oder Ähnliches recht gut abgepolstert werden. Ein Verkleben empfindlicher Fußstellen mit Tapestreifen ist hingegen nicht empfehlenswert, da die verklebte Haut durch den Luftabschluss aufweicht und geschädigt wird:

Häufiges Füssewaschen im Wasser erhöht die Kälteempfindlichkeit, weil die Feuchtigkeit in der Hornschicht die Wärmeableitung stört. Ideal zur Fußpflege sind alkalische Flüssigseifen und Vaseline.

Die **Qualität der Schuhe** spielt natürlich eine entscheidende Rolle: Vor allem neue Trekkingschuhe sollen zu Hause unbedingt ausreichend „*eingegangen*“ werden, und zwar auf mehreren mehrstündigen Bergtouren. Sie müssen *absolut wasserfest* (falls es solche Schuhe überhaupt gibt) und seitenstabil sein, *stets über die Knöchel reichen* und unbedingt eine konventionelle *Profilgummisohle* aufweisen. Trekkingschuhe sollten immer *möglichst locker geschnürt* werden.

Treten **Wundstellen** an den Füßen auf, müssen diese mit besonderer Akribie behandelt werden: Während des Gehens klebt man gelhaltige Spezialfolien

auf (z.B. COMPEED) und kann im Lager und vor allem nachts im Schlafsack auf einen *antibiotischen Salbenverband* wechseln.

Ein weiterer Tipp zur Fußpflege: Wenn irgendwie möglich, sofort nach Eintreffen am Tagesziel die Füße entkleiden, soweit es die Außentemperaturen erlauben (vor allem aber im Schlafsack).

Bagatellschäden

Auf Trekking und Höhenbergfahrten muss man sich besonders sorgfältig auch vor solchen **Verletzungen und Erkrankungen** schützen, die man zuhause kaum beachten würde: *Verstauchungen, Abschürfungen, kleine Wunden, Abszesse, Bindehautentzündungen, Sonnenbrand, Infekte usw.* Unter den extremen Bedingungen abgesetzter Hochgebirge, vor allem aber in Großen und Extremen Höhen, können solche so genannten Bagatellverletzungen oder -erkrankungen sehr schnell zu einer ernststen Bedrohung nicht nur für den Betroffenen, sondern auch für die Gruppe und das ganze Unternehmen werden. Falls solche Probleme auftreten, müssen sie daher auch besonders penibel behandelt werden.

6. Die Akuten Höhenerkrankungen

Höhenkrankheit ist der Preis, den man zahlen muss, wenn man als Spezies Mensch in hypoxische Umweltbedingungen gerät, für die man biologisch evolutionär nicht disponiert ist.

Höhenkrankheit tritt immer dann auf, wenn der Hypoxiestress die Anpassungsbemühungen des Organismus überflügelt.

*Wenn die physiologische Höhenanpassung kippt
wird man höhenkrank.*

*Jeder kann höhenkrank werden,
wenn er nur schnell genug hoch genug steigt.*

Unter dem Sammelbegriff **Höhenerkrankungen** (engl.: High Altitude Illnesses) versteht man alle Anpassungsstörungen an subakut einwirkende Höhenhypoxie. Da die genauen pathophysiologischen Mechanismen noch weitgehend ungeklärt sind, sind auch Terminologie und gängige Klassifikationen einigermaßen uneinheitlich und manchmal sogar verwirrend. Wegen der Prägnanz der Abkürzungen bevorzugen wir hier die englischen Bezeichnungen.

Drei höhenbedingte Syndrome stehen dabei für uns im Vordergrund: **Akute Höhenkrankheit (Acute Mountain Sickness AMS), Höhenlungenödem (High Altitude Pulmonary Edema HAPE) und Höhenhirnödem (High Altitude Cerebral Edema HACE)**. Darüber hinaus gibt es einige weitere Gesundheitsstörungen, die für das Höhenbergsteigen typisch sind.

Man kann jedenfalls davon ausgehen, dass die gemeinsame Ursache aller Formen der Höhenkrankheit in einer mangelhaften Akklimatisation an hypobare Hypoxie liegt. Während heute über Diagnose, Therapie und Prävention der Höhenkrankheiten weitgehende Klarheit herrscht, werfen Pathophysiologie, individuelle Anfälligkeit und allfällige Querverbindungen der einzelnen Formen zueinander noch zahlreiche offene Fragen auf.

Eine „Schwellenhöhe“ gibt es nicht

Die 2500 m - Linie wurde früher als jene weitgehend starre Höhenmarke definiert, oberhalb der man höhenkrank bzw. unterhalb der man *nicht*

höhenkrank werden kann. Diese Höhengschwelle nannte man „Schwellenhöhe“. Sie galt für alle Tieflandbewohner, wenn sie in die Höhe kamen, gleichermaßen. Aus der Genforschung wissen wir aber mittlerweile, dass es eine derart starre Höhengschwelle so nicht gibt. Diese ist tatsächlich individuell sehr verschieden und liegt für jeden Einzelnen vielmehr irgendwo zwischen 2000 und 3000 m Seehöhe, und zwar ein Leben lang. Der Begriff „Schwellenhöhe“ als eine fixe, für alle Individuen gültige Marke ist jedenfalls obsolet und soll daher nicht mehr verwendet werden.

Grundsätzlich besteht ein Risiko höhenkrank zu werden, wenn man unakklimatisiert in Höhen über 2500 m steigt. Besonders anfällige Personen können aber schon um etwa 2000 m Schlafhöhe höhenkrank werden und dort sogar ein HAPE bekommen. Ein weiterer Grund dafür, dass eine klare Definition dieser Schwelle unmöglich ist, besteht im Umstand, dass die Symptome und Anzeichen von AMS, der häufigsten Form der Akuten Höhenkrankheit, höchst unspezifisch und nicht durch medizinische Befunde objektivierbar sind.

Wer sich also oberhalb von 2000 m Schlafhöhe nicht wohl fühlt, ist a priori als höhenkrank zu betrachten. Bei jeder Befindlichkeitsstörung in Großen und Extremen Höhen muss man in erster Linie an eine Höhenkrankheit denken - solange nicht das Gegenteil bewiesen ist. Es ist also unzulässig, AMS, HAPE oder HACE auszuschließen, nur weil die Erkrankung unterhalb von 2500 m Seehöhe aufgetreten ist.

Die Formen der Akuten Höhenerkrankungen

AMS, die Akute Höhenkrankheit, tritt vornehmlich in Höhen ab ca. 2000 m auf, also auch in den Alpen, und zwar wohl deshalb, weil in diesen Höhenbereichen auch die meisten Bergtouristen anzutreffen sind. Im Gegensatz zu außeralpinen Höhenregionen verläuft AMS in Europa nur selten dramatisch, weil meist in kürzester Zeit ein rettender Abstieg in tiefere Lagen möglich ist. Man unterteilt sie in eine milde, moderate und schwere Form.

HACE, das Höhenhirnödem, stellt eine generalisiert neurologische Störung dar und gilt heute als die Extremform von AMS. HACE, welches übrigens nicht nur in Extremen Höhen in Erscheinung treten kann, führt häufig zum Tod.

HAPE, das Höhenlungenödem, kommt vornehmlich in Höhen zwischen 2000 und 6000 m vor. Zwei Drittel aller HAPE-Fälle ereignen sich zwischen

3000 und 4500 m Seehöhe. HAPE ist die häufigste Todesursache der Akuten Höhenkrankheit.

HAPE beginnt oft charakteristischerweise in der *zweiten* Nacht in einer neuen Höhe bzw. in der *vierten* Nacht oberhalb von etwa 2500 m Seehöhe und kann völlig unabhängig von AMS und HACE auftreten, häufig aber auch gemeinsam mit diesen. Bei HAPE-Patienten kann sich AMS besonders rasch zu HACE entwickeln. Das bevorzugte nächtliche Auftreten von HAPE dürfte auf den schlafbedingt zusätzlich verringerten Blutsauerstoff, aber auch darauf zurückzuführen sein, dass eine waagrechte Oberkörperposition zu einer zusätzlichen Lungendruckerhöhung führt. Nach mehr als vier Tagen Aufenthalt im selben Höhenbereich besteht praktisch kein HAPE-Risiko mehr.

Zwei weitere hypoxiebedingte Erkrankungen in der Höhe sind die peripheren Höhenödeme (*High Altitude Local Edema*, **HALE**) sowie die hypoxiebedingten Retinablutungen (*High Altitude Retinal Haemorrhage*, **HARH**) (s.u.). Beide Phänomene sind an sich harmlos, gelten aber als Warnhinweise auf einen nicht reibungslos verlaufenden Akklimatisationsprozess.

Häufigkeit der Akuten Höhenerkrankungen

Die Häufigkeit aller Formen der Höhenerkrankungen steigt mit zunehmender Seehöhe zwar generell an, weist aber beträchtliche *geografische Unterschiede* auf, und zwar in Abhängigkeit von den *konkreten Gegebenheiten* der Aufstiegsrouten. Die Häufigkeit von **AMS** liegt weltweit im Durchschnitt wahrscheinlich bei rund 30 bis 50 %.

Dass auch die **geografische Breite** maßgeblich ist, zeigen Beobachtungen am Mount McKinley (Alaska): rund 30 % entwickeln AMS, 2-3 % ein Höhenödem. Auf 4559 m Höhe fand man unter starker körperlicher Anstrengung bei 15 % gesunder Personen ein HAPE. Tieflandbewohner, die mit der Andenbahn von Lima direkt nach Cerro de Pasco (4300 m) fahren, weisen am nächsten Morgen nahezu ausnahmslos AMS-Symptome auf.

HAPE und HACE zeigen bezüglich Erkrankungshäufigkeit (HAPE ca. 0.7 %, HACE ca. 0.3 %) und tödlichem Ausgang (HAPE ca. 24 %, HACE ca. 40 %) angeblich deutliche Unterschiede, auch weil HAPE sich bei richtigen Sofortmaßnahmen in der Regel klinisch innerhalb von wenigen Stunden bessert, während HACE therapeutisch auch durch raschen Abtransport manchmal kaum beeinflussbar ist. Ob HACE tatsächlich viel seltener auftritt als HAPE,

ist allerdings fraglich. HACE verläuft ungleich öfter mit tödlichem Ausgang. Bei **kombinierten Höhenödemen (HAPE plus HACE)** liegt die Todesrate besonders hoch.

Zwei weitere interessante Feststellungen: In Nepal geschehen 80 % aller tödlich verlaufenden HAPE / HACE-Fälle auf organisierten Trekkingtouren, obwohl an solchen nur etwa 40 % aller Trekkingtouristen teilnehmen. Dieser bemerkenswerte Umstand weist darauf hin, dass innerhalb von Gruppen eine größere Tendenz zum Ignorieren, Bagatellisieren und Verheimlichen von Frühzeichen der Akuten Höhenkrankheit besteht als bei Individualtouristen.

Einheimische, Träger und lokale Begleiter sind zumindest genauso anfällig auf AMS, HAPE und HACE wie wir. Ihr Erkrankungsrisiko scheint nach neueren Untersuchungen sogar wesentlich höher zu sein: *Basnyat* fand am heiligen See *Gosainkund* (Langtang Himal, Nepal) in 4300 m Höhe, dass bei einheimischen Pilgern die Häufigkeit von AMS 68 %, von HACE 31 % und von HAPE 5 % betrug, wobei Frauen überproportional häufiger betroffen waren als Männer.

Eine weitere Untersuchung von Gesundheitsproblemen bei Tägern und Trekkingtouristen in Nepal ergab, dass bei einer insgesamten Häufigkeit von 45 % jene von Trägern 77 %, von Trekkern 17 % und der Begleitmannschaft (Sherpas, Köche) 7 % betrug. Im Vordergrund standen dabei Atemwegsinfekte (12 %), AMS (8 %), Magen-Darm-Erkrankungen (6 %), Angstsyndrome (3 %), Schneeblindheit (3 %), akute Alkoholvergiftung (2 %) u.a.m.

Die Ursachen liegen auf der Hand: Einheimische wissen meist überhaupt nicht über Höhenkrankheiten Bescheid, es gibt sprachliche Kommunikationsbarrieren, und als sozial völlig schutzlose Menschen fürchten sie um ihren Job. Dazu kommt, dass sie miserabel ernährt und schlecht gekleidet sind sowie Schwerstarbeit unter enormen Anstrengungen leisten müssen, das heißt sehr oft viel zu schwere Lasten tragen. Zudem ist die gelegentliche so genannte Trägerversicherung miserabel und völlig unzureichend. Höhenkranke Träger werden von ihren Führern, die ja aus einer privilegierten sozialen Schicht stammen (z.B. Sherpas), meist brutal zurückgelassen und sind dann weitab von ihrem Zuhause hilflos ihrem Schicksal ausgeliefert, ohne dass die Touristen, für die sie sich abgerackert haben, davon überhaupt etwas mitbekommen.

Als verantwortungsbewusste Trekker und Höhenbergsteiger sollten wir daher immer auch ein besonderes Augenmerk auf unsere einheimische Begleit-

mannschaft legen, besonders jedenfalls auf unsere Träger, um frühzeitig eingreifen zu können. Es sollte für uns natürlich selbstverständlich sein, dass wir ihnen im Erkrankungsfall die selben Behandlungs- und Abtransportmöglichkeiten (z.B. per Hubschrauber) gewährleisten und finanzieren wie uns selbst.

Disposition und Risikofaktoren

Es gibt große individuelle, genetisch bedingte Dispositionsunterschiede. Aber jeder Mensch kann bei entsprechender Aufstiegs- und Abstiegsgeschwindigkeit und in der entsprechenden Höhe höhenkrank werden. Personen, die schon früher AMS, HACE oder HAPE erlitten, bleiben auch weiterhin besonders anfällig.

Der neben der **individuellen, genetisch festgelegten Reaktion auf Hypoxie** wichtigste Risikofaktor ist die **Aufstiegs- und Abstiegsgeschwindigkeit („speed of ascent“ und vor allem „rate of ascent“)**. So weisen Trekker auf dem Weg zum Everest, die mit dem Flugzeug nach Lukla (2850 m) fliegen, später doppelt so häufig AMS auf als solche, die von Jiri (1900 m) aus zu Fuß nach Lukla aufsteigen (47 zu 23 %). Rund 30 % aller Trekkingtouristen in Namche Bazaar (3400 m) sind höhenkrank. 1.6 % der nach Lukla geflogenen und 0.05 % der dorthin zu Fuß aufsteigenden Touristen entwickelten auf rund 4300 m (Pheriche) ein Höhenödem.

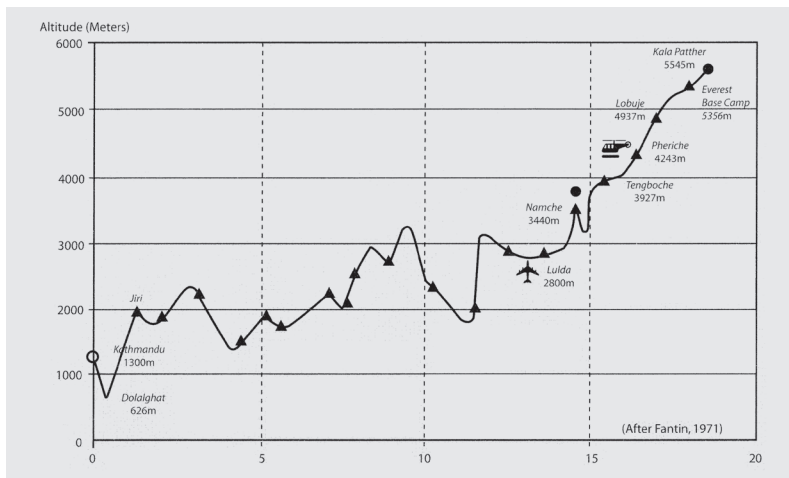


Abb 8: Höhenprofil der Everest-Route.

Auf der berühmten Trekkingroute zum Everest-Basislager konnten aufschlussreiche Beziehungen zwischen der Aufstiegs geschwindigkeit und dem AMS-Risiko nachgewiesen werden: Während zwar das Nichteinhalten der üblichen zwei Akklimatisationsstage in Namche Bazaar (3435 m) das AMS-Risiko um etwa 80 % erhöht, bringt ein Mehr an Aufenthaltstagen in Namche Bazaar später keinen Akklimatisationsgewinn.

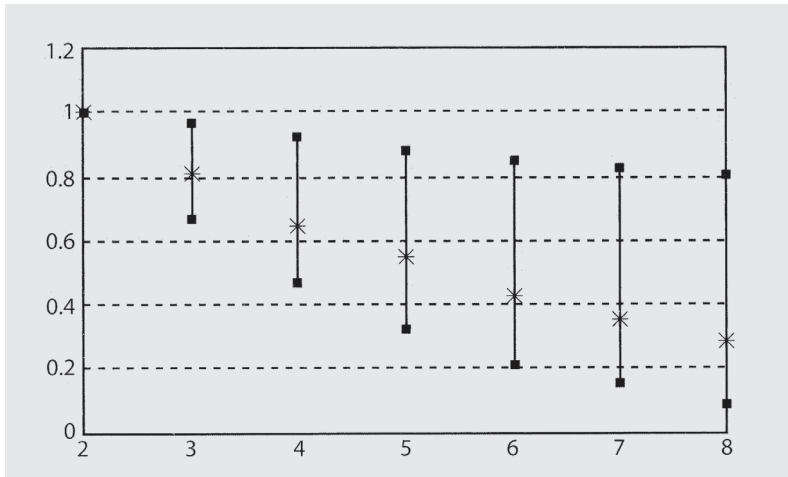


Abb 9: Minderung des AMS-Risikos von 18,7 % bei jedem zusätzlichen Tag zwischen Lukla und Pheriche (nach Basnyat)

Für diese Route werden - abgesehen von den zwei Nächten in Namche - zwischen Lukla (2800 m) und Pheriche (4243 m) zwischen 3 und 8 Tage verwendet. Dabei stellte sich heraus, dass jeder Tag eine Risikominderung von 18,7 % bedeutet:

AMS weist vermutlich *keine Geschlechtsdisposition* auf, während HAPE offensichtlich männliche Bergsteiger (vor allem unter 18 und über 60 Lebensjahren) bevorzugt. Die Anfälligkeit auf AMS ist unabhängig vom Trainingszustand, wohl aber abhängig vom Körpergewicht. Weil HAPE häufig nach anaeroben Belastungen (Pressatmung) und in großer Kälte auftritt, gelten diese Bedingungen als besondere Risikofaktoren für HAPE.

Auslösende Faktoren

- Nichtbeachtung höhentaktischer Regeln
- Anaerobe Belastung mit Pressatmung (HAPE)
- Kälte (HAPE)
- Atemwegsinfekte (HAPE)
- Schlafmittel
- Angst

Verzögerung (Latenzzeiten)

AMS-Beschwerden treten mit einer Verzögerung (Latenzzeit) von 6 bis 24 Stunden nach Höhenexposition auf, aber auch, wenn auch sehr selten, schon nach einer Stunde, und verschwinden meist spontan innerhalb von ein bis zwei Tagen, wenn die richtigen Konsequenzen (z.B. „therapeutischer Rasttag“) gezogen werden.

Symptome

Das individuelle Beschwerdebild bei Höhenkrankheit kann sehr unterschiedlich zusammengesetzt sein. *Treten nur zwei bis drei der weiter unten aufgelisteten Symptome auf, gilt die Diagnose bereits als gesichert und muss zu den entsprechenden Sofortmaßnahmen führen.*

Drei Leitsymptome erfordern besondere Beachtung:

- *Kopfschmerz*
- *Ataxie*
- *Plötzlicher Leistungsabfall*

Leitsymptom Kopfschmerz

Das häufigste Symptom der Höhenkrankheit ist der Kopfschmerz. Die Häufigkeit des Kopfschmerzes in Großen und Extremen Höhen ist groß und beträgt auf 2000 m etwa 20 %, auf 3000 m etwa 30 % und oberhalb von 3500 m 50 bis 75 %. Es handelt sich dabei charakteristischerweise um dumpfklopfende Schläfenschmerzen, die bei Erreichen einer bestimmten Höhe rasch auftreten können. Sie verstärken sich häufig des Nachts und beim Aufwachen. Anstrengungen intensivieren den Kopfschmerz. Nicht selten verschlimmert sich der Kopfschmerz beim Abstieg unmittelbar nach einem Anstieg (z.B. bei Passüberschreitung), und zwar vermutlich deshalb, weil sich beim weniger anstrengenden Bergabsteigen die Hyperventilation verringert. Vielleicht

spielen beim Bergabgehen auch mechanische Erschütterungen eine Rolle für den Kopfschmerz.

Differenzialdiagnostisch kommen *Gehirnhautreizungen* (sog. „Sonnenstich“), vor allem aber *Migräne* in Betracht, wobei Hypoxie möglicherweise als Auslöser wirkt. *Hypohydrierung* (durch Schweißverluste, Abatmung und/oder mangelnde Flüssigkeitszufuhr) verursacht ebenfalls häufig Kopfschmerzen. Zur Abklärung empfiehlt sich ausgiebiges Trinken sowie Ibuprofen oder Naproxen (s.u.). Verschwinden die Kopfschmerzen jetzt, besteht wahrscheinlich kein Zusammenhang mit AMS. Kopfschmerz allein, also ohne andere AMS-Symptome, ist (noch) keine Höhenkrankheit.

Leitsymptom Ataxie

Bei jeder Form von Höhenbeschwerden ist immer ein besonderes Augenmerk auf die Entwicklung von Gang- und Stehunsicherheiten (Ataxie) zu lenken: *Das Auftreten von Ataxie ist das wichtigste Alarmzeichen für den Übergang von Milder AMS zum lebensbedrohlichen HACE.*

Hat man den Verdacht auf eine Gangunsicherheit, wendet man einen einfachen **Test** an: Man fordert die betreffende Person auf, ohne Schuhe und Rucksack entlang einer auf einem ebenen Boden gezeichneten geraden Linie jeweils einen Fuß unmittelbar vor den anderen zu setzen. Tritt man dabei immer wieder daneben, benötigt man eine Stütze oder fällt man sogar zu Boden, besteht höchstwahrscheinlich HACE. Balanceschwierigkeiten allein sind noch kein ausreichender HACE-Hinweis. Der Finger-Nase-Test ist ungeeignet.

Leitsymptom plötzlicher Leistungsabfall

Im Vorfeld des HAPE kann es typische AMS-Symptome geben, das Vorstadium von HAPE kann aber auch ziemlich uncharakteristisch verlaufen: *Unverhältnismäßige Müdigkeit, Atemnot anfangs bei Anstrengungen und dann in Ruhe sowie trockener Husten.*

Das auffälligste Leitsymptom für ein unmittelbar bevorstehendes oder bereits beginnendes HAPE ist aber typischerweise ein **plötzlicher Leistungsabfall**: Ein bisher leistungsfähiger Bergsteiger benötigt plötzlich die zwei- oder dreifach längere Gehzeit als seine Partner, muss häufig rasten und erholt sich bei diesen Pausen kaum.

Obwohl nicht unumstritten, ist man heute aufgrund epidemiologischer, pathophysiologischer und vor allem klinischer Hinweise mehrheitlich der Auffassung, **dass HACE die Schwerstform von AMS darstellt**, HACE und AMS deshalb vorbeugend und therapeutisch grundsätzlich gleich behandelt werden können.

Der Übergang von den drei Formen der Akuten Höhenkrankheit AMS zum HACE ist durch das Auftreten generalisierter neurologischer Symptome charakterisiert, während sich Verlauf und Symptomatologie des HAPE als komplett unterschiedlich darstellt..

AMS, HACE und HAPE weisen folgende potenzielle Symptome auf:

AMS

- **Kopfschmerz (Leitsymptom)**

plus mindestens eines der folgenden Symptome:

- Müdigkeit
- Schwäche
- Schwindel
- Appetitlosigkeit
- Übelkeit
- Atemnot bei Anstrengungen
- Schlafstörungen
- Apathie
- Periphere Ödeme
- Flüssigkeitsretention (verringerte 24-Stunden-Urinmenge)

AMS ist die häufigste Form der Höhenkrankheit. Es kann beträchtliche Schwierigkeiten bereiten, AMS-Symptome rechtzeitig als solche zu erkennen und nicht irgendwelchen anderen Befindlichkeitsstörungen zuzuordnen, zumal die Diagnose AMS ausschließlich auf subjektiven Befunden beruht.

Differenzialdiagnose: AMS wird gerne mit einem *banalen Virusinfekt*, mit *Erschöpfung*, *Magenverstimmung*, *Dehydrierung* oder mit *Unterkühlung* verwechselt. Es gilt der Grundsatz, dass verdächtige Symptome so lange als AMS angesehen werden, solange nicht das Gegenteil bewiesen ist. Unter folgenden Umständen handelt es sich wahrscheinlich **nicht** um AMS: Auftreten von Symptomen später als 3 Tage nach Erreichen einer neuen

Höhe, keine Kopfschmerzen, rasche Besserung nach Rast bzw. Trinken, keine Besserung beim Abstieg, nach Sauerstoffgabe bzw. nach Dexamethason-Verabreichung. Höhen um 2000 m sind nicht von vorneherein von der Diagnose AMS ausgeschlossen.

HÖHENHIRNÖDEM (HACE)

- **Ataxie (Leitsymptom)**
- Schwerste, medikamentenresistente Kopfschmerzen
- Übelkeit, Erbrechen
- Schwindelzustände
- Halluzinationen
- Lichtscheue
- Sehstörungen
- Papillenödem
- Vernunftwidriges Verhalten
- Neurologische Auffälligkeiten (Nystagmus, Pyramidenzeichen, Hemiparesen, Nackensteifigkeit, Augenmuskellähmungen)
- Fieber
- Bewusstseinsstörungen
- Koma
- 24-Stunden-Urinmenge unter 0.5 Liter

HACE ist zwar seltener als HAPE, hat aber „*viele Gesichter*“ und verläuft häufig tödlich. Die Symptome können sich nämlich wie bei keiner anderen Form der akuten Höhenkrankheit sehr rasch zu Koma und Tod steigern. Wegen des mit HACE häufig vergesellschafteten HAPE *muss man bei jeder unklaren schweren Befindungsstörung in der Höhe auch daran denken.*

Differenzialdiagnosen zum HACE: Aufgrund ihrer relativen Häufigkeit beim Höhenbergsteigen müssen bei HACE-Verdacht vor allem folgende zerebrale Differenzialdiagnosen in Betracht gezogen werden: *Migräne, Schlaganfälle, Transient Ischämische Attacken (TIA), Transient Globale Amnesie (TGA), Retinavenenthrombosen, sog. symptomatische Hirntumoren.* Eine orientierende Unterscheidung beruht vor allem auf den Kriterien Anamnese, Progredienz des Krankheitsverlaufes und neurologische Symptomatik.

HÖHENLUNGENÖDEM (HAPE)

- **Plötzlicher Leistungsabfall (Leitsymptom)**
- Anfangs Atemnot bei Anstrengungen mit verzögerter Erholungszeit
- Später Atemnot in Ruhe (Atemfrequenz > 20/min)
- Ruhepulserhöhung > 120/min
- Blauverfärbung der Haut, Schleimhäute, Lippen, Augen
- Trockener Husten, später
- Husten mit blutig-schaumigen Auswurf
- Feinblasige Rasselgeräusche, später
- Distanzrasseln (frei hörbares Rasseln)
- Brennender Druck hinter dem Brustbein
- Erbrechen
- Fieber
- Flachlagerung unmöglich
- 24-Stunden-Urinmenge unter 0.5 Liter

Rasselgeräusche, vornehmlich im Mittellappenbereich, sind *kein* obligatorisches HAPE-Kriterium, denn sie fehlen bei etwa 30 % der HAPE-Fälle. Andererseits können vermeintliche Rasselgeräusche auch in rund 30 % der AMS-Fälle, aber auch bei zahlreichen asymptomatischen Höhenneulungen am Beginn der Akklimation als Zeichen einer völlig normalen, vorübergehenden physiologischen Flüssigkeitsbewegung in den Lungen wahrgenommen werden (sog. Entfaltungsknistern).

Man kann diese rasselnden Geräusche auch ohne Stethoskop hören, wenn man ein Ohr direkt auf den Rücken des Patienten auflegt: Die Atemgeräusche hören sich dann so an, wie wenn man hinter dem eigenen Ohr ein Haarbüschel zwischen Daumen und Zeigefinger reibt.

Die in der Praxis wichtigsten HAPE-Symptome sind also nicht die berühmten Rasselgeräusche beim Atmen, sondern **plötzlicher Leistungsabfall, Herzrasen** sowie ein **Abfall der SaO₂**. Das Fehlen verlässlicher diagnostischer Hilfsmittel am Berg soll immer dazu veranlassen, bei diesen Symptomen im Zusammenhang mit trockenem Husten und zunehmender Atemnot in Ruhe primär an ein HAPE zu denken.

Kombinierte Höhenödeme: HAPE und HACE sind sehr oft gemeinsam vorhanden. Der Verlauf ist dann besonders häufig tödlich. Wenn in einigen Statistiken für HACE eine Letalitätsrate von bis zu 40 % angegeben wird, so ist das vermutlich auf diese Koexistenz zurückzuführen.

HAPE-ähnliche Symptome treten auch bei Vergiftung mit **Kohlenmonoxyd (CO)** auf. Es stellt eine besondere Gefahr beim Höhenbergsteigen dar, und zwar speziell beim *wiederholten* Kochen in engen Zelten oder in Schneehöhlen, aber auch in Trekking-Lodges durch meist schadhafte Öfen oder offene Feuerstellen. Die Effekte von Kohlenmonoxyd und Hypoxie addieren sich dabei. Eine nur einmalige Exposition gegenüber erhöhtem CO führt zu einem zwar signifikanten, aber klinisch bedeutungslosen Anstieg der CO-Bindung an das Hämoglobin.

Wenn ein HAPE-Patient (ohne HACE-Beteiligung) rechtzeitig und rasch in tiefere Lagen gebracht wird, kann sehr schnell völlige Beschwerdefreiheit auftreten. Ein Wiederaufstieg ist dann nach einigen Rasttagen unter DIAMOX® durchaus möglich. Man sollte nun aber entsprechende höhentaktische Konsequenzen ziehen und die HAPE-auslösenden Fehler nicht wiederholen. HAPE ist bei rascher und richtiger Therapie in kurzer Zeit und vollständig reversibel, kann aber unbehandelt in weniger als 24 Stunden zum Tod führen, wobei der Tod häufig durch eine sekundäre Lungenembolie eintritt. Für HAPE typische Röntgenveränderungen können bis zwei oder drei Tage nach Rückkehr in tiefere Lagen nachweisbar sein.

Beim Auftreten von hier genannten Symptomen gilt die Verdachtsdiagnose Höhenkrankheit solange, bis das Gegenteil bewiesen ist. Allerdings: **Nicht jede unklare Gesundheitsstörung in der Höhe ist eine Höhenkrankheit.** Ein problematischer Begleiteffekt von Informationskampagnen über die Höhenkrankheit besteht nämlich im zunehmenden Maße darin, jedwede Erkrankung in der Höhe als „Höhenkrankheit“ zu verdächtigen. Nicht selten werden Ereignisse wie Thrombembolien, Herzinfarkte, Asthmaanfälle, zerebrale Durchblutungsstörungen, aber auch Erschöpfungszustände, Nahrungsmittel-unverträglichkeiten, Dehydrierung, Atemwegsinfekte, Sonnenstich und dergleichen fälschlich als Manifestation einer Höhenkrankheit fehlinterpretiert.

Höhenbedingte Beschwerden werden sehr häufig bagatellisiert, ignoriert oder verheimlicht: Man schiebt höhenbedingte Beschwerden gerne anderen vermeintlichen Ursachen in die Schuhe. Auch glauben manche, es sei nach einer anstrengenden Tagesetappe ganz normal, appetitlos und erschöpft zu sein. Der selbstaufgelegte Erfolgsdruck („*Die Tour meines Lebens darf nicht scheitern*“) trägt viel zu derartigen Fehlinterpretationen bei. Aber auch die Angst, andere Gruppenteilnehmer zu behindern oder selbst zurückbleiben zu müssen. Daher werden AMS-Symptome in der Frühphase sehr häufig verheimlicht oder einfach ignoriert, bis sie sich schließlich zu HACE oder HAPE steigern und der dann bedrohliche Zustand nicht mehr länger verborgen bleiben kann.

Das Partner-System

Hauptsächlich wegen dieser typisch gruppendynamischen Umstände treten HACE und HAPE in organisierten Gruppen weitaus häufiger auf als bei Individualbergsteigern. Sämtliche Gruppenteilnehmer müssen daher immer wieder daran erinnert werden, sich vom ersten Tag an am besten paarweise ständig und konkret gegenseitig sich zu beobachten und dabei vor allem folgendes zu beachten:

Ändert sich die Stimmungslage meines Partners / meiner Partnerin ?

Rastet er/sie plötzlich ungewohnt häufig ?

Fällt auf, dass er/sie beim Rasten oder im Lager auffällig still und teilnahmslos wirkt ?

Beobachte ich an ihm/ihr einen ungewohnten Leistungsabfall oder eine plötzliche Trittsicherheit ?

Lake Louise Score

Das Lake Louise Scoring System (LLSS) ist heute international gebräuchlich und bewertet in einfacher Weise den Grad vor allem von AMS und HACE. Es dient nicht nur der Vergleichbarkeit wissenschaftlicher Ergebnisse, sondern ist auch für die höhenmedizinische Praxis von großer Bedeutung, weil individuelle Krankheitsverläufe (Verbesserung/Verschlechterung) damit gut definiert und dokumentiert werden können. Eine Verlaufsdokumentation ist übrigens nicht nur höhenmedizinisch wichtig, sondern kann später auch rechtlich eine Rolle spielen.

Der AMS-Score besteht aus *drei Erhebungsabschnitten*: Subjektive Fragebogenerhebung, objektive klinische Beurteilung, Funktionsprüfung. Diese drei Scores werden *getrennt* erhoben und beurteilt. Mittlerweile wurde der AMS-Score mehrmals modifiziert und damit verbessert.

Subjektive Selbstbeurteilung

Diese beruht auf den Angaben der betreffenden Person. Die subjektive Beurteilung sollte stets separat und unabhängig von den beiden anderen Erhebungsschritten erfolgen. Entscheidend ist hierbei immer das obligate Symptom Kopfschmerz. Kopfschmerz plus mindestens ein weiteres Symptom sind für die Diagnose AMS eine unverzichtbare Voraussetzung. Der Abschnitt „Schlafstörungen“ ist hingegen in Hinblick auf eine allfällige Kurzzeiterhebung nur fakultativ. **Ein Score 3 oder größer gilt als AMS.**

- **Kopfschmerz**
 - 0 Kein Kopfschmerz
 - 1 Geringer Kopfschmerz
 - 2 Mäßiger Kopfschmerz
 - 3 Massiver Kopfschmerz

- **Gastrointestinale Symptome**
 - 0 Normaler Appetit
 - 1 Appetitlosigkeit oder leichte Übelkeit
 - 2 Mäßige Übelkeit oder Erbrechen
 - 3 Schwerste Übelkeit oder Erbrechen

- **Müdigkeit und/oder Schwäche**
 - 0 Keine Müdigkeit oder Schwäche
 - 1 Geringe Müdigkeit/Schwäche
 - 2 Mäßige Müdigkeit/Schwäche
 - 3 Schwere Müdigkeit/Schwäche

- **Schwindel**
 - 0 Kein Schwindel
 - 1 Leichter Schwindel
 - 2 Mäßiger Schwindel
 - 3 Schwerer Schwindel

- **Schlafstörungen**
 - 0 Normaler, gewohnter Schlaf
 - 1 Ungewohnte Schlafstörungen
 - 2 Schwere Schlafstörungen, häufiges Aufwachen
 - 3 Völlige Schlaflosigkeit

Objektive Beurteilung

Dieser Erhebungsschritt umfasst klinische Untersuchungsergebnisse und wird stets getrennt vom Ergebnis der subjektiven Beurteilung bewertet.

- **Bewusstsein**
 - 0 Ungestörtes Bewusstsein
 - 1 Lethargie, Apathie
 - 2 Verwirrtheit, Desorientierung
 - 3 Somnolenz, Bewusstlosigkeit
 - 4 Koma

- **Ataxie (Ferse-Zehen-Gehen)**
 - 0 Keine Gleichgewichtsstörung
 - 1 Leichte Gleichgewichtsstörungen
 - 2 Aus der Linie treten
 - 3 Niederfallen
 - 4 Stehunsfähigkeit

- **Periphere Ödeme**
 - 0 Keine peripheren Ödeme
 - 1 Periphere Ödeme an einer Stelle
 - 2 Periphere Ödeme an mehreren Stellen

Funktionsprüfung

Die funktionellen Auswirkungen der subjektiven Selbstbeurteilung bzw. alternativ der klinischen Beurteilung sollten durch eine fakultative Zusatzfrage ergänzt werden: *Inwieweit beeinflussen allfällige Symptome Ihre Leistungsfähigkeit?*

- 0 Keine Leistungseinschränkung
- 1 Geringe Leistungseinschränkung
- 2 Mäßiger plötzlicher Leistungsabfall
- 3 Schwerer plötzlicher Leistungsabfall

Es herrscht weitgehend Übereinstimmung darüber, dass als maßgeblich für den Score derzeit nur der Erhebungsabschnitt „subjektive Selbstbeurteilung“ gelten kann, da dessen Zuverlässigkeit im Gegensatz zu den beiden anderen mittlerweile ausreichend dokumentiert und valorisiert ist. Der klinische sowie der funktionelle Score haben daher vorwiegende deskriptive Bedeutung, und zwar für die Dokumentation von individuellen Krankheitsverläufen.

Neuropsychische Veränderungen in der Höhe

Hypoxie vermindert die intellektuelle Leistungsfähigkeit. Hyperventilation bewirkt eine Erregungssteigerung sowie Halluzinationen, Trance und Bewusstseinsentrübung. Abgesehen von den bei HACE aufgelisteten neurologischen Auffälligkeiten beobachtet man in Extremen Höhen häufig folgende neuropsychische Phänomene:

- Stimmungsschwankungen (Euphorie - Depressionen)
- Lebhaftige Träume, Alpträume
- Konzentrations- und Erinnerungsstörungen (Kurzzeitgedächtnis)
- Seh- und Sprachstörungen
- Erregungssteigerung, Trance, Halluzinationen („Der dritte Mann“)

Führt wiederholter Höhengenaufenthalt zu Gehirnschäden?

Nach Aufenthalt in Extremen Höhen ohne Sauerstoffatmung als Steighilfe, besonders nach Gipfelgängen über 8500 m, wurden permanente kognitive Beeinträchtigungen festgestellt. Diese zerebralen Läsionen geschehen auch ohne neurologische Auffälligkeiten während der Höhenexposition selbst, sind Monate bis Jahre nach dem letzten Höhengenaufenthalt nachweisbar und scheinen demnach auf eine permanente Beeinträchtigung des zentralen Nervensystems durch Höhenhypoxie hinzuweisen. Im Alltag beeinflussen diese Schädigungen offenbar aber nicht.

Was ist der „Höhenrausch“ ?

Die Vorstellung ist weit verbreitet, dass Hypoxie zu rauschähnlichen Euphorie-Anfällen mit irrationalen und damit gefährlichen Handlungen führen könne. Tatsächlich gibt es Berichte über überschießende „Glücksgefühle“, verbunden mit akustischen und visuellen Halluzinationen bzw. mit einem „Out-of-body“-Empfinden ähnlich wie unter bestimmten Drogen. Ob hier ein erhöhter Endorphinspiegel (wie bei etlichen anderen anstrengenden Sportarten nachgewiesen wurde) oder eher Hypoxie bzw. Hyperventilation dafür verantwortlich sind, bleibt dahingestellt. Ebenso spekulativ ist die faszinierende Theorie, dass Höhenbergsteiger häufig doch sehr deutliche Hinweise auf ein massives Suchtverhalten („*Endomorphinisten*“) aufweisen würden. Mit dem pathophysiologisch völlig anders gelagerten „Tiefenrausch“ beim Flaschentauchen ist der „Höhenrausch“, was immer das nun tatsächlich sein mag, jedenfalls nicht vergleichbar.

Die fünf „goldenen Regeln“ der HRA :

Jeder kann höhenkrank werden,
aber niemand muss daran sterben.

*

Jede Gesundheitsstörung in der Höhe
muss so lange als Höhenkrankheit gelten,
solange nicht das Gegenteil bewiesen ist.

*

Bei AMS-Symptomen kein weiterer Aufstieg.

*

Wenn`s dir schlecht geht, steige sofort ab.

*

Personen mit AMS dürfen nie allein gelassen werden.

Die Himalayan Rescue Association (HRA) ist keine Rettungsorganisation, wie der Name auf den ersten Blick vermuten ließe, sondern eine uneigennützige Vereinigung mit dem Ziel, gesundheitliche Probleme beim Trekking und Bergsteigen in Nepal zu reduzieren. (Adresse: Hinterer Buchdeckel)

7. Therapie der Akuten Höhenerkrankungen

Die Sofortmaßnahme bei allen Formen der Höhenkrankheit heißt immer: rasch mehr Sauerstoff - entweder durch Abstieg/Abtransport, Flaschensauerstoff oder Überdrucksack.

„RASCH HINUNTER“ ist das Wichtigste und kann durch nichts ersetzt werden.

Die weiteren Sofortmaßnahmen bestehen aus *körperlicher Ruhe, Wärme und einigen höhenpezifischen Medikamenten*. Diese Maßnahmen dienen aber **ausschließlich zur Überbrückung**, wenn aus widrigen Umständen (Schlechtwetter, Nacht usw.) ein unmittelbares Hinunter nicht sofort möglich ist.

Ruhe - Abstieg - Abtransport - Wärme

- Bei **milder AMS kein weiterer Aufstieg**, sondern einen so genannten „therapeutischen Rasttag“ einlegen: Körperliche Schonung und bewusste Hyperventilation. In der Regel verschwinden die Symptome von AMS innerhalb von 1 bis 2 Tagen. Verschlimmern sich die Symptome aber bis zum nächsten Morgen, muss sofort unter Begleitung abgestiegen werden. Kein Alkohol, kein Beruhigungsmittel, kein Schlafmittel, kein Codein. Kinder müssen bereits beim ersten Verdacht auf AMS hinunter *getragen* werden.

Bewusste Hyperventilation (tiefes, schnelles Atmen) ist bei milder AMS erfahrungsgemäß eine zusätzliche Hilfe, da es zumindest vorübergehend die Sauerstoffversorgung verbessert und die gesteigerte Gehirndurchblutung sowie den Hirndruck senkt.

- Bei **schwerer AMS ohne Ataxie sofortiger Abstieg**. Ist ein Abstieg mit Anstrengungen für den Betroffenen verbunden, muss der Patient abtransportiert (getragen) werden, denn körperliche Anstrengung kann das Krankheitsbild bedrohlich verstärken (s.u.).
- Bei **HACE und HAPE sofortiger Abtransport möglichst in sitzender Position** und unter **Kälteschutz**. Selbst geringe körperliche Anstrengungen erhöhen das Herzminutenvolumen und den Lungengefäßdruck, wodurch das HAPE-Risiko beträchtlich zunimmt. Ähnliches gilt für den Kältestress. Bei rechtzeitig erkanntem HAPE führt ein sofortiger Abtransport, wenn noch keine Komplikationen aufgetreten sind, oft innerhalb weniger Stunden

zur Besserung der Symptome oder gar zu deren Verschwinden, zur Rückbildung der Gasaustauschstörung und innerhalb von wenigen Tagen auch zum Verschwinden der radiologischen Veränderungen.

- **Oberkörper immer aufrecht:** Bei allen Formen der Höhenkrankheit, besonders aber beim HAPE, muss vor allem beim Abtransport der Oberkörper möglichst aufrecht, also nahezu in Sitzposition positioniert werden (mindestens 30° Neigung), da dies den gefährlichen Überdruck in den Lungengefäßen senkt (Tragen des Patienten auf dem Rücken eines Trägers).
- **Ein Höhenkranker muss beim Abstieg bzw. am Ruhetag immer von einem höhenerfahrenen Gruppenmitglied begleitet bzw. betreut werden.** Niemals nur mit einem Träger / Einheimischen absteigen lassen bzw. zurücklassen. Das kann bei einer Zustandsverschlechterung des Patienten zu lebensbedrohlichen Situationen führen (Gründe: sprachliche Verständigungsschwierigkeiten, Unkenntnis der meisten Einheimischen über Höhenkrankheit und höhenspezifische Maßnahmen).
- **Wie weit muss abgestiegen bzw. abtransportiert werden?** Möglichst bis zu jener Höhe, auf welcher der Patient zuvor die letzte Nacht beschwerdefrei verbracht hat. Ist das unklar, zumindest bis zu jener Höhe hinab, auf der zwei Nächte davor geschlafen wurde.
- **Wann darf wieder aufgestiegen werden?** Wenn die Symptome einer Höhenkrankheit nach Abstieg bzw. Abtransport völlig verschwinden – mindestens ein Tag Beschwerdefreiheit ohne Medikamente - ist ein langsamer Wiederaufstieg unter DIAMOX® (2 x 125 mg täglich) möglich. Symptomfreiheit bedeutet ja, dass man jetzt auf dieser Höhe akklimatisiert ist. Ataxie (Leitsymptom des HACE) kann allerdings Tage, ja sogar Wochen andauern.
- **Der rasche Wechsel in tiefere Höhenlagen ist stets die entscheidende Notfallmaßnahme und kann durch keine andere Therapie ersetzt werden. Im Zweifel immer hinunter!**

Der sofortige und rasche Abtransport in tiefere Höhenlagen ist bei den ersten Anzeichen einer schweren Höhenkrankheit (HAPE, HACE) die kausale Therapie schlechthin und allen anderen Therapiemaßnahmen weit überlegen. Rasches Handeln und größtmögliche Geschwindigkeit beim Abtransport sind oberstes Gebot.

Daher darf ein Abtransport nur bei extremer äußerer Gefährdung aufgeschoben werden: Ein abends ataktischer Patient kann am nächsten Morgen bereits komatös und rettungslos verloren sein.

Nicht auf Rettung von außen warten: Viele an HACE oder HAPE erkrankte Personen sind beim tagelangen Warten auf den angeforderten Helikopter verstorben und hätten durch raschen terrestrischen Abtransport in tiefere Lagen gerettet werden können. Durch das Warten auf Rettung von außen wird oft Zeit verschenkt, die über Leben und Tod entscheiden kann.

In schweren Fällen muss so rasch wie möglich bis unter 2000 m Seehöhe abtransportiert werden.

Zusätzliche Notfalltherapien

Die folgenden therapeutischen Möglichkeiten stellen keine Alternativen zu den *Sofortmassnahmen Ruhe/Abstieg/Abtransport* dar, sondern dienen zur lebensrettenden Überbrückung in einer Situation, in der ein Wechsel in tiefere Lagen wegen gelände- oder witterungsbedingter Widrigkeiten vorerst nicht rasch genug erfolgen kann.

Die oft dramatische Besserung des Zustandes nach Anwendung der Notfalltherapie (z.B. Überdrucksack, Nifedipin bei HAPE oder Dexamethason bei HACE) bedeutet aber nicht, dass ein ausreichender Heilungsprozess stattfindet, sondern muss vielmehr raschestmöglich zum weiteren Abstieg bzw. Abtransport genutzt werden.

Selbstmedikation durch Nicht-Ärzte: Eine höhenmedizinische Notfalltherapie erfolgt in der Regel ohne anwesenden Arzt, also durch einen höhenerfahrenen Laien. Heute werden anerkannte Notfallmedikamente (z.B. Dexamethason) auch von Nicht-Ärzten mitgeführt, und zwar im Sinne eines Off-Label-Use. Die Verantwortung für die Indikationsstellung, Dosierung und für ein allfälliges Nebenwirkungsmanagement liegt beim verordnenden und fachlich qualifizierten Arzt, der übrigens auch dafür sorgen muss, dass ein Protokoll seiner Aufklärungs- bzw. Verordnungstätigkeit verfasst wird.

Im Folgenden nun die derzeit gängigen notfalltherapeutischen Möglichkeiten zur Therapie der verschiedenen Formen der Akuten Höhenkrankheit:

Flaschensauerstoff (schwere AMS, HAPE, HACE)

Flaschensauerstoff gilt nach wie vor als das *wichtigste* Medikament zur Verbesserung der Sauerstoffversorgung der Gewebe und zur Lungengefäß-Drucksenkung bei allen Formen der schweren Höhenkrankheit. Ein Abstieg bzw. Abtransport unter Sauerstoffbeatmung gilt als die optimale Therapie. Es wurde festgestellt, dass HAPE-Patienten, die ohne Sauerstofftherapie der Höhe ausgesetzt blieben, 15 mal häufiger verstarben als diejenigen, die sofort unter Sauerstoffatmung abtransportiert wurden.

Dosierung des Sauerstoffatmung mit Maske:

- Anfangs höchstmögliche Flussrate (6 bis 10 Liter pro Minute), bis sich die Hautfarbe (Zyanose) bessert bzw. eine SaO_2 von mehr als 90 % messbar ist.
- Dann mit einer Flussrate von etwa 2 bis 4 Litern pro Minute konstant oder intervallartig weiteratmen.

Vor allem bei Gruppentouren (Höhentrekking) sollte ausreichend Flaschensauerstoff für mindestens 12 Stunden Sauerstoffbeatmung mitgeführt werden. Jede Flasche soll mit 1.000 Liter gefüllt sein und muss neben einem Manometer auch ein Flussraten-Messgerät aufweisen (Gewicht pro Flasche: ca. 5 - 7 kg). Man sollte vor Aufbruch unbedingt den Füllungszustand aller Flaschen überprüfen.

Sauerstoffdepots für den Notfall sollten auf Höhenbergfahrten eigentlich in jedem Hochlager bereit liegen. Ohne diese Vorsorge, so zeigt die Erfahrung, befindet sich der lebensrettende Sauerstoff oft nicht dort, wo man ihn gerade benötigt.

Man kann (gefüllte) Sauerstoffflaschen von zu Hause mitnehmen oder im Zielland ausleihen. Im ersteren Fall kann man wohl mit der technisch einwandfreien, also verlässlichen Funktionstüchtigkeit rechnen. Aber ein Flugtransport ist teuer und problematisch, da der Transport von Flaschensauerstoff auf vielen (nicht allen) Linienflugzeugen, von einem speziellen Sauerstoffset für Tauchunfälle (*Wenoll-System*) abgesehen, verboten ist. Das *Wenoll-System* ist aber nicht ausreichend höhentauglich und daher für unsere Zwecke nur bedingt geeignet.

Andererseits weisen *vor Ort geliehene Sauerstoffflaschen* häufig Mängel auf, weshalb es bei der Übernahme nötig ist, nicht nur deren Füllungsstatus, sondern auch den einwandfreien Zustand der Ventile, der Maske und vor allem der beiden Messinstrumente sicherzustellen.

Wegen der Beeinträchtigung der natürlichen Akklimatisation sollte Flaschensauerstoff ausschließlich für den Notfall und nie als Prävention, Steig- oder Schlafhilfe verwendet werden.

Überdrucksack (Mobile Hyperbare Kammer)

Feste Überdruckkammern werden seit längerem von Militärs in den Hochgebirgen Indiens, Nepals, Tibets und Chinas zur Therapie der akuten Höhenkrankheit eingesetzt. Ein erstes Modell einer tragbaren Überdruckkammer wurde bereits 1919 in Deutschland vorgestellt. Aber erst seit 1988 gibt es transportable Überdrucksäcke, die strapazfähig und handlich genug sind, um den rauen Anforderungen im Gelände gerecht zu werden.

Dieser erste „Gamow-bag“ bestand aus einem zylinderförmigen Polyamid-Tragsack mit etwas über 2 Meter Länge und etwa 65 cm Durchmesser und existiert mittlerweile bereits in einer wesentlich leichteren und widerstandsfähigeren Version. Ähnliche Geräte wurden mittlerweile auch in Frankreich (Certec), Australien, Kanada und Norwegen entwickelt.

Der Überdrucksack gilt als Alternative zur therapeutischen Sauerstoffatmung. Das **Funktionsprinzip** ist einfach: Der Erkrankte wird in den Überdrucksack gelegt, dieser wird luftdicht verschlossen, und daraufhin wird der Kammerinnendruck mittels Pumpe bis auf eine simulierte Höhe von - je nach Ausgangshöhe - 1650 bis 4500 m (Maximaler Überdruck 220 mb) erhöht. Der Patient verbleibt nun meist ein bis zwei Stunden im Sack. Eine längere Verweildauer zeigt keine Wirkungssteigerung und ist daher nicht nötig.

Wegen der mit zunehmender Höhe exponentiellen Druckabnahme ist der durch den Überdruck simulierte „Abstieg“ umso größer, je höher man sich mit dem Überdrucksack befindet:

Tatsächliche Höhe in m	Simulierte Höhe in m
4000	1650
5000	2450
6000	3100
7000	3850
8000	4500

In einigen Studien und in zahlreichen Fallberichten wurde festgestellt, dass eine kurzfristige Überdruckbehandlung einen raschen Rückgang der Symptome vor allem von HAPE, aber auch von HACE bewirkt. Der positive Effekt ist allerdings zeitlich begrenzt und ersetzt keineswegs einen raschen Abtransport in tiefere Höhenlagen.

Ein Problem der Überdruckbehandlung besteht in einem ausgeprägten **Rebound-Effekt**: Bei HAPE verschwindet der Therapieerfolg nach Verlassen des Überdrucksackes sofort, wenn der Patient sich minimal anstrengt (etwa durch die paar Schritte hinters Zelt, um zu urinieren). Das Hauptproblem liegt aber in der **richtigen Handhabung**, die Einschulung, regelmäßige Übung und Erfahrung erfordert. Gefährlich wäre es, den Überdrucksack als *vermeintliche Akklimatisationshilfe* zu missbrauchen.

Einschulung und Training: Die Behandlung im Überdrucksack bleibt geübten Helfern vorbehalten. Nur bei richtiger Handhabung ist ein Überdrucksack erfolgreich anwendbar. Vor Beginn einer Trekkingtour bzw. einer Höhenbergfahrt ist daher eine praktische Übung aller Teilnehmer empfehlenswert: *Jeder* Teilnehmer muss dabei jede der drei Funktionen (Patient, Betätigung der Pumpe, Betreuer - s.u.) durchüben. Ja, auch die Rolle des Patienten muss geübt werden, denn wer schon einmal übungshalber im aufgepumpten Sack gelegen ist, dem wird es später als Höhenkranker trotz beklemmender Atemnot vielleicht leichter fallen, sich in den engen Sack zu legen.

Wo ist die Stationierung einer Hyperbaren Kammer sinnvoll? Als **überbrückendes Notfallgerät bei HAPE und HACE** dürfte sein stationärer Einsatz auf besonders neuralgischen Punkten, etwa auf sehr hochgelegenen Berg- hütten, in höhenmedizinischen Ambulatorien oder vielleicht auch im Hochlager vorteilhaft sein. Besonders sinnvoll ist ein Überdrucksack in Gebieten, die einen raschen Abstieg geländebedingt weitgehend ausschließen.

Ob es dagegen wirklich nötig ist, routinemäßig immer einen Überdrucksack mitzuführen, ist umstritten. Im Zweifelsfall entscheidet man sich jedenfalls

eher für die Mitnahme von Flaschensauerstoff. Dieser ist immer einfach und auch von Laien risikolos anwendbar, aber nur begrenzt verfügbar, während der Überdrucksack im Prinzip beliebig oft anwendbar ist. Eine Therapie mit Flaschensauerstoff plus Medikamenten ist vor allem bei schwersten Formen der Höhenkrankheit (Bewusstlosigkeit) vorteilhafter:

Ein taktisch sinnvolles Vorgehen besteht darin, einen an HAPE oder HACE Erkrankten zusätzlich zu Nifedipin bzw. Dexamethason (s.u.) **intermittierend hyperbar zu behandeln**: Eine ein- bis zweistündige Überdruckbehandlung kann den Zustand des Patienten soweit bessern, dass er unmittelbar darauf unter Sauerstoffatmung von 1 bis 2 Liter/Minute abtransportiert werden kann.

Nach ein bis zwei Stunden oder wenn sich der Zustand des Patienten neuerlich verschlechtert, was anfangs zu erwarten ist, wird der Abtransport unterbrochen, um neuerlich die Überdruck-Therapie anzuwenden. In schweren Fällen (HAPE, HACE) kann eine Zusatzatmung mit Sauerstoffmaske im Überdrucksack sinnvoll sein.

Da eine Überdruckbehandlung **nur eine kurzfristige Besserung der Beschwerden** bewirkt, muss die Zeit unmittelbar danach zum sofortigen Abtransport in tiefere Regionen genutzt werden. Eigenes Gehen des Patienten, besonders aber weitere Aufstiege (z.B. Gegenanstiege) müssen unterbleiben.

Wichtige Kriterien der Überdrucksack-Behandlung:

- Die Reihenfolge der Dringlichkeit von Notfallmaßnahmen bei schwerer Höhenkrankheit lautet derzeit: 1. Abstieg / Abtransport - 2. Sauerstoff / Medikamentöse Notfalltherapie - 3. Überdrucksack.
- Eine Überdrucksack-Behandlung ersetzt vor allem nicht den Abstieg bzw. Abtransport, verbessert aber den Zustand des Patienten für den im Anschluss an die Überdrucksack-Behandlung immer sofort obligaten Abtransport in tiefere Höhenlagen.
- Der Überdrucksack ist weder zur Vorbeugung noch zur Behandlung der milden AMS geeignet, weil die mangelhafte Akklimatisation (sonst hätte man ja keine AMS) dadurch verzögert würde.
- Im Zweifelsfall gibt es außer Atem-Herzkreislauf-Stillstand keine Kontraindikation zur Überdruckbehandlung. Auch der bewusstlose Patient kann in stabiler Seitenlage grundsätzlich im Überdrucksack behandelt werden.

- Eine Überdruckbehandlung soll stets in Kombination mit höhenpezifischen Notfallmedikamenten (vor allem Dexamethason) sowie mit erhöhtem Oberkörper erfolgen und muss nach spätestens 90 Minuten zu einer deutlichen Besserung führen.
- Die logistischen Probleme des Flaschensauerstoffs ebenso wie des Überdrucksacks bestehen darin, dass beides meist nicht dort gelagert ist, wo es im Notfall benötigt wird. Beides soll daher möglichst im höchsten Lager deponiert werden.
- Die zumutbare Obergrenze der Einsatzfähigkeit eines Überdrucksackes liegt wegen seiner anstrengenden Bedienung bei etwa 7.000 Meter. Oberhalb dieser Höhe sind im Notfall nur Flaschensauerstoff und Notfallmedikamente praktikabel.

Aus höhenmedizinischer Sicht resultiert daher grundsätzlich folgende Feststellung: *Der Überdrucksack kann im Einzelfall Leben retten.* Die Vorstellung aber, dass das Bergsteigen in Extremen Höhen dadurch sicherer geworden sei, bleibt Illusion.

Gebrauchsrichtlinien:

- *Jede Überdruckbehandlung erfordert zumindest zwei geschulte und trainierte Helfer: Eine Person beobachtet und betreut ständig den Patienten und dirigiert die Pumpfrequenz, und eine Person bedient nach Anleitung die Pumpe. Beides kann nur funktionieren, wenn die folgende Prozedur vorher geübt wurde.*
- *Vor Verwendung muss der Überdrucksack auf Dichtigkeit geprüft werden. Falls eine Handpumpe dabei ist, muss sichergestellt sein, dass der Pumpkolben ausreichend geschmiert ist.*
- *Vor der Behandlung muss geprüft werden, ob die Verbindung zwischen Mittelohr und Rachenraum nicht durch Verschleimung, etwa bei Erkältungen im Nasen-Rachenraum, verlegt ist: Man fordert den Patienten auf, Mund und Nase zu schließen und die eingeatmete Luft zu pressen (Druckausgleich). Wird dabei ein Druck auf das Trommelfell spürbar, ist die Verbindung zum Mittelohr durchgängig, und der Patient kann einer Überdruckbehandlung ausgesetzt werden.*
- *Sind die Schleimhäute jedoch geschwollen, fühlt der Patient keinen Druck auf das Trommelfell. Ein aktiver Druckausgleich ist also nicht möglich. Solche Patienten erhalten vor der Überdruckbehandlung abschwellende Nasentropfen. Die Behandlung darf anschließend erst begonnen werden, wenn die beschriebene Durchgängigkeitsprüfung erfolgreich ist. Die Nasentropfen verbleiben während der folgenden Behandlung im Überdrucksack, damit sie bei Bedarf neuerlich verwendet werden können.*
- *Vor dem Einstieg in den Überdrucksack sollte der Patient wenn irgendwie möglich urinieren bzw. seine Notdurft verrichten.*
- *Den Überdrucksack auf einem möglichst flachen Boden - aber nicht horizontal, sondern schräg geneigt (ca. 30 Grad) - auf einer Isomatte oder auf einer anderen verlässlich isolierenden Schutzunterlage ausbreiten. Wegen Beschädigungsgefahr auf scharfkantigen Untergrund achten. Zweite Isomatte und Schlafsack in den Überdrucksack legen. Sack gegen ein Abrutschen sichern.*

- *Bei direkter Sonnenbestrahlung kann die Innentemperatur im Überdrucksack schnell bis zur Unerträglichkeit steigen. Daher muss die Überdrucktherapie unbedingt im Schatten stattfinden.*
- *Sollte es unvermeidlich sein, dass die Überdruckbehandlung in einem Zelt (z.B. im Küchenzelt) erfolgen muss, soll auf eine ausreichende Belüftung geachtet werden, da sich verbrauchte Luft (Kocher, Gaslampen, Personen) allmählich im Sack gefährlich anreichern würde.*
- *Mit zunehmender Verweildauer im Sack steigt die Innenfeuchtigkeit an. Daunenbekleidung oder Schlafsack feuchten sich dabei stark an und können meist tagelang nicht mehr getrocknet werden. Deshalb sind Goretex- oder Fleece-bekleidung vorteilhafter.*
- *Reißverschluss bis zum Anschlag schließen, Pumpe anschließen, Anschlussahn öffnen und Druckablasshähne schließen. Unverdrehte Gurte schließen.*
- *Pumpe betätigen, und zwar anfangs (Phase 1) etwas schneller, aber bei Beginn des Druckanstieges betont langsam (maximal zehnmal pro Minute, Phase 2). Verspürt der Patient dabei Ohrenscherzen, muss noch langsamer gepumpt werden, und der Patient muss zusätzlich einen aktiven Druckausgleich (siehe oben) durchführen.*
- *Bis zum Maximaldruck aufpumpen, was sich auch durch deutliches Zischen an den Überdruckventilen äußert. Der Druckanstieg kann sowohl am Manometer als auch an einem im Sack plazierten Höhenmesser beobachtet werden.*
- *Luftumwälzung: Damit der Patient in der Folge ausreichend mit Sauerstoff versorgt wird und auch die abgeatmete Kohlendioxidkonzentration unter 1 Prozent bleibt, muss der Sack, nachdem der Maximaldruck erreicht wird, ständig mit 10 bis 15 Pumpvorgängen pro Minute (etwa ein Pumpstoß alle 5 Sekunden, Phase 3) belüftet werden. Das Zischgeräusch des Ventils muss dabei ununterbrochen hörbar sein.*
- *Durch das Sichtfenster (Tuch gegen Beschlagen mit in den Sack geben) hält ein erfahrener Helfer, ständig optischen und akustischen Kontakt mit dem Patienten. Dieser permanente Kontakt ist enorm wichtig. Man soll nämlich den Patienten während der gesamten Behandlung immer wieder*

ansprechen, um ihn zu beruhigen und um festzustellen, ob er Druckausgleichprobleme hat bzw. ob er bei Bewusstsein ist. Dieser Helfer dirigiert auch den Pumpvorgang. Darüber hinaus sollten sich die Umstehenden leise verhalten und nicht herumlaufen, da im Inneren des Sackes ein hoher Schallpegel herrscht und der Patient dadurch zusätzlich gestresst wird.

- *Nach 60- bis 90-minütiger Überdruckbehandlung wird der Druck sehr langsam, das heißt innerhalb von 5 bis 10 Minuten, abgelassen. Nach dem Ausstieg des Patienten die nasse Innenseite des Sackes trocknen.*
- *Sollte notfallmäßig ein rascher Druckablass erforderlich sein, muss der Behandelte dabei langsam, aber ohne Unterbrechung ausatmen.*

Häufige Probleme:

- Angstzustände und Klaustrophobie
- Erbrechen während der Überdruckbehandlung
- Eine zu geringe Frischluftzufuhr (< 40 l/min) kann zu einem toxischen CO₂-Anstieg führen.
- HAPE-Patienten tolerieren zumindest anfangs keine horizontale Flachlagerung.
- Die anstrengende Pumptätigkeit kann vor allem in Extremer Höhe die Kräfte der Helfer überfordern.
- Reißverschluss und Ventile können beschädigt und undicht werden, wenn der Überdrucksack nicht behutsam transportiert und benützt wird (Vorsicht bei Leihgeräten!).

Medikamente

Ibuprofen, Naproxen (gegen Höhenkopfschmerz)

Beide Medikamente sind in einer Einmaldosierung von 400 bis 600 mg hervorragend zur Behandlung des sehr häufigen Höhenkopfschmerzes geeignet. Sie dürfen aber **nicht zur Vorbeugung** verwendet werden: Schließlich hat gerade der Höhenkopfschmerz als meist initiales Leitsymptom der Höhenkrankheit eine wichtige Warn- bzw. „Brems“-Funktion. Wer an einem Magenleiden laboriert, sollte zusätzlich ein Magenschutzmittel einnehmen. Wegen einer mit dem Höhenkopfschmerz häufig verbundenen Neigung zum medikamentenbedingten Erbrechen empfiehlt sich eine vorherige Einnahme von Domperidon (Motilium®) oder Metoclopramid (Paspertin®).

Nifedipin (gegen HAPE)

Nifedipin gilt heute beim akuten HAPE als Notfalltherapeutikum der Wahl, auch wenn diese pharmakologische Substanz für diesen Zweck offiziell nicht zugelassen ist. Nifedipin führt zu einer raschen Senkung des Lungengefäßdrucks und ermöglicht eine Stabilisierung der Sauerstoffsättigung (Anstieg der pulsoxymetrisch bestimmbaren SaO_2). Das Lungenödem bildet sich rasch zurück. Dass diese Substanz schon häufig mit beeindruckendem Erfolg bei HAPE eingesetzt werden konnte, wurde vielfach dokumentiert. Erfahrungsgemäß kann mit Nifedipin zumindest eine Verschlechterung des HAPE verhindert werden. Bei AMS und HACE ist Nifedipin wahrscheinlich unwirksam.

Wegen des nicht auszuschließenden Risikos schwerer Kreislaufzwischenfälle sollte ausschließlich die **Retardform (SL)** Verwendung finden: **Sofort und dann bei Bedarf alle 6 Stunden 1 Nifedipin retard 20 mg (in Deutschland Nifedipin SL 5/15 mg) Filmtablette.**

Dabei ist das Nebenwirkungsrisiko geringer, und außerdem ist ja eine rasche Wirkung gar nicht unbedingt erforderlich. Nifedipin 10 mg in der rasch resorbierbaren Kapselform soll auch bei bewusstlosen Patienten nicht verabreicht werden, da bei Applikation des Kapselinhaltes in den Mund hier keine ausreichende Resorption gewährleistet ist.

Dexamethason (gegen schwere AMS und HACE)

Bei schwerer AMS und besonders bei Verdacht auf HACE ist Dexamethason, ein starkes Kortison, seit Jahren ein vielfach bewährtes Mittel. Es stabilisiert vermutlich die Blut-Hirn-Schranke und verbessert damit die einschlägigen Symptome eindrucksvoll. Ob Dexamethason auch bei HAPE wirksam ist, ist

derzeit umstritten. Es gilt als das wichtigste Medikament zur Behandlung schwerer cerebraler Formen der Höhenkrankheit.

Dosierung: Initial 8 mg oder mehr („Loading dose“), dann alle 6 Stunden 4 mg in Tablettenform.

HACE ist immer eine Frage auf Leben und Tod. Vor allem bei bewusstseinsgestörten Patienten besteht akute Lebensgefahr, wobei dann Dexamethason intramuskulär oder intravenös gegeben werden muss, und zwar zu Beginn wenn irgendwie möglich (und vorhanden) vielleicht in einer so genannten „High Loading Dose“ von 50 mg und mehr. Bei derart exzessiven Dosen ist aber höchste Vorsicht vor schwerwiegenden Nebenwirkungen nötig. Geht alles gut, muss das Medikament in den folgenden Tagen nach einem peniblen Stufenschema allmählich abgesetzt werden.

Applikationsform: Der Wirkeintritt von Dexamethason wird mit etwa 20 Minuten angegeben. Gelegentlich wird daher damit argumentiert, dass es unerheblich sei, ob die Initialdosis (bei Bewusstsein) oral oder (bei Bewusstlosen) durch Injektion verabreicht wird. Allerdings kann wohl davon ausgegangen werden, dass der intravenöse Weg schneller zum Ort des Geschehens führt. Ist der Helfer also befugt, intravenöse Injektionen zu verabreichen, wird das der sinnvollere Zugang sein.

Kombinationstherapie

Bei nicht selten unklaren schweren Formen der Höhenkrankheit wird zur Vorbereitung des Abtransportes oft folgende Kombination („Tripletherapie“) angewendet:

DEXAMETHASON + NIFEDIPIN + SAUERSTOFF / ÜBERDRUCKSACK

Als sinnvolle Notfalltherapie bei schwerer Akuter Höhenkrankheit, wenn ein sofortiger Abtransport vorerst unmöglich ist, hat sich die Kombination von Dexamethason mit einer Überdruckbehandlung erwiesen: Die Überdrucktherapie bringt anfangs zwar bessere Resultate als die alleinige Dexamethasontherapie, aber keinen Langzeiteffekt, während Dexamethason anfangs zwar weniger wirksam ist als der Überdrucksack, nach einigen Stunden jedoch deutlich bessere Ergebnisse zu sehen sind.

Dexamethason gilt bei allen schweren Formen der akuten Höhenkrankheit als das mit Abstand beste und oft lebensrettende Medikament und muss daher in Großen und Extremen Höhen immer in ausreichenden Mengen mitgeführt werden.

Andere Medikamente

DIAMOX® wurde früher als Notfallmedikament bei allen Formen der Höhenkrankheit verwendet. Es hat sich aber als problematisch und riskant erwiesen und soll daher heute **nicht mehr** als Medikament bei Höhenkrankheit Verwendung finden, und zwar aus folgenden Gründen:

Bei *milder* AMS ist DIAMOX® nicht wirklich notwendig (besser: Therapeutische Rast bzw. Abstieg, s.o.). Bei *mittelschwerer bis schwerer* AMS ist DIAMOX® nicht so wirksam wie Dexamethason. Bei HAPE ist DIAMOX® nicht nur weitgehend wirkungslos, sondern sogar gefährlich: Wegen der bei HAPE ausgeprägten Gasaustauschstörung kann das Medikament wegen der Veränderung der Blutgase tödlich sein.

ASPIRIN® ist umstritten, auch wenn manche Höhenbergsteiger mit dem billigen und nahezu überall erhältlichen Schmerzmittel bei milder AMS gute Erfahrungen gemacht haben wollen. Allerdings wird die mit häufiger und unkontrollierter Einnahme von ASPIRIN® verbundene erhöhte Blutungsneigung (Magen-Darm, Schleimhäute des Atmungstraktes, Augen, Gehirn) unterschätzt. Auch hatten etliche HACE-Patienten vorher über etliche Tage ASPIRIN® in hohen Dosen eingenommen und sind trotzdem schwer erkrankt oder sogar gestorben. Von ASPIRIN® (ein „Teufelszeug“) sollte man daher in der Höhe lieber die Finger lassen.

Antibiotika haben keinen Einfluss auf AMS, HAPE oder HACE. Da aber HAPE nicht selten mit Fieber einhergeht, ist eine zusätzliche Therapie mit einem Breitspektrumantibiotikum überlegenswert. **Phosphodiesterasehemmer (Sildenafil, Tadalafil)** wurden zur effektiven pulmonalen Drucksenkung erfolgreich eingesetzt, für eine generelle Empfehlung sind aber noch weitere Untersuchungen erforderlich.

Übersicht: Maßnahmen bei AMS / HACE / HAPE

MILDE AMS

1. Therapeutischer Rasttag, eventuell vorübergehender Abstieg
2. Ibuprofen oder Naproxen

HACE

1. Abtransport
2. Sauerstoff (anfangs hohe Flussrate, später 2 bis 4 Liter / Minute)
3. Dexamethason initial mindestens 8 mg, dann alle 6 Stunden 4 mg
4. Überdrucksack-Therapie

HAPE

1. Abtransport in sitzender Position
2. Sauerstoff (anfangs hohe Flussrate, später 2 bis 4 Liter / Minute)
3. Nifedipin retard (SL) 20 mg alle 6 Stunden
5. Überdrucksack- Therapie

Praktische Optionen

Die folgenden Hinweise sind ein in der höhenmedizinischen Praxis bewährter Leitfaden für das Abwägen von Für und Wider einzelner Standardmaßnahmen beim Auftreten von höhenverdächtigen Symptomen:

RAST AUF GLEICHER HÖHE

PRO: Akklimatisation auf dieser Höhe. Der Anschluss an die Gruppe und damit das ursprüngliche Tourenziel sind kaum gefährdet.

KONTRA: Symptomfreiheit erst nach 24 bis 48 Stunden zu erwarten.

RAST PLUS DEXAMETHASON

PRO: Ähnlich wie eine Rast ohne Medikamente, aber der Effekt tritt bei schwerer AMS ähnlich schnell ein wie bei Abstieg, und zwar in der Regel zwischen 2 und 6 Stunden.

KONTRA: Möglicherweise, wenn auch selten, Auftreten von Steroid-Nebenwirkungen. Bei HACE-Verdacht ist, wenn nur irgendwie möglich, ein rascher Abtransport vorrangig.

NUR ABSTIEG

PRO: Rascher Effekt. Die Symptome bessern sich oft schon während des Abstieges und verschwinden meist völlig innerhalb weniger Stunden.

KONTRA: Der Anschluss an die Gruppe und damit die Erreichbarkeit des Tourenzieles gehen meist verloren. Begleitpersonen sind erforderlich. Ein Abstieg bei Schlechtwetter oder in der Nacht kann gefährlich werden. Schwere AMS, HAPE oder HACE verbieten einen Abstieg auf eigenen Beinen.

SAUERSTOFF UND/ODER ÜBERDRUCKSACK

PRO: Wenn ein Abtransport vorübergehend unmöglich ist oder zur Vorbereitung auf einen unmittelbar bevorstehenden Abtransport.

KONTRA: Siehe entsprechender Abschnitt.

Der Umgang mit bewusstlosen Patienten

Wenn man einen Patienten bewusstlos vorfindet, stößt man verständlicherweise auf nicht unbeträchtliche Schwierigkeiten, weil eine Schilderung durch Dritte, wenn überhaupt vorhanden, meist unergiebig ist. Man erinnere sich daran, dass HACE und HAPE sehr häufig gemeinsam auftreten. Bei Bewusstlosigkeit unklarer Genese geht man daher in folgender Reihenfolge vor:

1. Feststellung der Atmungssituation (Atemgeräusch?)
2. Messung der arteriellen Sauerstoffsättigung (falls ein Pulsoxymeter vorhanden)
3. Dexamethason mindestens 8 mg (Injektion)
4. Maskenbeatmung mit Sauerstoff (hohe Flussrate)
5. Alternativ oder eventuell zusätzlich Überdruckbehandlung in Seitenlage

Daraufhin wird der Patient meist so weit ansprechbar, dass eine ausreichende Schilderung (Anamnese) und eine neuerliche Untersuchung ein besseres Bild ermöglichen. Danach richtet sich schließlich das weitere Vorgehen.

8. Weitere höhentypische Gesundheitsstörungen

Abgesehen von den Erscheinungsformen der Höhenkrankheit muss man beim Höhenbergsteigen mit einigen weiteren höhentypischen Gesundheitsstörungen rechnen. Diese werden nicht nur von Unerfahrenen oft mit der Höhenkrankheit verwechselt. Die folgende Übersicht ist daher vor allem für Ärzte gedacht:

Neurologische Probleme:

Apoplexie, Transient Ischämische Attacken, Epilepsie, Migräne, Synkope, Subarachnoidalblutung, Transient Globale Amnesie.

Ophthalmologische Probleme:

Retinablutung, Augenmuskellähmung (Rectus lateralis), kortikale Blindheit, Amaurosis fugax.

Pulmonale Probleme:

Pulmonalembolie, respiratorische Infekte, Pneumonie, Asthma, Höhenhusten.

Andere Probleme:

Periphere Höhenödeme, Hypothermie, Erfrierung, Strahlenschäden, Dehydratation, Kohlenmonoxydintoxikation, psychische Dekompensation, Gastrointestinalinfekte, Tropenkrankheiten, Infektionskrankheiten, Drogen, Alkohol.

Am häufigsten treten folgende Gesundheitsprobleme auf:

Periphere Unterhautödeme

Periphere Unterhautödeme (*High Altitude Localised Edeme, HALE*) sind in Mittleren und Großen Höhen sehr häufig. Bei Frauen kommt HALE doppelt so oft vor als bei Männern. Auch wenn periphere Höhenödeme an und für sich harmlos sind, muss doch daran gedacht werden, dass AMS-Patienten vier mal so häufig davon betroffen sind wie beschwerdefreie Höhentouristen. Periphere Ödeme gelten daher als **Warnzeichen**.

Meist ist das *Gesicht* betroffen, vor allem der Bereich der *Augenlider*, aber auch die *Hände*, die *Knöchelregionen* und die *Vorfüße*. Die Ödeme sind zwar meist schmerzlos, weisen aber ziemlich unangenehme Schwellungen und Spannungen auf. Die Ödeme verschlechtern sich üblicherweise in der Nacht, während sie sich tagsüber, in aufrechter Körperhaltung also, etwas zurückbilden können. Körperliche Anstrengungen, ultraviolette Strahlung, vor allem

aber **Kälte** stellen auslösende Faktoren dar. Möglicherweise wirken sich auch einschnürende Rucksackträger ödembegünstigend aus.

HALE an den Extremitäten erhöhen das *Risiko von Zirkulationsstörungen* (Ringe daher schon bei den ersten Anzeichen von den Fingern entfernen). *Augenlidschwellungen* können eine zunehmende Sehbeeinträchtigung bedingen. *Knöchel- bzw. Fußschwellungen* treten selten isoliert auf.

Therapie: Bei extremer Schwellung mit Sichtbehinderung kann DIAMOX® (2 x 250 mg) oder LASIX® (1 - 3 x 20 mg) verabreicht werden.

Wenn, wie erwähnt, das Auftreten peripherer Ödeme zu besonderer Vorsicht und erhöhter Aufmerksamkeit veranlassen muss, gilt dennoch: Ein unkompliziertes peripheres Unterhautödem ohne AMS-Symptome ist noch kein Grund, den Aufstieg abubrechen.

Retinablutungen

Diese flächenartigen Augenhintergrund-Blutungen (*High Altitude Retinal Hemorrhages, HARH*) sind oberhalb von 5500 m besonders in den ersten Höhenexpositionstagen mit einer Häufigkeit von 50 bis 80 Prozent nicht selten und verlaufen in der Regel symptomlos. Höhenneulinge sind häufiger betroffen als höhenerfahrene Bergsteiger. Bei Höhenbewohnern (z.B. Sherpas) tritt HARH praktisch nie auf. Aber auf 4500 m Seehöhe wurden bei 30 % der Bergsteiger HARH gefunden.

Ursächlich nimmt man an, dass auf der Basis einer höheninduziert verstärkten Gehirndurchblutung plötzliche Anstrengungen (Pressatmung), aber auch der recht häufige Höhenreizhusten (s.u.) zu derartigen Retinablutungen führen. Vermutlich ereignen sich ähnliche Blutungsvorgänge gleichzeitig auch im Gehirn. HARH heilen in der Regel innerhalb von 7 bis 14 Tagen spontan ab. *Sehstörungen* treten nur dann auf, wenn HARH mit einem sog. Papillenödem einhergehen.

Die unmittelbaren Zusammenhänge mit AMS sind bis heute nicht ganz klar. Bei HAPE sind HARH öfter zu sehen. HARH werden daher als unmittelbares klinisches Vorzeichen einer schweren Verlaufsform der Höhenkrankheit betrachtet, weshalb Routineuntersuchungen des Augenhintergrunds durch den Expeditionsarzt vor und nach jedem Vorstoß in extreme Höhen durchaus sinnvoll sind.

Höhenreizhusten

In Großen, vor allem aber in Extremen Höhen, stellt der quälende Höhenreizhusten mit seinen vor allem nächtlichen Anfallsattacken nicht nur eine extrem unangenehme Belastung für den Betroffenen und seine Zeltpartner dar, er kann auch das Entstehen eines HAPE fördern. Verantwortlich für dieses Phänomen ist möglicherweise eine durch die Atmungssteigerung und den vermindertem Wasserdampfgehalt bedingte Schleimhautaustrocknung der oberen Atemwege.

Unter Hypoxie kann der Höhenhusten aber auch bei Wärme und relativ hoher Luftfeuchtigkeit auftreten, also auch ohne physikalische Schleimhautreizungen, weshalb auch diskutiert wird, ob es sich hier vielleicht um eine milde Form des HAPE (sog. „subakutes“ HAPE) oder aber auch um eine Sonderform einer Lungenentzündung handelt.

Der Höhenhusten ist zwar nicht unmittelbar lebensbedrohlich, kann aber zu Erschöpfungszuständen (gestörte nächtliche Erholung), zu massiven Lungendruckanstiegen (HAPE) oder sogar zu Mehrfachrippenbrüchen führen. Auch führt die Schädigung der Bronchialschleimhaut leichter zu bakteriellen Infektionen der Atemwege.

Als **Differenzialdiagnosen** kommen in Frage: Ein durch Belastung oder Kälte induziertes *Asthma bronchiale*, ein beginnendes HAPE, eine *bakterielle Infektion der unteren Atemwege* oder (wesentlich seltener) ein beginnendes *HACE*.

Erfolgversprechender als die Therapie ist die **Prophylaxe**: Das Lutschen von Kräuterbonbos beispielsweise verlangt, den Mund beim Atmen geschlossen zu halten. Auch ein vor das untere Gesicht gehaltener Schal oder ein Tuch bieten einen gewissen Schutz vor Auskühlung bzw. Austrocknung der Atemwege. Eine weitgehend konsequente Nasenatmung wäre überhaupt die beste Prophylaxe.

Therapie: Die üblichen hustendämpfenden Mittel auf Codeinbasis kommen wegen ihrer mehr oder weniger stark ausgeprägten atemdämpfenden Wirkung nur bedingt in Frage. Das durch hohe Codeindosen induzierte weitere Absinken der SaO_2 kann vor allem nächtens das Risiko schwerer Formen der Höhenkrankheit erhöhen. Daher werden Noscapin (CAPVAL®) in einer Dosierung von 1-1-1-2 Dragees (200-300 mg/Tag) oder Clobutinol (bis 240 mg/Tag) bevorzugt. Neben einer guten hustendämpfenden Wirkung führen diese Substanzen zu keiner Beeinträchtigung der SaO_2 .

Kälteschäden

Das Auftreten von **Kältetraumen** (Unterkühlung und Erfrierung) ist unter Hypoxie begünstigt. Die Kombination Kälte und Hypoxie stellt ein besonderes Problem in der Höhe dar, auch wenn Erfrierungen beim Höhenbergsteigen heute ausrüstungsbedingt eher selten auftreten.

Thrombose und Lungenembolie

Zwar fehlen genaue Daten dazu, aber man vermutet, dass arterielle und venöse Thrombosen, pulmonale Thrombembolien und Schlaganfälle (Zentralvenenthrombosen) beim Bergsteigen in Extremen Höhen häufiger auftreten als allgemein vermutet, und zwar sowohl während der An- als auch vor allem auf der Rückreise (Interkontinentalflüge, lange Busfahrten) und beim Höhenbergsteigen selbst. Beim Höhentrekking dürften derartige Probleme hingegen eher selten auftreten.

Während die Rolle des Gerinnungsmechanismus in Großen Höhen noch nicht völlig geklärt ist, weiß man heute, dass Lungenembolien nicht am Entstehungsmechanismus von HAPE beteiligt sind, wohl aber eine Konsequenz bzw. Komplikation davon darstellen können.

Hauptursachen der nicht selten tödlich verlaufenden thrombembolischen Prozesse beim Bergsteigen in Großen und Extremen Höhen sind *Flüssigkeitsmangel* und die dadurch verstärkte *Blutviskosität*: Hämatokritwerte von 55 % und mehr sind beim Höhenbergsteigen durchaus üblich. Oberhalb von 50 % nimmt aber die Blutviskosität rapide zu.

Insgesamt kann es also beim Bergsteigen in Extremen Höhen durch die niedrige Luftfeuchtigkeit, einer bei Schlechtwetter eingeschränkten körperlichen Bewegung (im Zelt oder Biwak), bei nicht ausreichender Flüssigkeitszufuhr und unter Kälte besonders leicht zu Venenthrombosen kommen.

Prophylaktisch steht eine *adäquate Flüssigkeitszufuhr* im Vordergrund, um die beim Höhenbergsteigen obligate Dehydrierung zu verringern. *Regelmäßige Bewegung sowie Vermeiden von Kauerstellungen* im Zelt oder Biwak sind weitere wichtige Präventivmaßnahmen. Ob die prophylaktische Verabreichung von Niedermolekularen Heparinen (NMH) am Berg sinnvoll ist, ist umstritten. Alternativ dazu sind neuerdings Rivaroxapan-Tabletten am Markt. Derzeit gelten folgende Grundsätze:

- Auf Langstreckenflügen sollten die entsprechenden reisemedizinischen Empfehlungen beachtet werden, und zwar vor allem beim Rückflug.
- Bei Personen, die auch im Tal kein stark erhöhtes Thromboserisiko aufweisen, besteht auch am Berg keine Indikation zur Prophylaxe mit NMH oder Rivaroxapan.
- Für Bergsteiger mit erhöhtem Thromboserisiko oder anamnestischen thrombembolischen Ereignissen sind NMH in Phasen der Immobilisation bzw. Exsikkose eine sinnvolle Option. Für solche Personen ist das Höhenbergsteigen allerdings grundsätzlich tabu.
- Eine generelle, wochenlange Thromboseprophylaxe mittels NMH, z.B. während einer Höhenbergfahrt, ist weder medizinisch begründbar noch aufgrund möglicher Blutungskomplikationen sinnvoll.

Diese potenziellen **Blutungskomplikationen unter NMH** betreffen einerseits das erhöhte Verletzungsrisiko beim Bergsteigen und andererseits den Umstand, dass NMH möglicherweise die Entstehung von Retinablutungen (HARH) und damit auch Gehirnblutungen begünstigen können.

Hinweise auf eine Beinvenenthrombose:

- Einseitige Beinschwellung
- Ödem, (Druck-)Schmerz im Venenverlauf
- Immobilisation, Flüssigkeitsmangel

Hinweise auf eine akute Lungenembolie:

- Plötzlicher, atemsynchroner Brustschmerz
- Blutdruckabfall bis Kreislaufkollaps
- Hoher Puls
- Zyanose
- Halsvenenstauung
- Kaltschweißigkeit
- Unruhe
- Verdacht auf bzw. gesicherte Beinvenenthrombose

Die Klinik der akuten Lungenembolie ist oft uncharakteristisch. Manchmal ist aber das Bild so dramatisch, dass kaum ein Zweifel bestehen kann. Erschwerend wirkt sich natürlich aus, dass eine weiterführende Diagnostik im exponierten Gelände von Hochgebirgen unmöglich ist.

Die **Notfalltherapie** am Berg stellt selbst einen anwesenden Arzt vor große Schwierigkeiten: Immobilisation, Abtransport, massive Flüssigkeitszufuhr und Sauerstoff, stark wirksame Schmerzmittel (Ketamin). Niedermolekulares Heparin (NMH) wird, dosiert nach Körpergewicht (1 bis 2 mg/kg/24 Stunden in 2 Dosen), schon beim ersten Verdacht auf eine Beinvenenthrombose, vor allem aber bei suspekter Lungenembolie verabreicht.

Strahlenschäden

Beim Höhenbergsteigen stellt die starke ultraviolette Strahlung eine ernstzunehmende Gefährdung dar. Dies ist einem oft überhaupt nicht bewusst, weil im Gebirge meist ein kühler Wind weht. Die höhenbedingte Zunahme der UV-Strahlung beträgt etwa 4 % pro 300 Höhenmeter. Die Reflexion von UV-Strahlen durch Schnee kann zusätzlich bis zu 100 % ausmachen.

Die Wirkung der UV-Strahlung ist weiters abhängig von der Sonnenintensität, der Dauer der Einwirkung, dem Sonnenstand (Morgen - Mittag - Abend), der Jahreszeit, der geographischen Breite, der Reflexion auf Schnee- und Gletscherflächen, der individuellen Empfindlichkeit der Haut (Haut- und Haarfarbe) und von einer bereits erfolgten Lichtgewöhnung der Haut.

Sonnenbrand, Fieberblasen und Keratokonjunktivitis (UV-Bindehautentzündung, Schneeblindheit) sind abgesehen von den stark zunehmenden, sehr bösartigen Hauttumoren die häufigsten Strahlenschäden im Hochgebirge. UV-Strahlung beeinträchtigt in der Höhe das Immunsystem und führt daher auch zu einer erhöhten Infektanfälligkeit.

- **Sonnenbrand**

Jeder Sonnenbrand ist eine Brandwunde (1. Grad: Rötung, 2. Grad: Blasenbildung). Sonnenbrandgefahr besteht übrigens nicht nur in der prallen Sonne, auch wenn sie hier natürlich am größten ist, sondern auch bei bedecktem Himmel. Besonders intensiv ist die UV-Strahlung im verschneiten Gelände. Kinder sind empfindlicher als Erwachsene. Hellhäutige, Blonde und Helläugige sind anfälliger als dunkelhäutige und dunkelhaarige Menschen. Dennoch sollten sich Kinder und Erwachsene sowie helle und dunkle Typen stets gleich intensiv schützen, da selbst durch optimale Sonnenschutzcremen beim Höhenbergsteigen kein hundertprozentiger Schutz gewährleistet werden kann.

Vorbeugung: In den ersten Tagen vorsichtige Lichtgewöhnung in steigender Dosierung. Hochwirksame Sonnenschutzmittel mit hohem Lichtschutzfaktor (früher: über 30) werden ab etwa 30 Minuten vor Sonnenexposition mehrmals täglich aufgetragen. Cremes sind besser als Milchen, Fettsalben oder wässrig-alkoholische Lösungen.

Therapie: Feuchte Kühleumschläge, reichlich Kühlealben, Ibuprofen oder Naproxen, viel Flüssigkeit trinken.

- **Fieberblasen**

Auf Lippen und Umgebung entstehen mehr oder weniger große, schmerzhaft Bläschengruppen. Die Ursache sind Herpesviren, mit denen man irgendwann einmal angesteckt wurde, und zwar meist durch Trinken aus infizierten Gläsern. Sie wandern bei der Erstinfektion entlang von Nervenbahnen bis zu deren Wurzeln und nisten sich dort zeitlebens ein. Dort sind die Herpesviren vor dem Zugriff des Immunsystems geschützt und können unter anderem durch UV-Bestrahlung jederzeit aktiviert werden.

Vorbeugung: Totales Abdecken der Lippen mit UV-dichten Decksalben (Sonnenschutzsalben) mehrmals während des Tages.

Therapie: VALTRES® 2 bis 4 x 1000 mg. Oder man wartet ab, bis die Fieberblasen spontan abheilen (Dauer im Schnitt 9 Tage).

- **UV-Bindehautreizung, Schneeblindheit**

Äußerst schmerzhafter Reizzustand der Augen („*Sand in den Augen*“), der sogar zu mehrtägiger Blindheit führen kann. Extreme Strahlung kann bereits nach rund einer Stunde derartige Symptome auslösen, in der Regel aber erst 6 - 12 Stunden nach Exposition. Diese Bindehautentzündungen sind oft gefährlicher als man vermuten würde, weil Dauerschäden an der Hornhaut möglich sind.

Vorbeugung: Bruchsichere und verlässlich UV-dichte Brillen (Absorptionsrate mindestens 90 %) unbedingt mit einer Abdeckung seitlich/unten. Stets eine Reservebrille mitführen.

Therapie: Ibuprofen oder Naproxen 400 – 600 mg 2 x täglich. Dazu mehrmals Vitamin-Augensalben (z.B. OLEOVIT®). In schweren Fällen zusätzlich Verbinden der Augen und körperliche Ruhe.

Die Hochlandindianer Ecuadors, wo die Sonneneinstrahlung aus geografischen Gründen besonders intensiv ist, verwenden seit Jahrhunderten ein angeblich sehr wirksames Mittel gegen die Schneeblindheit: Sie legen ein frisch geschlachtetes, mit viel Saft und noch etwas Blut versetztes Fleischstück auf die Augen. Das soll sehr rasch schmerzlindernd wirken, wie der Jesuitenpfearrer José de Acosta bereits 1604 berichtete. Der Engländer Whymper, Erstersteiger des Matterhorns, hat anlässlich einer Schneeblindheit in den ecuadorianischen Anden eine andere Heilmethode als „sehr effektiv und schnell heilend“ beschrieben: 8 - 10 Körner Zinksulfat in einer Unze Wasser.

9. Höhentourismus heute

Am Beginn des 20. Jahrhunderts hatten die Landkarten der Welt noch viele weiße Flecken, die den Entdeckerdrang des Menschen herausforderten. Nach den Abenteurern kamen die Forscher, dann die Landvermesser, und schließlich die Makler einer profitorientierten Tourismusindustrie, um die Wildnis der Wüsten, Urwälder und schließlich auch der entferntesten Hochgebirge der Erde käuflich und für jedermann verfügbar zu machen. Früher nannte man diese Bergreisen ins Unbekannte Expeditionen. Gibt es heute eigentlich noch „Expeditionen“ im klassischen Sinn?

Eine „Expedition“ ist eine Reise an einen entfernten oder zumindest schwer zugänglichen Ort mit einem Ziel, das wissenschaftlich, sportlich oder nur das reine Abenteuer sein kann. Da diese Definition für etliche Unternehmen, die sich noch immer „Expedition“ nennen, heute nicht mehr zutrifft, sollte eher vom **Höhentrekking** und vom **Höhenbergsteigen** gesprochen werden.

Die Formen des Höhentourismus

Bevor wir auf den Stellenwert der medizinischen Betreuung beim Höhentrekking und Höhenbergsteigen eingehen, soll dargelegt werden, in welcher Form sich das moderne Höhenbergsteigen heute überhaupt ereignet. Nach *Dietl* können sechs Hauptgruppen von Höhenunternehmungen unterschieden werden:

- **Klassische Großexpeditionen**

Organisation und Taktik der klassischen Großexpeditionen führten in den Jahrzehnten bis 1964 u.a. zu den Erstbesteigungen der meisten der 14 Achttausender. Klassische Großexpeditionen galten bis in die Siebziger Jahre als praktisch einzige Möglichkeit, höchste Gipfel zu besteigen. Obwohl sich ab Mitte der Siebziger Jahre des vorigen Jahrhunderts im Bereich des nicht-kommerziellen Höhenbergsteigens ein zunehmender Trend zu kleineren, beweglicheren und dadurch schlagkräftigen Teams abzeichnete, gibt es auch heute noch Unternehmungen im Stil der nationalen Großexpeditionen früherer Zeiten.

- **Private Höhenbergfahrten in Kleingruppen**

Zwar existierten bereits in den Fünfziger Jahren Kleingruppen, die Achttausender erstbestiegen (*1954 Cho Oyu, 1956 Gasherbrum II, 1957 Broad Peak*), aber der

sog. „Alpinstil“ in den höchsten Gebirgen der Erde wurde erst 1975 durch die spektakuläre Zweimann-Besteigung des *Hidden Peak (Messner/Habeler)*, noch dazu auf einer neuen Route, weltweit salonfähig. Damit setzte sich die Überzeugung durch, dass auch schwierigste Routen auf höchste Gipfel ohne den massiven Personal- und Materialaufwand einer Großexpedition möglich sind. Diese verlockende Logistik „*by fair means*“ war allerdings von Anfang an mit einer enormen Risikoerhöhung verbunden, der nicht nur weniger versierte Höhenbergsteiger, sondern auch zahlreiche Spitzenalpinisten zum Opfer fielen. Als hauptsächliche Unfallursachen zeigen Analysen die Unterschätzung der Anforderungen bzw. die Überschätzung der eigenen Fähigkeiten auf.

- **Privates Höhentrekking („Individualtrekking“)**

Mehr als die Hälfte (Nepal: 60 %) aller Höhentrekkingtouristen führen ihre Touren auf eigene Faust durch, also nicht im Rahmen kommerziell organisierter Gruppen.

- **Kommerzielles Höhentrekking**

Von Reisebüros vermittelte professionelle Organisationen bieten neben mehrtägigen Bergwanderungen auch Höhentrekking mit fakultativer Besteigung von bis zu über 6000 m hohen Gipfeln an.

- **Kommerzielle Höhenbergfahrten („Expeditionen“) ohne Gipfelführung**

Für schwierige Sechstausender bis hin zum *Everestgipfel* gibt es heute kommerzielle Angebote. Eine weit verbreitete Organisationsform besteht darin, dass unter der Leitung eines erfahrenen Expeditionsbergsteigers bzw. Bergführers die gesamte Logistik geboten wird, aber (zumindest offiziell, nach außen hin) keine Gipfelführung. Der Expeditionsleiter (Bergführer) hat lediglich eine beratende bzw. koordinierende Funktion. Die meist sehr ambitionierten und vor allem zahlungskräftigen Kunden müssen sich vom Basislager aus - theoretisch - selbst um die Besteigung kümmern, wobei allerdings vorbereitete Hochlager, Fixseile, Proviant, Sauerstoff und dergleichen Logistik vom Veranstalter gestellte, entgeltliche Hilfen sind. Gelegentlich kann man auch ein komplettes „Logistikpaket“ ohne Expeditionsleiter buchen. Von der Größe und vom Aufwand her kommen solche Expeditionen häufig den klassischen Großexpeditionen sehr nahe.

- **Kommerzielle Höhenbergfahrten („Expeditionen“) mit Gipfelführung**

Neben der obigen Form der Alpentouristik gibt es zahlungskräftige Interessenten, die einen Achtausender besteigen und sich dabei ohne Einschränkungen

auf die Begleitung von Bergführern verlassen wollen. Oft sind diese Kunden keine Bergsteiger, wobei es zumindest umstritten ist, ob eine verantwortungsvolle Führung eines Bergführer-Gastes im Achttausenderbereich überhaupt möglich ist.

Die Entwicklung des Höhentourismus

Der Reiz der Großen (2000 m bis 5500 m) und Extremen (5500 m bis zum *Everestgipfel*, 8848 m) Höhen ist enorm, ihre Anziehungskraft scheint ungebrochen: Weltweit, so schätzt die WHO, suchen jährlich etwa 40 Millionen Reisende Große und Extreme Höhen auf. Rund 420 Millionen Menschen leben ständig in Gebirgsregionen, mehr als 140 Millionen davon in Regionen oberhalb 2500 m sowie 25 Millionen in Höhen über 3500 m Seehöhe. Das bedeutet, dass mehr als 180 Millionen Menschen dem Höhenrisiko (Höhenkrankheit, Höhentod) ausgesetzt sind, und jedes Jahr werden es mehr.

Beispiel *Himalaya*: Die offizielle nepalesische Statistik verzeichnet jährlich knapp eine halbe Million Auslandstouristen und beziffert den Anteil an Höhentouristen (Höhentrekker, Höhenbergsteiger) mit rund 70 Prozent, das wären immerhin 350.000 Personen pro Jahr.

Zwischen Großen und Extremen Höhen liegen ebenso Welten wie zwischen dem *Höhentrekking* und dem *Höhenbergsteigen*. Dennoch boomt beides, und der Trend ist ungebrochen: Der Höhentourismus in Nepal, dem Mekka des Höhenbergsteigens, hat allein von 1982 (rund 24.000) bis 1994 (rund 77.000) um 330 Prozent und von 1994 bis 2010 (rund 350.000) sogar um 450 Prozent zugenommen, und dies trotz jahrelanger bürgerkriegsähnlicher Unruhen in diesem Land. Das bedeutet zwischen 1982 und 2010 eine Zunahme um das 14-fache.

1998 wälzten sich 20.014 Trekkingtouristen durch die *Everest-Region*, zwei Jahre später (2000) waren es bereits 25.291 - das bedeutet eine Steigerung von 26 Prozent. Auf dem beliebten, weil weniger hohen *Annapurna-Trek*, der wohl am häufigsten begangenen Höhentrekkingroute der Welt, sind etwa dreimal so viele Touristen unterwegs. Mehr als 30.000 (nach anderen Angaben ca. 60.000) Menschen berennen alljährlich den 5895 m hohen *Kilimandscharo*, wovon allerdings nur 66 Prozent (die Nationalparkverwaltung sagt: 10 bis 20 Prozent) den Gipfel erreichen.

Everest – Spielplatz der Eitelkeiten?

Der Höchste ist wie immer auch der Begehrteste: Am *Mount Everest* existieren zurzeit 15 verschiedene Aufstiegsrouten. Sein Gipfel wurde in der Zeit von Mai 1953 bis April 2013 insgesamt 6182 mal bestiegen. 155 Personen erreichten den Gipfel ohne Flaschensauerstoff. Insgesamt haben bis dato 233 Menschen (nach einer etwas weniger zuverlässigen nepalesischen Quelle bis Ende 2014 250) den Drang zum Allerhöchsten mit dem Leben bezahlt. Der Berg geriet zumindest zwei Mal weltweit in die Schlagzeilen: 1953 durch die Erstbesteigung und 1996 durch 13 Tote im Gipfelorkan innerhalb weniger Stunden. In den 48 Jahren zwischen 1921 und 1969 gab es insgesamt nur 29 Expeditionen auf den *Everest*, in den Siebziger Jahren waren es bereits 27 und in den Achtziger Jahren 144. Allein im Jahr 1993, 40 Jahre nach der Erstbesteigung, machten sich 15 Expeditionen mit insgesamt 294 Teilnehmern zum *Everestgipfel* auf. Am 23. Mai 2001 erreichten in einem Massenansturm 88 Personen den Gipfel. Heute werden auf beiden Seiten des Berges pro Saison bis zu 300 Expeditionsgruppen mit insgesamt rund 6000 Teilnehmern gezählt. Bis 1999 sammelten sich übrigens an die 1.115 Tonnen Expeditionsmüll an diesem Berg an.

1998 stand erstmals auch ein Beinamputierter am Gipfel, und der von Tuborg vermarktete *Kaji Sherpa* lief vom Basislager aus in 18 Stunden auf den Gipfel und zurück. Im Jahr darauf, 46 Jahre nach der Erstbesteigung, stieg der *Sherpa Babu Chiri* in 17 Stunden von Süden zum Gipfel und harrte dort anschließend ohne Sauerstoff fast 24 Stunden aus. Im Mai 2005 verbesserte der Österreicher *Christian Stangl* diesen Aufstiegsrekord auf 16 Stunden und 42 Minuten – ohne Sauerstoff vom Basislager zum Gipfel.

Im Mai 2010 stand ein 47-jähriger Sherpa aus Thame bereits zum 20. Mal auf dem Gipfel des *Everest*, viermal davon ohne Sauerstoff. Ein anderer, 40-jähriger Sherpa brach im Vormonsun 2010 den Geschwindigkeitsrekord, indem er vom nepalesischen Basislager (5400 m) zum Gipfel in 10 Stunden, 56 Minuten und 46 Sekunden „lief“, allerdings mit Sauerstoff. Übrigens: Keiner der zahlreichen medizinischen Tests brachte irgendwelche physiologischen Besonderheiten dieser beiden Sherpas zu Tage.

Im Mai 2001 bestieg der erste Blinde, der Amerikaner Erik Weihenmayer, den *Everest*. Ein Franzose flog 1988 mit dem Gleitschirm herunter. Skiabfahrten nach Norden und nach Süden folgten ebenso wie im Mai 2001 eine Abfahrt vom Gipfel mit dem Snowboard. Da hat es oft den Anschein,

dass hemmungslose Gier nach Publicity, käuflichem Thrill und Abenteuer aus zweiter Hand die Szene dominieren.

Mittlerweile werden alle Achttausender im Reisebüro-Katalog angeboten. Denn auch alle anderen Achttausender bleiben vom Abenteuer Tourismus nicht verschont: Um den Gipfel des *Cho Oyu* beispielsweise stritten sich in der Herbstsaison 2010 ganze 36 Teams mit fast 700 Teilnehmern. Zur selben Zeit waren auf der 6.865 m hohen *Ama Dablan* nicht weniger als 27 Besteigungsteams tätig.

Bis 2006 erreichten 8.184 Personen einen Achttausender-Gipfel. Dabei starben insgesamt 668 Personen (8,2 %), knapp 200 davon an einem Höhenödem.

Erhöht der kommerzialisierte Höhentourismus die Risiken in der Todeszone?

Der Tourismus in die Hochgebirge unserer Erde boomt also trotz wirtschaftlicher und politischer Probleme wie nie zuvor. Der Drang zum Machbaren um jeden Preis fördert dabei die Erwartung, dass die Risiken durch ein bequemes „Sicherheitsnetz“ kompensierbar sein müssen. Sogar Medikamentenmissbrauch nimmt überhand, um den begehrten Gipfel auf alle Fälle zu erreichen. Entsprechende Tragödien, so wird kolportiert, sind beim kommerzialisierten Höhentourismus nahezu unvermeidlich und daher seit Jahren zunehmend an der Tagesordnung.

Der kritische Beobachter kommt allerdings nicht umhin, seriös zu hinterfragen: Klafft die Schere zwischen Risiko und Sicherheit wirklich immer bedrohlicher auseinander, wird das Höhenbergsteigen tatsächlich immer gefährlicher, wie uns in den Medien der auch von prominenten Alpinisten immer wieder suggeriert wird? Sind die kommerziellen Expeditionen wirklich verantwortlich für eine angeblich erhebliche Zunahme der Todesfälle an den höchsten Bergen der Welt?

Betrachtet man diesen Aspekt an Hand der existenten Daten nämlich näher, tritt Erstaunliches zu Tage, beispielsweise am *Everest*: Im Vormonsun 2012 jagten fast täglich Meldungen von diversen Rekorden über Besteigungen dieses Berges um die Welt. So standen am 19.Mai insgesamt 214 Menschen am Gipfel des *Everest*. Großes Aufsehen erregte das von *Ralf Dujmovits* aufgenommene Bild von Bergsteigern in der *Lhotseflanke*, eine offensichtlich

nicht enden wollende Kette von Menschen, aufgereiht an einem einzigen Fixseil, alle das Ziel *Everest* vor Augen. Damit seien, so manche zeitgenössischen Kommentare, Todesfälle geradezu vorprogrammiert. Den tödlichen Unfall eines deutschen Arztes kommentierte beispielsweise *Reinhold Messner* im deutschen Fernsehen mit der Aussage: *Solange jede 73jährige Oma den Everest besteigt, werden sich solche Tragödien wiederholen.*

Doch wie sehen nun die Fakten 60 Jahre nach der Erstbesteigung des *Everest* aus? Nach den Statistiken von *E. Jurgalski* und *E. Hawley* verzeichnete der *Everest* in der Zeit von Mai 1953 bis April 2013 insgesamt 6182 erfolgreiche Besteigungen. Im selben Zeitraum ereigneten sich am *Everest* aber auch 233 tödliche Unfälle. Dies entspricht über den gesamten Zeitraum von 60 Jahren einer Todesrate von lediglich 3,77 Prozent - eine unglaublich niedrige Zahl für den höchsten Berg der Erde.

Im selben Zeitraum von 60 Jahren erreichten übrigens 155 Alpinisten den Gipfel ohne Zuhilfenahme von künstlichem Sauerstoff, was einer Quote von 2,5 % entspricht. Ganz überwiegend waren dies aber keine Europäer sondern, wie nicht anders zu erwarten, Sherpas. Soweit die Gesamtstatistik aller erfolgreichen Besteigungen und aller Todesfälle.

Wie sieht es nun aber aus mit der angeblichen Zunahme der tödlichen Unfälle bei kommerziellen Expeditionen? Auch hier zeigen uns die Statistiken ganz eindeutige Resultate: Aus der Zeit der so genannten nicht-kommerziellen Expeditionen, als noch keine Bergführer am Berg mit Kunden unterwegs waren, also aus den Jahren 1980 – 1989, ergibt sich folgendes Bild:

Es erreichten in diesem Zeitraum lediglich 182 Alpinisten den Gipfel. 59 Menschen sind am Berg verstorben. Dies entspricht einer Todesrate von 32.4 (!) Prozent. Damals kam also fast ein Drittel aller Bergsteiger am *Everest* ums Leben! Oder, anders ausgedrückt: von drei Alpinisten kam einer nicht mehr vom Berg zurück.

Und nun die Daten aus der Ära der so genannten kommerziellen Expeditionen: Als diverse Anbieter mit immer neuen Gästen versuchten, den *Everest* zu besteigen, mussten sie auch ihre Sicherheitskonzepte überdenken, wollten sie dort weiterhin erfolgreich ihr Geld verdienen. So konnten in den Jahren von 1999 - 2008 insgesamt 2943 erfolgreiche Besteigungen verzeichnet werden. Im selben Zeitraum gab es „nur“ 45 Todesfälle. Dies entspricht einer erstaunlichen Quote von lediglich 1,52 Prozent.

Was bleibt also von der vermeintlichen Zunahme tödlicher Unfälle am *Everest* und an anderen hohen Bergen der Welt im Zusammenhang mit kommerziellen Unternehmungen? Man kann klar feststellen: seit ihrem Aufkommen konnte die Quote der tödlichen Unfälle von einem Drittel auf 1,5 Prozent gesenkt werden. Natürlich handelt es sich hier um multifaktorielle Ereignisse. In gegebenen Zeitraum hat sich allerdings vieles am Berg geändert bzw. eindeutig verbessert, zum Beispiel:

- Logistik durch dafür spezialisierte Sherpas
- Verbesserung der Sauerstoffmasken und -geräte
- Gewichtsreduktion der Ausrüstung
- Entwicklung funktioneller Ausrüstung
- Anwesenheit von speziell ausgebildeten Ärzten
- Fortentwicklung des höhenmedizinischer Wissens

Tatsache aber bleibt: Seitdem kommerzielle Anbieter am Berg unterwegs sind, sank die Todesrate im Vergleich zu vorher massiv und entgegen von Medien kolportierten Katastrophenmeldungen. Wenn man zudem die Unfallberichte aufmerksam verfolgt, stellt sich häufig heraus, dass es bei Notfällen in der Regel gerade die kommerziellen Teams sind, die in der Lage sind, vor Ort Hilfe zu leisten.

10. Medizinische Betreuung beim Höhentrekking und Höhenbergsteigen

Angesichts der geschilderten Risikosituation stellt sich die Frage: Besteht beim Höhentrekking und beim Höhenbergsteigen die Notwendigkeit eines Begleitarztes oder genügt die Betreuung durch einen kundigen Laien?

Begleitarzt oder kundiger Laienhelfer?

Als Teilnehmer an Trekkingtouren oder auf Hochgebirgsunternehmungen sind bergsteigende Ärzte grundsätzlich immer willkommen. Damit beginnen aber meist schon schwerwiegende Missverständnisse bezüglich der Funktion des Begleitarztes und der Erwartungen des Publikums.

Die Kehrseite der Medaille kann unerfahrene Ärzte nämlich unversehens in böse Fallen tappen lassen: Ärzte sind bei Veranstaltern zwar sehr begehrt, aber nicht so sehr aus Sorge um die Gesundheit, sondern vielmehr, um ängstliche Interessenten zur Buchung zu animieren. „*Why do operators hire a physician? The simple answer is to please the clients.*“ bemerkt der erfahrene amerikanische Expeditionsarzt *Robert Herr* ebenso trocken wie treffend. Ärztliche Betreuung vor Ort wird nämlich von manchen kommerziellen Veranstaltern als ein wesentlicher Teil eines trügerischen „Sicherheitsnetzes“ im Sinne einer heute sehr weit verbreiteten Vollkasko mentalität suggeriert. Eine „Sicherheit“, die es in den Bergen der Welt natürlich so nie geben kann.

Auch mit dem Engagement eines Arztes sind in der Regel ziemlich **überzogene Vorstellungen** verknüpft: Trekkingtouristen bzw. Höhenbergsteiger erwarten sich nämlich von ihrem Begleitarzt, bei sämtlichen gesundheitlichen Eventualitäten ausreichend und natürlich nach Standards versorgt zu sein, so wie sie es von zuhause gewohnt sind. Und in der Annahme, nun auf eine eigene Vorsorge (etwa Eignungsuntersuchungen, Impfungen, Reiseapotheke usw.) getrost verzichten zu können. Der Trekking/Expeditionsarzt ist zudem kostenlos rund um die Uhr verfügbar, ersetzt Hausarzt, Facharzt, Krankenhaus und vielleicht sogar eine ausreichende Akklimatisation - „*Wenn etwas schief läuft, ist ja ein Arzt dabei*“. Dass derart hochgesteckte Erwartungen naturgemäß oft unerfüllbar sind, wird in der Regel eben erst dann dramatisch evident, wenn etwas „*schief läuft*“.

Gesundheitsrisiken im Höhentourismus

Die Notwendigkeit einer qualifizierten medizinischen Betreuung ergibt sich heute vor allem aus drei wesentlichen Aspekten:

1. Zunehmender Trend zum Höhentourismus

Der Trend zum Höhentrekking und zum Höhenbergsteigen ist ungebrochen: Der Höhentourismus hat etwa im Himalayakönigreich *Nepal*, dem Mekka des Höhenbergsteigens, allein in den 34 Jahren von 1982 (rund 24.000) bis 2014 (rund 200.000) um 833 (!) Prozent zugenommen. 2014 wurden allein in der *Everest-Region* an die 33.000 Trekker gezählt, in *Nepal* insgesamt rund 200.000. Bergreisen nach *Ostafrika* oder in die *Anden* weisen zurzeit wieder derart explosionsartige Zuwachsraten auf, dass die touristische Infrastruktur gelegentlich zusammenbricht. Selbst kommerziell angebotene Achttausenderbesteigungen sind längst in Mode gekommen.

2. Erkrankungs- und Todesrisiken

Das **Risiko**, beim Höhenbergsteigen eine gesundheitliche Schädigung oder gar den Tod zu erleiden, ist zwischen Höhentrekking und Höhenbergsteigen unterschiedlich: Beim **Höhentrekking** ist die statistische Todesfallrate mit 0.015 % sogar erstaunlich gering (15 auf 100.000 Personen), wobei tödliche Traumen vier mal häufiger geschehen als Fälle von Höhentod (13 % aller Todesfälle). Auf 30.000 Trekkingtouristen in Nepal kommt ein Fall von Höhentod.

Während beim Höhentrekking, das sich überwiegend in Höhen unter 5500 m abspielt, die statistische Mortalität nur 0.01 % beträgt, liegt die Erkrankungs- bzw. Verletzungsrate beim **Höhenbergsteigen** bei rund 25 %, und die Mortalität ist mit etwa 3 % 300 mal höher als beim Trekking. An den höchsten Achttausendern starben in manchen Jahren rund ein Viertel der Gipfelbezwinger. *If I want the ultimate thrill I've got to be willing to pay the ultimate price.*

Neben **Unfällen, allgemeinen Gesundheitsstörungen** und **reisetyppischen Erkrankungen** stehen einige **höhentypische Gesundheitsstörungen** im Vordergrund. Hypoxie kann dabei nicht nur zu den verschiedenen Formen der Höhenkrankheit führen, sondern auch indirekt gefährlich werden, und zwar vor allem durch ein erhöhtes Risiko von **Kälteschäden, Thrombosen bzw. Thrombembolien**. Weiters muss man davon ausgehen, dass es in erster Linie hypoxiebedingte zentralnervöse Fehlleistungen bzw. Ausfallserscheinungen sind, die beim Höhenbergsteigen das Risiko erhöhen.

3. Mangelhafte bzw. fehlende Rettungs- und Gesundheitssysteme

Mit dem weltweit gültigen Ticket der Reiseversicherung bzw. der heimischen Flugambulanz in der Tasche und mit dem Satellitentelefon im Basislager wird unterschwellig suggeriert, dass es so wie zuhause auch im Zielland ähnliche oder doch zumindest irgendwelche funktionsfähige Notfallsysteme gäbe.

Die Realität ist ernüchternd, wie wiederum das Beispiel **Nepal** zeigt: Es gibt im gesamten Land weder eine **Bergrettungsorganisation** noch einen notfallmedizinisch ausgestatteten oder für schwierige Bergungen technisch geeigneten **Rettungshubschrauber**. Zwar wurden in den Bergen etliche Hubschrauberlandeplätze markiert. Irgendwelche kommerziellen Helikopter erscheinen aber, wenn überhaupt, meist erst nach Tagen und nur bei vorheriger, in *Kathmandu* deponierter Bezahlungsgarantie, landen nur bis maximal etwa 6000 m Seehöhe und sind nicht für einen ärztlich betreuten Transport Schwerverletzter oder bedrohlich erkrankter Personen ausgestattet.

Individualtouristen haben meist nur dann eine Chance auf eine Helikopter-evakuierung, wenn diese von der eigenen Botschaft in *Kathmandu* organisiert wird (falls eine solche dort überhaupt existiert). Die daraus resultierenden Zeitverzögerungen sind natürlich beträchtlich. Dazu kommt eine unfähige, bornierte und extrem korrupte Bürokratie, die an Rettungs- oder Suchaktionen grundsätzlich völlig desinteressiert ist.

Mittlerweile haben sich Helikopter-Evakuierungen in *Nepal* zu einem profitablen Geschäft mit bedenklichen Auswüchsen entwickelt: Ein Helikopter-Transport aus der *Everest-Region* kostet derzeit zwischen US \$ 5000 und 8000, und Flüge aus entlegeneren Gebieten sind bis zu dreimal so teuer. Helikopter-unternehmungen zahlen verlässlichen Quellen zufolge an einheimische Führer und Agenturen eine Provision von rund US \$ 500 pro Anforderung. Es werden daher zunehmend Fälle bekannt, in denen Trekkingtouristen von ihren einheimischen Begleitern zu besonders schnellen Anstiegen veranlasst wurden, um bei der dann meist auftretenden Höhenkrankheit am Helikoptereinsatz mitverdienen zu können.

Nirgendwo in ganz *Nepal* (einschließlich *Kathmandu*) gibt es schließlich ein entsprechendes **Zielkrankenhaus** mit einer auch nur einigermaßen modernen Notfallversorgung oder gar mit modernen Intensivbetten. Selbst das „beste“ Krankenhaus der Hauptstadt befindet sich diesbezüglich aus unserer Sicht in einem geradezu erbärmlichen Zustand.

Ähnliche Verhältnisse trifft man heute nicht nur in ganz **Asien**, sondern auch in **Afrika** und in den **südamerikanischen Anden** an. Während sich die touristischen Infrastrukturen in diesen ärmsten Ländern der Erde von Jahr zu Jahr ausweiten, schlittern die Versorgungsmöglichkeiten bei Bergnot, Verletzungen oder Erkrankungen weltweit immer mehr dem Abgrund zu. Aber wer weiß das schon, wenn er sein Trekking oder seine Höhentour aus bunten Prospekten heraus im Reisebüro bucht?

Rettung aus Extremen Höhen

In den abgelegenen Hochgebirgen der Erde bedeuten Verletzungen und Erkrankungen sowie damit verbundene, natürlich ohne fremde Hilfe durchgeführte **Rettungseinsätze** manchmal kaum bewältigbare Schwierigkeiten. Gerade in den Extremen Höhen muss als ungeschriebener Standard akzeptiert werden, dass dort Rettungseinsätze und medizinische Hilfe bei Notfällen kaum machbar sind.

Freilich gab es in der Vergangenheit vereinzelte Beispiele dafür, dass beim Zusammentreffen besonders glücklicher Umstände Hilfe und Rettung möglich sein können, wenn auch unter unglaublichen Strapazen und enormen Risiken: Die spektakuläre Bergung des österreichischen Arztes *Dr. Gerd Judmaier* aus der *Nordwand des Mount Kenia* im September 1970 (offener Unterschenkelbruch unterhalb des Gipfels), das unglaubliche Martyrium des Briten *Doug Scott* im Juli 1977 am *Ogre* im Karakorum (unterhalb des Gipfels beide Beine gebrochen), der legendäre Rückzug des Briten *Joe Simpson* im Juni 1985 aus der Westwand des *Siula Grande* in den *peruanischen Anden* (Kniezerschmetterung), der beispiellose, 43 tägige Überlebenskampf des 1992 im Hochwinter im nepalesischen *Himalaya* verirrt Australiers *James Scott* oder die Bergung von fünf schwer höhenkranken Bergsteigern durch die Gruppe um *Dave Hahn* im Jahre 2001 am Everest aus 8700 m Höhe sind jedoch ebenso Ausnahmefälle wie die Rettungsaktionen durch das Team um *Stefan Gatt* am *Cho Oyu* 1996 und durch *Horst Fankhauser*, ebenfalls am *Cho Oyu*, 1998.

Der Regelfall sieht ganz anders aus. Dem engagierten Helfer (ob Arzt oder Laie) erwächst aus diesen sehr eingeschränkten Möglichkeiten bei Notfällen in Großen und Extremen Höhen eine enorme Bedeutung, aber auch ein beträchtliches Dilemma. Denn der medizinischen Hilfeleistung sind dort oben stets äußerst enge Grenzen gesetzt, und bei Bergung oder Abtransport kann meist mit keinerlei fremder Hilfe gerechnet werden.

Der zunehmende Reisetrend in außereuropäische Hochgebirge ohne entsprechende Rettungs- und Gesundheitsstruktur ist mit gesundheitlichen Risiken verbunden, die weitgehend unterschätzt werden. Ein wirksames gesundheitliches „Sicherheitsnetz“ existiert außerhalb von *Europa* und Teilen *Nordamerikas* nirgendwo auf der Welt, auch wenn es uns das Reisebüro unter dem trügerischen Hinweis auf Flugambulanz-Rückholdienste glauben machen will.

Medizinische Betreuung der einheimischen Bevölkerung

Früher war es für einen Expeditionsarzt üblich, am Anmarsch zum Berg auch Patienten aus der Bevölkerung medizinisch mitzubetreuen, da in abgelegenen Gebirgsregionen in der Regel kein Zugang zu ärztlicher Hilfe bestand. Wir selbst haben das immer als eine selbstverständliche moralische Verpflichtung angesehen, schon allein als Geste des Dankes und des Respektes gegenüber den Bewohnern des Gastlandes. Auch waren örtliche medizinische Einrichtungen sehr dankbar dafür, wenn man ihnen am Ende der Tour Medikamente und medizinisches Material zurück gelassen hat. Man musste nur sicherstellen, dass der Empfänger der milden Gaben diese später auch wirklich kostenlos an die Bevölkerung weitergibt. In nicht wenigen medizinischen Außenposten und Krankenhäusern der Dritten Welt werden nämlich mit medizinischen Sachspenden hinter dem Rücken der wohlmeinenden Spender schamlose Geschäfte gemacht.

Die Situation der gesundheitlichen Versorgung der einheimischen Bevölkerung hat sich aber mittlerweile in etlichen Hochgebirgsregionen grundlegend geändert. In vielen Gegenden Nepals wird beispielsweise mit großem Engagement ein für die Bevölkerung gut funktionierendes Netz von Gesundheitseinrichtungen (*sog. „Local Health Posts“*) aufgebaut. Diese Basis-einrichtungen sind nicht nur medizinisch, sondern auch logistisch gut auf die lokalen Erfordernisse der Einheimischen ausgerichtet.

Unter diesen Bedingungen ist die Vorstellung heute irrig und überdies auch reichlich arrogant, wenn man glaubt, als europäischer Trekkingarzt sei man quasi medizinisch überlegen und müsse daher sein segensreiches Wirken auch der einheimischen Bevölkerung, die angeblich „*sonst nie einen richtigen Arzt zu Gesicht bekommt*“, zugute kommen lassen. Man hat aber in der Regel keine Ahnung von den spezifischen gesundheitlichen Problemen, Erkrankungen und Therapien, es bestehen sprachliche Kommunikationsbarrieren, und selbst ist man anderntags meist wieder über alle Berge. Man

wird also oft mehr Schaden als Nutzen bereiten. Überdies kommt man (z.B. in Nepal) rasch in Konflikt mit dem Gesetz, wenn man im Gastland nicht approbiert ist.

Medizinische Ausrüstung für Höhentrekking und Höhenbergsteigen

Die Zusammensetzung der medizinischen Ausrüstung auf Trekkingreisen hängt ganz *von der Art, dem Charakter sowie der Teilnehmerstruktur* der außeralpinen Unternehmung und nicht zuletzt auch *von der persönlichen Erfahrung des Helfers* ab – ob Arzt oder Laie. Die folgende Checkliste kann daher nur als Orientierungshilfe bei der Zusammenstellung einer medizinischen Trekkingausrüstung dienen. **Man sollte immer nur die Ausrüstung mit sich führen, mit der man auch umgehen kann.**

Bei unseren Vorschlägen für die medizinische Ausrüstung auf Trekkingfahrten und Höhenbergfahrten haben wir, mit wenigen Ausnahmen, auf die Nennung konkreter Medikamente bzw. Produkte verzichtet, und zwar nicht nur deshalb, weil es pittoreske Namensunterschiede in den deutschsprachigen Ländern gibt, sondern weil bei der individuellen Zusammensetzung der Ausrüstung vornehmlich die persönliche Erfahrung einfließen sollte.

Höhenspezifische Medikamente und ihre Anwendungsmöglichkeiten sind in den entsprechenden Abschnitten dieses Handbuches beschrieben.

Einerseits soll man weitab jeder Fremdhilfe, also ganz auf sich allein gestellt, für jeden nur denkbaren Zwischenfall gewappnet sein, was aber andererseits schon allein aus Gewichtsgründen undurchführbar ist. Dazu kommt, dass *wichtige Ausrüstungsteile mindestens doppelt* mitgeführt und die einzelnen Einheiten später schwerpunktmäßig auf Basislager und Hochlager verteilt werden müssen. Schließlich benötigt man eigene Versorgungseinheiten für den Anmarsch. Daraus resultiert natürlich stets eine Kompromisslösung, die sich aus dem jeweiligen, ganz individuellen Expeditionscharakter ergibt.

Als **Rahmenbedingungen** zur Erstellung der medizinischen Expeditionsausrüstung müssen folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- Anzahl der Teilnehmer?
- Anzahl der Träger bzw. Hochträger?
- Gesamtdauer der Höhenbergfahrt?
- Dauer und Charakter des Anmarsches?

- Aufenthaltsdauer im Basislager?
- Risikocharakter der geplanten Besteigung(en)?
- Geplante Anzahl der Hochlager?
- Welche Bergungsmöglichkeiten bestehen?
- Wenn Hubschrauberbergung möglich, wie lange dauert das?
- Qualität des nächsten Krankenhauses?
- Besteht die Möglichkeit eines raschen Heimtransports?

Alles muss natürlich bereits zu Hause zusammengetragen, auf die definitiven Einheiten verteilt und verpackt sowie schließlich in die einzelnen Traglastbehälter verstaut werden. Für diese mühselige Arbeit benötigt man einen *Lagerraum*, eine Waage und eine entsprechende Anzahl *Traglastbehälter* (*Container, Alukisten*).

Bezüglich Medikamenten existieren in den meisten Zielländern grundsätzlich strenge **Ein- und Ausfuhrbestimmungen**. Zwar wird die vorübergehende Einfuhr eines medizinischen Expeditionsgepäcks in der Regel akzeptiert, wenn *detaillierte Inhaltslisten (in englischer Sprache)* vorgelegt werden. Dabei ist allerdings zu beachten, dass *Suchtgifte* (z.B. Morphine und Opiate) legal oft überhaupt nicht eingeführt werden dürften, es sei denn, sie werden gesondert deklariert.

Ein Mitglied der Gruppe fungiert – ob Arzt oder Laie – als „Expeditionsarzt“ und führt immer, auf Schritt und Tritt, eine Erste-Hilfe-Tasche mit sich.

Inhalt der Erste-Hilfe-Tasche (Notfalltasche):

Medikamente gegen: *Akute Höhenkrankheit (Ibuprofen, Naproxen, Dexamethason, Nifedipin), Erschöpfung und akute Allergie (Kortikosteroide), Schmerzen (Ibuprofen, Naproxen), Astmaanfall, Höhenhusten, Schlafstörungen (Azetazolamid).*

2 Dreiecktücher, 1 Elastische Binde, Wundpflaster, Verbandmull, elastische Haftklebebinde, Salbengaze, 1 Leukoplastrolle, unsterile Einmalhandschuhe, Schere, Pulsoxymeter, Kälteschutzfolien.

Inhalt der Trekking/Expeditionsapotheke

Medikamente gegen

- *Akute Höhenkrankheit (Ibuprofen, Naproxen, Dexamethason, Nifedipin)*
- *Schlafstörungen (Acetazolamid, Benzodiazepine)*
- *Thrombosen, Thrombembolien (Niedermolekulare Heparine)*
- *Schmerzen aller Art*
- *Durchfall, Erbrechen, Verstopfung, Blähungen*
- *Magenerkrankungen*
- *Husten, Schnupfen, Halsschmerzen*
- *Gehörgangserkrankungen*
- *bakterielle Entzündungen (Antibiotika, s.u.)*
- *Insektenstiche, Hautparasiten*
- *Sonnenbrand*
- *Fieberblasen*
- *Lokale Infektionen (Zugsalbe, Jodsalbe)*

Verbandmaterial

- *Mehrere Dreiecktücher*
- *Elastische Binden in verschiedenen Breiten*
- *Wundpflaster in verschiedenen Größen*
- *Schnellverbände in verschiedenen Größen*
- *Salbengaze, Wundauflagen (Verbandmull)*
- *Hautdesinfektionsmittel*
- *Elastische Haftklebebinden*
- *Leukoplastrollen in verschiedenen Breiten*

Sonstiges

- *Kälteschutzfolien*
- *COMPEED-Wundfolien*
- *Schienenmaterial (SAM-SPLINT)*
- *Schere*
- *Fremdkörperpinzette*
- *Zahnmedizinisches Notfallset (z.B. „Dentanurse“)*
- *Einmalhandschuhe*
- *Fieberthermometer*
- *Eine 1.000-Liter-Sauerstoffflasche mit Manometer, Flow-Anzeige und Atmungs Maske oder Überdrucksack*
- *Medizinisches Tagebuch zur Dokumentation*

Fachwörterregister

AMS (Acute Mountain Sickness)	Akute Bergkrankheit
HAPE (High Altitude Pulmonary Edema)	Höhenlungenödem
HACE (High Altitude Cerebral Edema)	Höhenhirnödem
aerob	mit Sauerstoffzufuhr (Stoffwechsel)
anaerob	ohne Sauerstoffzufuhr (Stoffwechsel)
Anamnese	Krankheitsgeschichte
Apathie	Teilnahmslosigkeit
Apnoe	Atemstillstand
Ataxie	Bewegungs-, Gleichgewichtsstörung
Ätiologie	Krankheitsursache
auskultatorisch	mit dem »Hörrohr« (Stethoskop) feststellbar
Beinvenenthrombose	Verstopfung der Beinvenen
cerebral (zerebral)	das Gehirn betreffend
Dehydratation, Dehydrierung	Flüssigkeitsmangel, Flüssigkeitsverlust
Diarrhoe	dünflüssiger Durchfall
Differenzialdiagnose	alternative Diagnose
Diurese	vermehrte Urinausscheidung
Dyspnoe	subjektives Gefühl der Atemnot
endexpiratorisch	am Ende der Ausatmung
Geweboxygenierung	Sauerstoffversorgung von Körpergeweben
Hämoglobin	roter Bluttransporteur, an den der Sauerstoff gebunden ist
Hämatokrit	Prozent der Blutzellen zum Gesamtblutvolumen
Hämokonzentration	Bluteindickung
Hämokonzentrationspolyglobulie	Bluteindickung durch Flüssigkeitsverlust
Höhendiurese	Vermehrtes Urinieren in der Höhe
Höhenpolyglobulie	Zunahme der roten Blutkörperchen im Blut
HVR	Hypoxic Ventilatory Response, Atemantwort auf Hypoxie
Hyperventilation	gesteigerte Lungenbelüftung
Hypobarie	verminderter Barometerdruck
Hypohydrierung	Flüssigkeitsmangel

Hypoxämie	verminderter Sauerstoffgehalt im Blut
Hypoxie	verminderter Sauerstoffgehalt
Intermittierende Hypoxie	Mehrere Sauerstoffmangelsitzungen in Serie
interstitiell	im Zwischenzellraum befindlich
Inzidenz	Häufigkeit
Kapillare	Endstrombahn der Blutgefäße
Katecholamine	Botenstoffe im Blut u.a aus Nebennierenmark
KHK	Herzkranzgefäßerkrankung
komatös	bewusstlos
Laktat	Milchsäure, Produkt des anaeroben Stoffwechsels
Latenz	Verzögerung
Leitsymptom	Führendes Symptom einer Krankheit
Letalität	Sterblichkeit
Lungenembolie	Verstopfung der Lungenarterien
meningeal	die Hirnhaut betreffend
metabolisch	durch Stoffwechselvorgänge bedingt
Mikrozirkulation	Blutzirkulation in den Kapillaren (Endstrombahnen)
nichttraumatisch	nicht durch Verletzungen bedingt
Ödem	Flüssigkeitseinlagerung
Orthostase	aufrechtes Stehen mit Blutversacken
Oxygenierung	Sauerstoffversorgung
Papille	Bereich des Sehnerveneintritts in die Netzhaut
pathophysiologisch	krankhafte Funktionsabläufe betreffend
physiologisch	natürliche Funktionsabläufe betreffend
Plasmavolumen	flüssiger Blutanteil
Polyglobulie	viele rote Blutkörperchen
Polyurie	gesteigertes Harnvolumen
pulmonal	die Lunge betreffend
radiologisch	im Röntgenbild sichtbar
Rebound Effekt	Wiederauftreten
respiratorisch	durch Atemtätigkeit bedingt
Respiratorischer Quotient	Verhältnis CO ₂ Bildung zum Sauerstoffverbrauch
Retina	Augennetzhaut
SaO ₂	arterielle Sauerstoffsättigung

somnolent	schläfrig
Symptom	Krankheitszeichen
Syndrom	Symptomengruppe
Steady State	Fließgleichgewicht
Tachycardie	schneller Herzschlag
Tachypnoe	schnelle Atmung
Terminologie	Bezeichnungssystem
Thrombembolie	fortgeschwemmte Thrombose mit folgender Verstopfung
Thrombose	Blutgefäßverstopfung
Varizen	Krampfadern
Ventilation	Lungenbelüftung
Viskosität	Zähigkeitsgrad einer Flüssigkeit
VO_{2max}	maximale Sauerstoffaufnahme
zerebral (cerebral)	das Gehirn betreffend
Zyanose	Blauverfärbung