

## Bergsteigen auf allen Kontinenten

### Teil 3: Medizinische Probleme in großen und extremen Höhen

Ulf Gieseler  
Speyer

Der dritte und abschließende Beitrag über das Bergsteigen auf allen Kontinenten informiert anhand der Literatur sowie meiner eigenen Erfahrungen an hohen Gipfeln wie dem Aconcagua, 6964 m, in Südamerika oder dem Cho Oyu, 8201 m, in Tibet über die Probleme in großen und extremen Höhen. Höhenerkrankungen lassen sich nicht gänzlich vermeiden. Aber mit einem entsprechenden Wissen und der Beachtung der Gesetzmäßigkeiten der Höhe muss niemand daran sterben. Dieser Beitrag vermittelt einen kurzen Überblick über Pathophysiologie sowie Diagnose und Therapie der wichtigsten Höhenerkrankungen AMS, HAPE und HACE.

Die höchsten 14 Gipfel – alle mehr als 8000 m hoch – liegen in Nepal, Pakistan und Tibet. Auf dem asiatischen Kontinent liegen alle Gipfel über 7000 m. Der höchste Gipfel außerhalb Asiens ist der fast 7000 m hohe Aconcagua in den Anden von Argentinien (Abb. 3).

Der erste bestiegene Achttausender war die im Westen Nepals gelegene Annapurna. Einer französischen Expedition gelang dies im Jahr 1950 unter der Leitung von Maurice Herzog. Schon im Jahr 1953 folgte die erste Besteigung des Mount Everest durch Tensing Norgay und Edmund Hillary. Bereits in den Jahren 1921 bis 1947 hatten mehrere britische Expeditionen dies versucht und waren sogar ohne Sauerstoff bis auf 8600 m gekommen. Eine legendäre Besteigung des Mount Everest machten Reinhold Messner und Peter Habeler am 8. Mai 1978. Sie erreichten den Gipfel ohne Sauerstoff – trotz größter Bedenken von Physiologen und Ärzten weltweit, die ihr Vorhaben für schlicht unmöglich hielten und den Alpinisten schwerste zerebrale Schäden prognostizierten. Nach ihrem Erfolg schickten beide ihrem größten Kritiker, dem damaligen Chef der Innsbrucker Physiologie, eine Postkarte: „Allen Unkenrufens zum Trotz, wir sind noch bei Trost.“

#### Die Höhenstufen

Mit zunehmender Höhe nimmt der Luftdruck nicht linear sondern exponentiell ab; um etwa

die Hälfte pro 5,5 km Höhe. Menschen müssen sich ab einer Höhe von 2500 m akklimatisieren, wenn sie sich dort länger aufhalten wollen. Für die Anpassung zählen immer die Schlafhöhen, ein kurzer Auf- und Abstieg auf 3000 m ist natürlich auch ohne vorherige Akklimatisation möglich. Die Höhenstufen sind eingeteilt in:

- Mittlere Höhe, 0–3000 m, die menschliche Schwellenhöhe liegt bei 2500 m.
- Große Höhe, 3000–5000 m, vollständige Akklimatisation ist möglich.
- Sehr große Höhe, 5000–7500 m, nur noch unvollständige Anpassung des Körpers durch weitere Steigerung der Ventilation möglich.
- Todeszone, über 7500 m, akuter Kräfteverfall, sogenannte Deterioration. Oberhalb von 8000 m ist nur noch ein Aufenthalt über wenige Stunden möglich.

In den mittleren Höhen unserer Alpen hat man eine sehr gute Infrastruktur durch bewirtschaftete Hütten mit Übernachtungsmöglichkeit. Das Risiko einer Höhenerkrankung ist sehr gering. Bei einer Übernachtung auf 3000 m können bei empfindlichen Menschen schon Symptome einer Erkrankung auftreten.

Die meisten Bergwanderer sind in mittleren Höhen unterwegs. Ambitionierte Trekkingtouristen und Expeditionsbergsteiger, die sich in großen und sehr großen Höhen bewegen, müssen sich anpassen, da sich die Physiologie verändert.

#### Physiologische Veränderungen in der Höhe

Die schnellste und wesentlichste Veränderung in Hypoxie ist die Zunahme der Atemfrequenz über eine Stimulation der Chemorezeptoren am Glomus Caroticum und des Atemzentrums. Zeitgleich tritt eine durch den Sympathikus getriggerte Tachykardie auf. Man kann das leicht

Cho Oyu, 8201 m, Tibet.

nachvollziehen, wenn man in nicht akklimatisiertem Zustand mit einer Seilbahn auf 3000 m oder höher hinauffährt. Die Atemfrequenz erhöht sich nicht – wie immer wieder zu hören – durch die Abnahme des Sauerstoffgehalts in der Luft. Dieser bleibt bis in Höhen von mehr als 10 km konstant. Die Ursache ist vielmehr die Abnahme des Luftdrucks und damit des Sauerstoffpartialdrucks mit zunehmender Höhe.

Die Hyperventilation in Hypoxie führt zu einer respiratorischen Alkalose, die durch eine vermehrte Ausscheidung von Bikarbonat über die Nieren kompensiert wird.

Die physiologischen Abläufe im menschlichen Körper unter Hypoxie sind einerseits äußerst komplex und andererseits bis heute nicht in allen Details geklärt. Es gibt weiterführende Literatur, die auf die Abläufe detaillierter eingeht [1].

### Höhenerkrankungen

Biologische Prozesse, wie die physiologischen Abläufe im menschlichen Körper in hypoxischer Umgebung, benötigen Zeit. Da wir Menschen jedoch sehr unterschiedlich auf Hypoxie reagieren, ist es nicht verwunderlich, dass der Körper auf diese Stresssituation mit bestimmten Symptomen reagiert. Jeder, der für seine individuellen Verhältnisse zu schnell zu hoch aufsteigt und so seinem Körper nicht die erforderliche Zeit zur Akklimatisation gewährt, wird unweigerlich höhenkrank werden. Es handelt sich hierbei um akut auftretende gesundheitliche Störungen eines bis dahin gesunden Menschen.

Die wichtigsten Höhenerkrankungen sind:

- Akute Berg- oder auch Höhenkrankheit (AMS, acute mountain sickness)
- Höhenlungenödem (HAPE, high-altitude pulmonary edema)
- Höhenhirnödem (HACE, high-altitude cerebral edema)

### Akute Bergkrankheit

AMS ist eine Reaktion des Körpers auf die Höhe, die ab 2500 m auftreten kann und sich nach einer Latenzzeit von 6–24 Stunden durch diverse Symptome äußert. Sie tritt nicht nur in hoch gelegenen Regionen, sondern auch in unseren Alpen auf. Die Diagnose AMS ergibt sich aus der Kombination mehrerer Symptome. Einen speziellen Laborbefund oder andere technische Hilfsmittel existieren nicht. Wesentlich ist das Leitsymptom Kopfschmerz plus weiterer Beschwerden wie:

- Appetitlosigkeit
- Übelkeit, Brechreiz
- Schlaflosigkeit
- nächtliche Apnoephasen
- Tachykardie
- Schwindel

### Häufigkeit von AMS

Die Häufigkeit der AMS beträgt weltweit zwischen 30–50%. Sie ist abhängig von Schlafhöhe, Aufstiegs geschwindigkeit, früheren Episoden einer AMS, individueller Empfindlichkeit und Vorakklimatisation.

Zeichen einer AMS sieht man beim Trekking oder auf Expeditionen häufig. Die Betroffenen klagen über Kopfschmerzen und sind oft teilnahmslos. Nach Literaturangaben [2] haben ein Viertel der Bergsteiger in großen Höhen periphere und besonders periorbitale Ödeme. Meiner Erfahrung nach allerdings deutlich häufiger. Bei schweren Formen der AMS kann es nach massiver Einlagerung von Flüssigkeit auch zur Oligurie kommen. Als begleitender Arzt sollte man diese Symptome immer ernst nehmen und den weiteren Verlauf genau beobachten. Nächtliche Apnoephasen und Tachykardie werden nicht von allen als Symptome der AMS angesehen. Sie sind aber – allerdings auch ohne AMS – in großen Höhen häufig nachweisbar. Viele verdrängen ihre Beschwerden einfach oder führen sie auf andere Ursachen zurück, „Ich habe nur schlecht geschlafen“ oder „was Schlechtes gegessen“. Gerade sehr ambitionierte Menschen wollen sich keine Schwäche eingestehen und ignorieren bewusst ihre Beschwerden, manchmal mit fatalem Ausgang. Oft sind sie dann fassungslos, dass gerade sie höhenkrank wurden. „Ich habe doch so viel trainiert, das kann doch gar nicht sein“, ist ein oft zu hörender Satz. Auch ein noch so intensives Training schützt jedoch nicht vor einer Höhenkrankheit.

Verschwanden die Symptome nicht bis zum nächsten Tag sollten Betroffene in tiefere Regionen absteigen. Bei allen Höhenerkrankungen ist der Abstieg die wichtigste Therapie. Gegen Kopfschmerzen hilft sehr gut Ibuprofen (400–600 mg). Sind sie sehr stark und mit heftiger Übelkeit und Brechreiz verbunden, kann nach neueren Studien die zusätzliche Gabe von 4–8 mg Dexamethason hilfreich sein.

### Prophylaktische Maßnahmen

Der Karboanhydrasehemmer Acetazolamid (Handelsname Diamox® u. a.) wird häufig zur Prophylaxe der Symptome einer AMS eingesetzt. In vielen Studien konnte nachgewiesen werden, dass durch eine Hemmung der Karboanhydrase die Ventilation in Ruhe und unter Belastung steigt, dadurch der Gasaustausch verbessert und die respiratorische Alkalose renal kompensiert wird. Daraus ergibt sich eine verbesserte Ventilation und Sauerstoffsättigung (SaO<sub>2</sub>). Die Folge sind seltenere nächtliche Apnoephasen und ein qualitativ besserer Schlaf.

Allerdings sollte man die Nebenwirkungen von Acetazolamid (2 × 125 mg–2 × 250 mg) nicht unterschätzen: Eigene Erfahrungen und viele

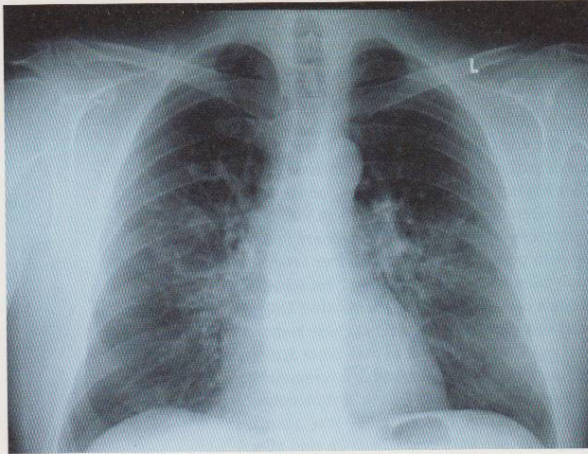


Abb. 1 Zentrales HAPE beidseits nach Übernachtung auf 3800 m am Mont Blanc.

Berichte von Bergsteigern zeigen, dass es durch die milde Diurese recht häufig zu einer überschießenden nächtlichen Ausscheidung von 2 l und mehr pro Nacht kommt. Das stört die Schlafqualität erheblich und führt zu einer reduzierten körperlichen Leistung am nächsten Tag als Folge des Flüssigkeitsverlusts. Eine weitere, sehr unangenehme Nebenwirkung kann ein Taubheitsgefühl der peripheren Extremitäten sein. Es ist sicherlich nicht für Jeden ein probates Mittel zur Prophylaxe von AMS. Ich selbst verwende es deshalb schon seit Jahren nicht mehr.

In einer am Kilimandscharo durchgeführten Studie [3] hatten Touristen ohne prophylaktische Gabe von Acetazolamid mit oder ohne Ruhetag gleich hohe Gipfelchancen. Mit Ruhetag traten jedoch weniger Symptome der AMS auf. Die größten Erfolgsaussichten hatten diejenigen, die in 5 statt 4 Tagen aufstiegen und zusätzlich Acetazolamid einnahmen.

#### Höhenlungenödem

HAPE ist eine sehr ernsthafte Erkrankung mit einer Letalität von 50% bei inadäquater Therapie. Was ist nun die Ursache eines Lungenödems? Radiologisch findet man Flüssigkeit in den Lungen, meistens rechts, jedoch auch beidseits (Abb. 1). Im Gegensatz zum kardialen Lungenödem ist die Ursache keine myokardiale Insuffizienz, sondern Folge des erhöhten pulmonalen Druckes in der Höhe. Dieser Anstieg ist zunächst einmal bei jedem Menschen unter hypoxischen Bedingungen eine physiologische Reaktion (Euler-Liljestrand-Reflex). Bei manchen Menschen steigt der pulmonal-arterielle Druck (PA-Druck), wahrscheinlich genetisch bedingt, überschießend auf Höhen von 60–80 mmHg an und verursacht das Lungenödem.

#### HAPE frühzeitig erkennen

Typisch für ein Lungenödem ist der plötzliche Leistungsabfall während einer Tour im Vergleich zur Leistungsfähigkeit in den Tagen davor. Oft wird der Rucksack an einen der begleitenden Träger abgegeben oder jemand entdeckt unterwegs sein großes Interesse an der Makrofotografie von Bergblumen. Bergsteiger sind erstaunlich kreativ, wenn es darum geht, immer wieder stehen bleiben zu können und Höhenbeschwerden zu verschleiern.

Da unterwegs nur sehr selten eine Röntgenaufnahme zur Verfügung steht, ist man auf die typischen Symptome angewiesen. Diese sind jedoch so charakteristisch, dass in der Regel keine zusätzlichen diagnostischen Maßnahmen erforderlich sind. Für den Erfahrenen kann das Messen der Sauerstoffsättigung im Blut mithilfe eines kleinen Pulsoxymeters durchaus hilfreich sein. Damit lässt sich beispielsweise ein interstitielles Lungenödem, bei dem ein pulmonaler Auskultationsbefund fehlt, erkennen. Anhaltende Werte von weniger als 70% SaO<sub>2</sub> sind als kritisch einzustufen.

Symptome sind, neben dem plötzlichen Leistungsabfall:

- Tachykardie > 100/min
- Retrosternaler Schmerz (durch erhöhten PA-Druck)
- Dyspnoe in Ruhe und bei Belastung
- Lippenzyanose
- Trockener Reizhusten
- Blutig tingierter Auswurf
- Rasselgeräusche, ein- oder beidseitig bis zum Distanzrasseln
- Oligurie < 500 ml

Die Symptome der pulmonalen Hypertonie sind unspezifisch. Retrosternaler Druck und Dyspnoe wird in der Literatur [4] beschrieben und nach eigener Erfahrung sind sie in der Höhe recht häufig anzutreffen. Da beide Symptome jedoch typisch für die koronare Herzkrankheit sind, muss auch daran immer gedacht werden. Unterwegs am Berg ermöglicht der Einsatz von Phosphodiesterase-5-Hemmer (Viagra® oder Cialis®) eine genauere Diagnose: Sie senken den PA-Druck und reduzieren deutlich die retrosternalen Symptome. Entsprechende Berichte gab es auf dem letzten Hypoxie-Weltkongress in Arequipa und ich kann es aus der Praxis ebenfalls bestätigen. Ist eine koronare Herzkrankheit sicher ausgeschlossen, gebe ich prophylaktisch Nifedipin retard (20 mg).

#### Therapie in der Höhe

Der Abstieg, soweit noch möglich, ist die wichtigste therapeutische Maßnahme. Sollte dies nicht mehr machbar sein, gibt es weitere effektive Möglichkeiten:

- Applikation von Sauerstoff mit 2–4l/min
- Kalzium-Antagonisten (Nifedipin-Typ, 20mg retard)
- Überdrucksack (Certag oder Gamow Bag)
- Kombination dieser Maßnahmen

Schon sehr lange ist der positive Effekt von Nifedipin bekannt, das besonders in Kombination mit Sauerstoff den PA-Druck schnell und anhaltend senkt. Die Behandlung mit einem Diuretikum ist nicht indiziert: In der Höhe ist immer von einer Exsikkose auszugehen, weshalb ein weiterer Verlust von Plasmaflüssigkeit – ein Risiko von Lungenembolien – vermieden werden sollte. Meine Erfahrungen durch viele HAPE-Behandlungen sind, dass der Einsatz eines Überdrucksacks insbesondere bei fehlendem Sauerstoff sehr effektiv ist (Abb. 2). Da in der Umgebungsluft der Partialdruck vermindert ist, erhöht sich im Sack durch die Druckerhöhung auch der Sauerstoffpartialdruck. Das bringt den Patienten für einen Zeitraum von bis zu 2 Stunden künstlich in eine niedrigere Höhe. Damit erreicht man bei dem Erkrankten eine Besserung seiner Symptome und die Möglichkeit eines Abstiegs. Die Kombination von Nifedipin, Sauerstoff und Überdrucksack ist äußerst effektiv in der Therapie des Höhenlungenödems. Nach erfolgreicher Behandlung in der Höhe muss jedoch weiter abgestiegen werden. Ein Aufstieg ist absolut kontraindiziert.

#### Prophylaktische Maßnahmen

In letzter Zeit wurden zur Prophylaxe eines HAPE auch Phosphodiesterase-5-Hemmer eingesetzt. Es gibt bisher keine Indikation, sie auch in der Therapie einzusetzen, da entsprechende Studien fehlen.



Abb. 2 Demonstration eines Überdrucksacks in Nepal.

Meine Selbstversuche mit 50 mg Viagra® am Alpamayo und am Huascaran in Peru in Höhen zwischen 6000 und 6700 m führten nicht zu einer Steigerung meiner Leistungsfähigkeit. Vielmehr überwogen die Nebenwirkungen: heftige Kopfschmerzen, bis zu 3 Tage lang, und eine verstopfte Nase – beides in der Höhe weder angenehm noch erstrebenswert. In einem weiteren Selbstversuch am Mount Vinson erwies sich jedoch die Einnahme von 20 mg Nifedipin retard als sehr effektiv. Vergleiche sind durchaus erlaubt, da der Mount Vinson, 4897 m hoch, in der Nähe des Südpols liegt. Durch die dort herrschenden Luftdruckverhältnisse entspricht der Berg einem 6000er im Himalaja oder in Südamerika. Meine Leistungsfähigkeit beim Gipfelgang stieg nach Einnahme deutlich an und der retrosternale Druck als Folge des PA-Druckanstiegs verschwand völlig. Beides erfolgte ohne die unangenehmen Nebenwirkungen der Phosphodiesterase-5-Hemmer.



Abb. 3 Aconcagua, 6964 m, Argentinien.

**Mountaineering on all Continents –****Part 3: The Problems of High and Extremely High Altitudes**

As conclusion of these three contributions on mountain-climbing on all continents, the problems of high and extremely high altitudes are presented on the basis of literature reports and personal experience on high mountains such as (6962 m) in South America or Cho Oyu (8201 m) in Tibet. High altitude sickness cannot be avoided completely. However, with appropriate knowledge and consideration of the characteristics of altitude, nobody needs to die of such a cause. In this contribution a brief review of the pathophysiology as well as the diagnostics and therapy for the most important forms of high altitude sickness, namely AMS, HAPE and HACE, is presented.

**Key words**

AMS – HAPE – HACE

**Höhenhirnödem**

Ein HACE ist deutlich seltener als eine AMS oder das HAPE. In der Regel wird es erst oberhalb von 5000 m auftreten. Ein klinisch voll ausgeprägtes Hirnödem verläuft mit oder ohne Therapie fast immer tödlich. Überlebte, schwere Hirnödeme stellen eine extreme Ausnahme dar. Mir bekannt ist ein dokumentierter Fall am Mount Everest. Eine Krankenschwester behandelte auf 7800 m am Nordgrat erfolgreich einen Japaner. Dieser erlitt das Höhenhirnödem, obwohl er bestens akklimatisiert war. Direkt davor hatte er bereits einen 8000er bestiegen.

Das Hirnödem ist ebenfalls Folge einer schweren Anpassungsstörung an die Hypoxie in großen Höhen. Es wird in der Literatur immer wieder betont, dass das HACE nie plötzlich auftritt. Aus eigener Erfahrung kann ich dies nicht bestätigen. Sowohl bei dem eben beschriebenen Fall des Japaners, als auch bei einem selbst erlebten HACE am Aconcagua auf 5670 m, traten die Symptome ohne Vorwarnung auf: Ein 50-Jähriger fiel uns dadurch auf, dass er beim Lastentransport von 5100 auf 5900 m eine zunehmende Ataxie entwickelte. Außerdem wusste er nicht mehr, woher er kam und wohin wir mit ihm gemeinsam aufsteigen wollten. Auch später konnte er sich an nichts erinnern. Durch sofortige Gabe von Dexamethason und Abstieg überlebte er das Ereignis folgenlos. Er hatte vor dem Aufstieg nie über irgendwelche Symptome geklagt und fühlte sich morgens noch sehr gut. Das Leitsymptom für ein Höhenhirnödem ist die Ataxie plus weitere Symptome:

- Schwere, gegen Schmerzmittel resistente Kopfschmerzen
- Übelkeit und Erbrechen
- Schwindelattacken
- Unvernünftiges Handeln (z. B. mit Steigeisen im Zelt herum gehen)
- Lichtempfindlichkeit und Sehstörungen
- Halbseitenschwäche
- Bewusstseinsstörungen bis zum Koma
- Oligurie <500 ml (bei sehr schweren Verlaufsformen)

Die Therapie besteht in der sofortigen und hoch dosierten Applikation von Dexamethason (40 mg Fortecortin® als Fertigmampulle) entweder i.m. durch die Bekleidung hindurch in den Oberschenkel bei Bewusstlosen oder – falls noch eine Vene zu finden ist – i.v. Zusätzlich ist immer Sauerstoff indiziert. Ein Überdrucksack wird in großen Höhen meistens aus Gewichtsgründen nicht zur Verfügung stehen.

Frühformen, die überlebt wurden, lassen sich nach vielen Monaten noch nachweisen. Eine Magnetresonanztomografie zeigt Eisenablagerungen als Folge von Mikroblutungen im Gehirn. Dies kann relevant sein, um eine HACE von einer schweren Form der AMS abzugrenzen.

**Empfehlungen für die reisemedizinische Beratung**

Jeder sollte für sich selbst herausfinden, wie schnell oder langsam er aufsteigen kann und muss. Bewusstes, langsames Aufsteigen ist in den ersten Tagen in einer neuen Höhe empfehlenswert. Eine Vorakklimatisierung mit häufigem Übernachten auf hoch gelegenen Hütten ist ebenfalls sehr hilfreich. Für diejenigen, die weniger Zeit oder Möglichkeiten dazu haben, bietet sich eventuell auch eine Vorbereitung in hypobarer Hypoxie an: Das ist in einer Kammer oder einem Zelt möglich, die in vielen Städten in Deutschland oder Österreich existieren. Simulierte Schlafhöhen von 4000–6000 m sind dort möglich. Die Vorakklimatisierung soll nicht einen schnelleren Aufstieg ermöglichen, sondern dient ausschließlich dem Vorbeugen von Höhenerkrankungen. Das ist insbesondere für Menschen wichtig, die schon einmal höhenkrank waren.

**Literatur**

- 1 Küpper Th, Ebel K, Gieseler U, Hrsg. Moderne Berg- und Höhenmedizin. Stuttgart: Gentner; 1. korr. Nachdruck 2011
- 2 Hornbein Th, Schoene R. High Altitude: An Exploration of Human Adaption. Informa Healthcare 2001
- 3 Davies AJ, Karson NS, Stokes S et al: Determinants of summiting success and acute mountain sickness on Mt Kilimanjaro (5895 m). Wilderness Environ Med 2009; 20: 311–7
- 4 Grünig E, Barner A, Bell M et al. Nicht-invasive Diagnostik der pulmonalen Hypertonie. Dtsch Med Wochenschr 2010; 135 Suppl. 3: S67–77

**Korrespondenz**

Dr. Ulf Gieseler  
Internist, Kardiologie-Angiologie  
Intensiv-, Sport- u. Reisemedizin  
Alpin- u. Expeditionsarzt (UIAA)  
[Redacted]  
www.high-mountains.de

**Autorenerklärung**

Der Autor erklärt, dass für dieses Werk keine Interessenkonflikte vorliegen.