

Mag. rer. oec. soc. Alexander Daume
Global Health Consult | 1090 Wien, Rotenlöwengasse 22/5
Postadresse | 1210 Wien, Bentheimstraße 10/27
☎ +43 676 33 57 995 ✉ office@hypoxia.at
🌐 hypoxia.at 📄 hoehentherapie.at



Medizinische Aspekte bei Trekking und Expeditionen

Theorie und Einführung

Bei der großen Zahl von Trekkingtouren und Expeditionen in außereuropäische Gebirge gewinnt das Wissen um die Anpassung an größere Höhen und die Behandlung von Höhenerkrankungen eine immer stärkere Bedeutung.

Im Folgenden möchten wir einen Überblick über die höhenmedizinischen Zusammenhänge und praktisch verwertbare Hinweise für einen geplanten Höhenaufenthalt geben.

Höhenzonen und ihre Charakteristika

Alle wesentlichen Aspekte der Höhenmedizin beruhen auf der Tatsache, daß mit steigender Höhe der Luftdruck kontinuierlich abnimmt.

Auf Meereshöhe herrscht durch das Eigengewicht der Luft der größte Druck (im Mittel 1013 Millibar oder veraltet 760 mm Quecksilbersäule). Auf etwa 5500 m Höhe erreicht der Luftdruck nur die Hälfte und in Höhe des Mt. Everest nur noch etwa ein Drittel des Normaldrucks in Meereshöhe.

Der Sauerstoffanteil in der Luft bleibt bis etwa 15 km Höhe konstant bei ca. 21%, allerdings kommt es natürlich auch hier zu einer parallelen Abnahme des Sauerstoff(teilchen)drucks und dadurch letztendlich zu einem Sauerstoffmangel im Gewebe, der die eigentliche Ursache der vielfältigen Probleme in der Höhe ist. Entscheidend für die Reaktionen des Organismus auf diese Veränderungen sind die unterschiedlichen Höhenbereiche, die in Abbildung 1 aufgeführt sind. Unterhalb 1500 m gibt es normalerweise keinerlei Gesundheitsbeeinträchtigungen, darüber können jedoch bei bestimmten Erkrankungen die ersten Probleme auftreten. Eine mittlere Höhe von 2000 - 2500 m ist auch der Bereich, in dem Ausdauersportler ihr Höhenttraining absolvieren. Zwischen 3000 m und etwa 5000 m - also im Hauptbereich von Trekkingtouren - kann sich ein gesunder Mensch nach einer entsprechenden Adaptationszeit vollständig den Verhältnissen anpassen und nahezu normal leistungsfähig sein. Oberhalb von 5000 m ist eine vollständige Anpassung an die Höhe bzw. den Sauerstoffmangel nicht mehr möglich, stattdessen kommt es zu einem kontinuierlichen Abbau der körperlichen und geistigen Leistungsfähigkeit.

Diese Höhenmarke ist deshalb auch die oberste Grenze einer menschlichen Dauerbesiedelung und gleichzeitig die höchste noch sinnvolle Basislagerhöhe für Expeditionsbergsteiger.

Einteilung der Höhenzonen

0 - 3000 m mittlere Höhe (Schwellenhöhe liegt bei 2500 m)

3000 - 5000 m große Höhe, vollständige Akklimatisation möglich

5000 - 7500 m sehr große Höhe, nur unvollständige Anpassung möglich

über 7500 m Todeszone akuter Kräfteverfall, nur kurzer Aufenthalt möglich

Auswirkungen der Höhe auf den Organismus

Der Sauerstoffmangel macht sich ab etwa 3000m bemerkbar und ruft vielfältige und z.T. sehr komplexe Reaktionen des Körpers hervor. Die normale Anpassung an größere Höhen erfolgt anfangs vor allem durch stark erhöhte und vertiefte Atmung, so daß mehr Sauerstoff aufgenommen werden kann. Eine vergrößerte Pumpleistung des Herzens (Erhöhung von Puls und Schlagvolumen, siehe Abbildung 3) trägt zu einem geringeren Teil dazu bei. Der Anstieg der roten Blutkörperchen mit Erhöhung der Sauerstofftransportfähigkeit erfolgt später nach einigen Tagen.

Wichtig sind zusätzlich noch eine verbesserte Sauerstoffausschöpfung in den Zellen und weitere komplizierte Regulationsvorgänge. Die Herzfunktion selbst wird durch die Höhe nicht negativ beeinflusst und ein Tod durch Herzinfarkt in größerer Höhe scheint sehr selten zu sein.

Durch die reaktive Vermehrung der roten Blutkörperchen in der Höhe und durch die vermehrten Flüssigkeitsverluste bei der verstärkten Atmung kann es zu einer Eindickung und Verlangsamung des Blutes und daher zu Lebensgefahr durch Bildung von Blutgerinnseln kommen, wenn nicht genügende Flüssigkeitsmengen zugeführt werden. Diese Bluteindickung bewirkt auch eine Mehrbelastung für Herz und Kreislauf sowie eine schlechtere Durchblutung der Extremitäten mit erhöhter Erfrierungsgefahr. Auffällig ist, daß bei Expeditionen und abgeschwächt auch bei längeren Trekkingtouren normalerweise ein deutlicher Gewichtsverlust beobachtet wird.

Dabei kommt es trotz der dauernden Beanspruchung auch zu einer Abnahme des Oberschenkelumfanges. Die Ursache ist eine indirekt durch die Höhe bedingte Muskelreduzierung, d.h. es findet ein etwa 10%-iger Verlust an Muskelmasse, eine Abnahme der Faserzahl und eine Verminderung von wichtigen Zellorganen statt. Da das Kapillarsystem aber durch die Höhe nicht in Mitleidenschaft gezogen wird, resultiert daraus eine relative Dichteerhöhung der Blutgefäße mit verbesserter Sauerstoffversorgung des Muskelgewebes.

Risiko und gesundheitlicher Verlauf beim Höhenbergsteigen

Beim Trekking beträgt der Anteil an gesundheitlichen Zwischenfällen etwa 0,1%. Die Todesfallrate ist mit 0,01% relativ gering (15 Fälle auf 100 000 Personen), wobei tödliche Unfälle viermal häufiger vorkommen als Höhenkomplikationen. Das Risiko auf Expeditionen ist deutlich höher:

Ein Viertel der Teilnehmer erleiden Gesundheitsstörungen. Die Todesrate beträgt etwa 2-3 % und ist damit zweihundertmal größer als beim Trekking. Verantwortlich dafür sind v.a. Unfälle wie Lawinenverschüttung, Absturz, Spaltensturz oder Unterkühlung, die zusammen neunmal häufiger auftreten als reine Höhenerkrankungen wie Lungen- oder Hirnödeme.

Der höhenbedingte Sauerstoffmangel ist sicher zu einem großen Teil indirekt an den genannten Unfällen schuld, da er die körperliche und geistige Leistungsfähigkeit je nach Höhe und Akklimatisationszustand deutlich beeinträchtigen kann, z.B. durch verminderte Beurteilungs- und Reaktionsfähigkeit in Gefahrensituationen. Die Sauerstoffversorgung des Gehirns ist in extremer Höhe und bei ungenügender Anpassung durch verminderte Durchblutung teilweise eingeschränkt, weshalb es oft zu folgenschwerem Fehlverhalten des Betroffenen kommt.

Auch wurden bei extremen Höhenbergsteigern deutliche, zum Teil länger anhaltende Kurzzeit-Gedächtnisstörungen festgestellt. Zum Glück sind jedoch noch keine irreversiblen Langzeitschäden, z.B. im Sinne von vorzeitigem geistigen Abbau bekannt geworden.

Durch den heutigen Trend, auch höchste Gipfel im reinen Alpinstil zu besteigen wird es wahrscheinlich zu weiteren, durch Sauerstoffmangel bedingten Unfällen in der Höhe kommen, meist in Verbindung mit geringem Tempo, Erschöpfung nach Biwaks oder beim Abstieg sowie zu langer Verweildauer in großer Höhe.

Auch aus diesen Gründen ist vor entsprechenden Touren eine intensive Beschäftigung mit der Höhenmedizin notwendig. Wichtig ist auch, daß man bei Trekkingtouren und Expeditionen einen typischen gesundheitlichen Verlauf beobachten kann:

Wenn Probleme auftreten, dann sind es zuerst meist Magendarm-Beschwerden durch die Kost- und Klimaumstellung in fremden Ländern. Nach anfänglichen Akklimatisationsproblemen in der Höhe folgen während der Tour oft Erkältungskrankheiten (wie verstopfte Nase) und zuletzt meist ein unangenehmer Reizhusten durch die verstärkte Atmung in der kalten, trockenen Höhenluft. Oft zeigt sich am Ende einer Expedition, daß durch Anstrengungen und Höhe sowie wahrscheinlich auch durch (zu) einseitige Verpflegung die Abwehrkräfte allgemein abnehmen. Neben Wundheilungsstörungen kann es daher nach banalen Hautverletzungen auch leichter zu Infektionen des umliegenden Gewebes mit Eiterbildung kommen. Ansonsten ist auch das allgemeine Krankheitsrisiko erhöht mit Problemen wie Bronchitis, Lungenentzündung, Hämorrhoidenbeschwerden sowie Bakterien- oder Parasiteninfektionen.

Vorbereitungen zu Hause

Ältere und völlig Untrainierte sollten für Trekkingtouren vorsorglich ihren Gesundheitszustand ärztlich überprüfen lassen. So lassen nur frühere schwere höhenbedingte Störungen oder Lungenödeme Hinweise auf die Höhentauglichkeit zu, sofern diese nicht auf ein selbstverschuldetes Fehlverhalten durch zu schnellen Aufstieg zurückzuführen waren.

Trotzdem ist natürlich ein guter Ausdauertrainingszustand wichtig, zumal die Leistungsfähigkeit auch nach erfolgter Akklimatisation pro 1500 Höhenmeter um etwa 10 % sinkt. Empfehlenswert sind auf alle Fälle längerfristige Ausdauerbelastungen, z.B. Joggen, Radfahren oder Skilanglauf, sowie Bergläufe, die kurzfristig einen umfassenden Sauerstoffmangel im Organismus hervorrufen. Dadurch soll es neben einer Konditionssteigerung auch zu einer Verbesserung der Sauerstoffübertragungssysteme kommen. Kurz vor der Abreise sollte jedoch kein sehr intensives oder verletzungsanfälliges Training mehr absolviert werden. Vor der Reise sind v.a. bei Durchreise oder Aufenthalt in (sub-)tropischen Gebieten Erkundigungen bei spezialisierten Ärzten oder Tropeninstituten zu empfehlen (z.B. Impfungen gegen Typhus, Cholera oder eine Malariaprophylaxe). In jedem Fall sollte eine Schutzimpfung gegen Wundstarrkrampf (Tetanus) und Kinderlähmung (Polio) vorhanden sein - liegen diese länger als 10 Jahre zurück, ist eine Auffrischungsimpfung beim Hausarzt notwendig. Früher wurde vor der Abreise oft eine Gammaglobulin-Impfung gegen Hepatitis A und zur Stärkung des allgemeinen Abwehrsystems gegeben, heute empfiehlt sich jedoch für Reisende ein aktiver Impfstoff, dessen Wirkung einige Jahre anhält. Natürlich müssen auch regelmäßig benötigte Medikamente in genügender Menge mitgenommen werden. Genau so wichtig ist es, rechtzeitig den Zahnarzt aufzusuchen, um seine Zähne kontrollieren und gegebenenfalls behandeln zu lassen. Zahnprobleme gibt es in größeren Höhen durch die Temperatur- und v.a. Luftdruckunterschiede immer wieder, z.B. durch das Herausbrechen von Füllungen und Inlets oder durch akute Entzündungen. Frauen, die die Antibaby-Pille nehmen, haben bei Trekkingtouren keine vergrößerte Thrombosegefahr und brauchen deshalb die Tabletteneinnahme nicht zu unterbrechen - bei Expeditionen in größere Höhen dürfte jedoch das Risiko ansteigen. Bei entsprechender Vorbereitung und Vorsicht können auch Kinder ab etwa zehn Jahren ohne größere Probleme oder Risiken auf Trekkingtouren mitgenommen werden.

Bergsporttraining

Im Bergsport wurden große Fortschritte bei Ausrüstung und Sicherheitstechnik gemacht, der Mensch als wichtigster Faktor bis vor kurzem aber eher vernachlässigt. Neben einer guten Ausbildung spielt jedoch heute zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit, wie auch zur Unfallverhütung ein vermehrtes und verbessertes Training eine entscheidende Rolle, wie das Beispiel Sportklettern eindrucksvoll beweist. Training bewirkt nämlich nicht nur Leistungssteigerung (z.B. mehr Ausdauer oder bessere Technik), sondern auch mehr Sicherheitsreserven in Stresssituationen oder größeren Genuss auf Touren. Durch einen Schutzmechanismus des Körpers ist die maximal mögliche Leistung eines Menschen normalerweise nur zu ca. 70% willentlich mobilisierbar, bei Trainierten hingegen jedoch bis zu 90%. Die restlichen Energiereserven sind nur bei außergewöhnlichen Stress- und Notfallsituationen sowie Doping verfügbar.

Durch Training kommt es an den einzelnen Organen u.a. zu Volumenvergrößerungen, verbesserten Transportmechanismen oder erhöhter Energiespeicherung. Der Organismus arbeitet dadurch ökonomischer und erholt sich auch rascher nach Belastungen.

Herz-Kreislauf-System

Bei Anstrengungen nimmt sowohl die Pulsfrequenz (normalerweise 60-80 pro Min.) als auch das Schlagvolumen des Herzens zu. Bei Ausdauertrainierten wird durch eine Vergrößerung (= Sportlerherz) vor allem das Schlagvolumen und damit die Pumpleistung erhöht, während der Puls weniger stark ansteigt und auch in Ruhe niedriger liegt als bei Untrainierten. Es ist empfehlenswert, den eigenen Ruhepuls vor dem Aufstehen zu messen: er ist gut, falls er unter 50-60 pro Minute liegt. Messungen während und auch nach Belastungen zeigen Trainingseffekt sowie Erholungsfähigkeit und geben einen Vergleich mit eigenen früheren Werten. Als Faustregel für die Pulsfrequenz beim (Ausdauer-)Training gilt 180 minus Lebensalter. Dabei lediglich 15 Sekunden am Handgelenk oder an der Halsschlagader zählen und mit 4 multiplizieren, da bei längerer Pause rasche Pulsverlangsamung und Meßverfälschung eintritt. Bei der Erholung sollte der Puls von Trainierten innerhalb einer Minute unter 120 Schläge pro Minute sinken.

Auswirkungen auf die Muskulatur

Training wirkt bei allen Sportarten primär auf die beanspruchte Muskulatur. Die Leistungssteigerung beruht dabei zum einem auf Neubildung und Verdickung einzelner Muskelfasern, zum anderen auf der Verbesserung der intramuskulären Koordination, d.h. ohne Gewichts- und Volumenzunahme. Außerdem werden beim Konditionstraining in der Muskulatur Blutgefäße vergrößert oder neu gebildet, durch die vermehrt Sauerstoff und Nährstoffe herantransportiert und gleichzeitig mehr Stoffwechselabfallprodukte und Wärme abtransportiert werden können. Reines Bodybuilding hingegen bewirkt nur Muskelvergrößerung mit kurzzeitig möglichen Kraftakten, führt aber zur schnellen Ermüdung wegen schlechter Gefäßversorgung und fehlendem Herz-Kreislauftraining. Die Muskelkraft erreicht bei beiden Geschlechtern ihr potentielles Maximum mit ca. 25 Jahren, wobei in der Jugend ein steiler Anstieg und im Alter ein langsamer Abfall stattfindet. Frauen erreichen maximal 70-80% der männlichen Muskelkraft, können aber bei entsprechendem Training untrainierte Männer bei weitem übertreffen!

Theoretische Grundlagen

Jeder Trainingseffekt ist eine biologische Anpassungsreaktion des Organismus auf bestimmte Belastungen und führt zu einem ökonomischeren Arbeiten.

Durch einen Trainingsreiz wird der Körper belastet und ermüdet nach einer Weile.

Mit Beendigung der Belastung kann sich der Organismus erholen und erreicht wieder das Ausgangsniveau. Als Anpassungserscheinung kommt es jedoch jetzt zu einer überschießenden Reaktion (= Leistungssteigerung), deren maximaler Effekt bei erreicht ist. Kommt es zu keiner neuen Belastung mehr, sinkt die Leistung wieder auf das ursprüngliche Ausgangsniveau ab (deshalb regelmäßiges Training nötig!). Folgt jedoch bei ein erneuter Trainingsreiz, kommt es durch die gleichen Reaktionen zu einer weiteren Leistungssteigerung, da ja von einem höheren Niveau ausgegangen wurde. Die gestrichelten Linien zeigen den Verlauf bei optimalem kontinuierlichen Training. Erfolgt die erneute Trainingsbelastung jedoch immer zu früh mit unvollständiger Erholung (gepunktete Linien), kann es zum schädlichen Übertraining mit Leistungsverlust kommen (sinnvolle Pausen nötig!).

Der maximale Anpassungseffekt hängt auch von der Trainingsart ab und ist beim Anfänger für Ausdauertraining nach ca. 1-1,5 Tagen, für Kraftausdauer nach 2-3 Tagen und für Maximalkraft nach 3-3,5 Tagen erreicht, während ein Hochtrainierter etwa die Hälfte der Zeit benötigt.

Der Organismus reagiert unterschiedlich schnell auf Belastungen und braucht etwa folgende Anpassungszeiten: Energieträger (ATP) 1 Std., Energiespeicher (Glykogen) 2-3 Tage, Muskeln 7-10 Tage, Blutgefäße 2 Wochen, Knorpel 4 Wochen, Herz 6 Wochen, Sehnen und Bänder mehrere Monate, Skelett sogar Jahre.

Deshalb sollte man ein Training auch nur langsam steigern und sich nicht maximal belasten!

Trainingsaufbau

Zuerst Test zur Feststellung des momentanen Leistungsvermögens, z.B. Zeittest nach Cooper, d.h. Länge der zurückgelegten Strecke nach 12 Minuten Laufen, oder Streckentest, d.h. Zeitmessung für eine bestimmte Distanz. Danach entsprechende Planung, Durchführung und Kontrolle des Trainings durch Wiederholung des Eingangstests nach ca. 2 - 4 Wochen mit evtl. daraus resultierenden Änderungen. Für Hochleistungen ist eine Periodisierung, d.h. ein ganzjähriges Training in verschiedenen Phasen nötig. In der Vorbereitungsphase werden die Belastungen langsam gesteigert: Von hohem Trainingsumfang (Dauer) zu hoher Intensität, vom allgemeinen zum speziellen Konditionstraining. In der Leistungsperiode (z.B. Klettersommer) wird der Höhepunkt erreicht: dabei Training insgesamt kürzer, aber spezifisch und sehr intensiv. Die abschließende Übergangsperiode dient der aktiven Erholung, z.B. durch Betreiben anderer Sportarten, um ein gewisses Grundniveau bis zum nächsten Jahr zu halten.

Trainingsmethoden

Ein Konditionstraining kann mit Dauer- oder Intervallbelastungen durchgeführt werden. Die Dauerperiode (lange Belastung ohne Pausen) kann sein: kontinuierlich (gleichmäßige Geschwindigkeit), wechselnd (planmäßig schneller und langsamer) oder ein sog. Fahrtspiel (unterschiedliche Geschwindigkeit je nach vorzugsweise hügeligem Gelände). Die Intervallmethoden wechseln planmäßig zwischen Belastungs- und Erholungsphasen, wobei hier die Pausen meist nur unvollständig sind. Vollständige Pause bedeutet Absinken der Herzfrequenz unter 120 pro Min., was hauptsächlich bei hohen Belastungen nötig ist, während bei unvollständigen Pausen (Puls noch höher) ein zunehmendes Defizit als gewolltes Training der Ermüdungstoleranz erfolgt. Die Intervallbelastung kann extensiv sein (mehr als ca. 8 Min. bei mittlerer Intensität) oder intensiv mit höherer Belastung bei kürzerer Dauer. Hierzu zählt auch das Zirkeltraining, bei dem meist in der Turnhalle verschiedene Übungen in bestimmten Zeitintervallen hintereinander ausgeführt werden. Diese Trainingsform ist eine gute und abwechslungsreiche Alternative, da sie unabhängig von Alter, Geschlecht oder Leistungsstand ist und deshalb gemeinsam und trotzdem individuell betrieben werden kann.

Allgemeine Trainingsgrundsätze

Bestes Training wäre die Ausübung der jeweiligen Sportart selbst, da bei "Trockenübungen" die verschiedenen Muskeln meist nicht im optimalen Verhältnis zueinander trainiert werden. Jedoch wird die maximal mögliche Leistungssteigerung durch Vorbereitungstraining festgelegt, wodurch in jedem Fall eine schnellere und bessere Anpassung erfolgt. Zu geringe Trainingsbelastungen (z.B. Spazierengehen) sind nutzlos, da zur Leistungssteigerung ein gewisser Schwellenwert überschritten werden muß. Faustregel: Mindestens 10 Min. lang mit einem Puls über 130 trainieren ("trimming 130"), bei Ausdauertraining mindestens zweimal pro Woche sowie Krafttraining mit mehr als 20-30% der Maximalleistung, da sonst kein Trainingseffekt erfolgt. Zu hohe Trainingsreize sowie zu seltene und kurze Pausen ohne vollständige Erholung können zum schädlichen Übertraining mit Leistungsabfall führen. Deshalb richtiges Verhältnis zwischen Belastung und Erholung wählen! Zeichen von Grenzbelastung: schnelle, kurze und unregelmäßige Atmung, Stechen in der Brust, Kopfschmerzen, Taumeln, Erbrechen. Bester Trainingseffekt bei hoher Intensität (60-100% der möglichen Maximalleistung) und Häufigkeit (mehrmals pro Woche), wobei die Belastungsdauer dann nicht sehr lang sein muss. Obwohl die größte Trainingswirkung beim Herangehen an die Leistungsgrenze erzielt wird, sollte man jedoch im Gebirge aus Sicherheitsgründen möglichst darunter bleiben. Vor dem eigentlichen Training immer gut aufwärmen (z.B. durch Einlaufen oder Gymnastik), vor allem zur Herabsetzung der Verletzungsgefahr, da bei wenig durchbluteten und kalten Muskeln eine schlechtere Koordination resultiert. Nach einer Belastung nicht abrupt aufhören, sondern einige Minuten etwa mit halber Leistung auslaufen. Dies dient zum Abtransport der Stoffwechselschlacken aus der Muskulatur mit Hilfe einer verstärkten Durchblutung und Muskelselbstmassage, was etwa dreimal besser wirkt als passive Massage! Altersgemäß, individuell und abwechslungsreich (auch andere Sportarten) trainieren.

Ebenso gezielt, regelmäßig und über einen längeren Zeitraum hinweg, da ein gutes Leistungsniveau nur sehr langfristig erworben werden kann und ohne Training auch bald wieder absinkt. Nach erfolgter Leistungssteigerung sind für ein optimales Training höhere Belastungen als vorher nötig. Bei älteren, völlig Untrainierten empfiehlt sich vor Aufnahme eines Trainings ein Arztbesuch. Trainieren in einer Gruppe macht nicht nur mehr Spaß, sondern gibt auch einen größeren Ansporn. Techniktraining sollte zeitlich vor Kraftübungen und diese vor einem Ausdauertraining durchgeführt werden, da es durch vorherige Ermüdung zu Konzentrations- und Koordinationsschwächen mit Verletzungsgefahr kommen kann.

Trainingsformen nach Bergdisziplinen

Die Leistungsfähigkeit eines Bergsteigers setzt sich zusammen aus Persönlichkeitsmerkmalen (physisch und psychisch), Technik (z.B. Klettern oder Skifahren), Taktik (theoretische Erkenntnisse und praktische Erfahrungen) und Kondition. Unter bergsteigerischer Kondition versteht man vor allem Ausdauer, Kraft und Beweglichkeit. Nach den vorherrschenden körperlichen Belastungen in den einzelnen Disziplinen und den daraus resultierenden Trainingsanforderungen kann man das Bergsteigen in Gruppen einteilen.

1. Bergwandern, Eisgehen und Skitouren (im Aufstieg)

Bei verschiedenen hohen, aber meist gleichmäßigen Belastungen ist hier nur die Langzeitausdauer leistungslimitierend, während Kraft und Beweglichkeit kaum eine Rolle spielen. Zum Training dieser für alle Sportarten wichtigen Grundlagenausdauer eignen sich besonders die verschiedenen Laufarten wie Jogging, Gelände- oder Berglauf. Wichtig sind dabei ein weicher Untergrund (federnder Waldboden, kein Asphalt!) und stoßaufnehmende Laufschuhe, um die Gelenke zu schonen. Noch idealer ist Skilanglauf, aber saisongebunden. Vor allem bei Gelenk- und Sehnenbeschwerden eignen sich auch Radfahren (Gewichtsentlastung durch Sattel) und Schwimmen (Wasserauftrieb, jedoch als Nachteil kein Training des Wärmehaushalts). Andere Ausdauer-Trainingsarten: z.B. (Ski-) Gymnastik, (Ball-) Spiele, Rudern, Kajakfahren sowie Alltagstraining: aufwärts Treppensteigen statt Lift, 2 Stufen auf einmal nehmen usw.

2. Klettern in Fels und Eis

Hier kommt zusätzlich zur Ausdauer eine Kraftkomponente (als sog. Kraftausdauer) sowie eine verstärkte Beweglichkeit ins Spiel. Beim Krafttraining neue Übungen anfangs vorsichtig durchführen, dazwischen Lockerungsübungen und Abbruch bei Ermüdung. Die Wirbelsäule zur Schonung der Bandscheiben bei allen Belastungen gerade halten und wegen Überlastung der Gelenke keine tiefen Kniebeugen mit Gewichten machen. Die allgemeine Kraftausdauer (mehr als 1/6 der Gesamtmuskulatur betroffen) ist eher dynamisch (Training mit etwa halber Intensität bis ca. 2 Min. lang), die lokale Kraftausdauer, v. a. von Fingern und Unterarmen, relativ statisch (Training mit 100% Intensität maximal 15-20 Sek.).

3. (Eis-) Sportklettern

Hier ist ein spezielles Krafttraining sowie eine große Beweglichkeit nötig. Beweglichkeit bedeutet optimales Ausnützen des Gelenkspiels durch "Geschmeidigmachen" und ist abhängig von Anatomie (Gelenkart), Alter (je älter, desto steifer!), Geschlecht (Frauen sind gelenkiger) und Muskelmasse (zuviel Muskulatur behindert). Das Training besteht besonders aus gymnastischen (Muskel-) Dehnübungen bis zur Schmerzgrenze. Die passive Dehnung (Vorsicht: Belastungen mit dem Partner abstimmen!) ist am effektivsten, aber nur kurz andauernd. Aktive Übungen wirken länger und führen auch zur verbesserten Koordination, da zusätzlich der Muskelgegenspieler mittrainiert wird. Generell: Gut aufwärmen, dazwischen Lockerungsübungen, vorsichtige und langsame Steigerung (d.h. am Anfang keine federnden Übungen wegen Verletzungsgefahr!) und Training aller möglichen Gelenkrichtungen. Ergänzungen: Kletter-Leistungstests
Abschließend noch ein paar einfache Tests zur Leistungskontrolle, die spezifisch fürs Klettern sind. Bei den ersten Tests sind zusätzlich Durchschnittswerte von Sportkletterern angegeben, die im Mittel den VI. Schwierigkeitsgrad gut beherrschen. Im Vergleich damit kann man sofort seine Stärken und Schwächen und damit Ansatzpunkte für ein gezieltes Training finden .

Ernährung beim Bergsteigen

Bergsteigen bewirkt im Vergleich zu anderen Sportarten einen sehr hohen Kalorien- und Flüssigkeitsverbrauch, deshalb ist eine ausgewogene Ernährung sowie eine ausreichende Getränkezufuhr für die Leistungsfähigkeit im Gebirge entscheidend. Die Nahrungszufuhr dient zunächst immer der Wiederauffüllung der verbrauchten Speichermengen. Dabei müssen die Nährstoffe in Anpassung an die biologischen Erfordernisse und die jeweiligen Belastungen im optimalen Verhältnis zugeführt werden.

Grundsubstanzen der Nahrung

1. Kohlenhydrate (KH): v.a. in Brot, Müsli, Reis, Mehlprodukten, Obst sowie in jeder Art von Zuckern. Bei der Verdauung Abbau zu Traubenzucker (Glukose) und Übergang ins Blut, dann Energielieferung oder Speicherung in Form von Glykogen. Die Glykogenreserven sind zu zwei Dritteln in der Muskulatur, zu einem Drittel in der Leber enthalten und können bei Trainierten die zwei- bis dreifache Menge von Ungeübten betragen (je nach Trainingszustand ca. 2000 kcal).

1g Kohlenhydrat ergibt bei der Verwertung im Körper ca. 4 kcal Energie.

2. Fette: v.a. in Margarine, Öl, Nüssen, Butter, Käse, Wurst und fettem Fleisch. Die wasserfreien und daher gewichtssparenden Fettreserven des Menschen sind der größte Energiespeicher mit ca. 50 000 kcal. 1 g Fett erzeugt 9 kcal und hat daher den besten Wirkungsgrad, benötigt aber mehr Sauerstoff zur Verbrennung, d.h. Fette sind in größerer Höhe unökonomischer sowie schwer verdaulich und daher für Hochlager weniger empfehlenswert als Kohlenhydrate.

3. Eiweiß (EW): v.a. in Fleisch, Milch, Eiern, Käse. Der Eiweißspeicher wird nur im Notfall für den Betriebsstoffwechsel herangezogen, ist aber sehr wichtig für den Baustoffwechsel.

Die Eiweiße sind die Grundbausteine der Muskelfasern, Gerüst- und Schutzsubstanzen der meisten anderen Gewebe und sind am Aufbau von Enzymen, Hormonen, Blutbestandteilen und Antikörpern beteiligt. 1g Eiweiß ergibt 4 kcal Energie.

Vitamine

Sie dienen der Regulation aller Stoffwechselfvorgänge, so daß ihr Verbrauch bei sportlicher Tätigkeit deutlich ansteigt. Wichtig für Sportler ist eine Vollwertkost mit hohem Nährwert.

Bei kürzeren Unternehmungen besteht keine Gefahr eines Vitaminmangels, ausgewogene Mischkost ist normalerweise ausreichend. Multivitamin-tabletten sind dagegen bei stark erhöhter körperlicher Aktivität und verminderter Frischverpflegung, z.B. bei überwiegender Konserven- und Trockennahrung während langer Expeditionen sinnvoll.

Vitamin C (Ascorbinsäure) hat eine sehr vielfältige Wirkung und aktiviert unter anderem das Abwehrsystem. Deshalb sind erhöhte Tagesmengen beim Höhenbergsteigen vorbeugend zur Steigerung der Widerstandskraft gegen Infektionen sinnvoll. Durch Vitamin C soll auch eine Verbesserung der Sauerstoffverwertung in der Muskulatur erfolgen.

Kalorienbedarf

Die alte, aber noch weit verbreitete Einheit "Kilokalorie" (kcal) ist definiert durch die benötigte Energie zur Erwärmung von 1 Liter Wasser um 1 Grad Celsius und entspricht einem Energieverbrauch von ca. 6 m Treppensteigen. Der Grundumsatz, d.h. der Kalorienverbrauch unter Ruhebedingungen, ist abhängig von Alter, Geschlecht, Körpergröße und -gewicht sowie Umgebungstemperatur.

Als Formel für den Nahrungsbedarf in Ruhe gilt: 1 kcal pro kg Körpergewicht und Stunde, das ergibt circa 1700 kcal pro Tag für einen 70 kg schweren Menschen. Durch zusätzliche körperliche Leistungen ergeben sich insgesamt bei Tageswanderungen ca. 3500 kcal, bei Mehrtagestouren ca. 4000 kcal, für Hochalpinisten und Kletterer über 4500 kcal. Bei einem Aufstieg von 100 Höhenmetern werden etwa 100 - 150 kcal verbraucht. Umgekehrt ergeben 1000 kcal Nahrungszufuhr etwa 150 - 160 g Körpergewicht, sodass sich die Nahrungszufuhr auch gut über das Wiegen kontrollieren lässt.

Das ideale Leistungsgewicht eines Bergsteigers kann durch die Formel (Körpergröße in cm - 100) - 10 % berechnet werden.

Ernährung vor längeren Belastungen

Für eine gesunde Ernährung werden allgemein empfohlen: 50-60% Kohlenhydrate, 25-35% Fett und 10-15% Eiweiß, während in der üblichen Zivilisationskost deutlich weniger Kohlenhydrate, aber dafür mehr Fette (und Alkohol) enthalten sind.

Je mehr Kräfteinsatz beim Bergsteigen nötig ist, z.B. beim Klettern, desto mehr müssen Eiweiße, aber auch Fette im Vergleich zu reinen Ausdauerbelastungen wie Wandern zugeführt werden. Im Training und vor der Tour reichlich Kohlenhydrate, aber auch Eiweiße, Vitamine und Mineralstoffe aufnehmen. Das optimale Verhältnis von Kohlenhydraten, Fetten und Eiweißen sollte etwa 4:1:1 betragen, d.h. zwei Drittel Kohlenhydrate enthalten.

Da man am Berg mit vollen Energiedepots leistungsfähiger wird und die Glykogenverbrennung für die körperliche Leistung in der Höhe am ökonomischsten ist, hat eine erhöhte Kohlenhydratzufuhr (60-80% der Gesamtkalorienmenge) einen vorbereitenden positiven Effekt vor längeren Belastungen. Dabei ernährt man sich 3-4 Tage lang vor der Belastung überwiegend kohlenhydratreich (z.B. viel Spaghetti, sogenannte Kohlenhydrat-Mast). Eine maximale Auffüllung der Muskelspeicher wird dann erreicht, wenn diese durch entsprechend umfangreiches Training vorher entleert wurden.

Die Glykogenspeicher können damit deutlich über das Normalniveau angehoben werden und reichen dann dementsprechend länger für höhere Leistungsintensitäten aus.

Ernährung bei Dauerleistungen

Wenn ein Sportler mit seiner Arbeitsbelastung in den Grenzbereich seiner maximalen Sauerstoffaufnahme gelangt, greift der Organismus nämlich fast ausschließlich auf die Kohlenhydratverbrennung zurück, da diese die benötigte Energie viermal so schnell wie die Fette liefern kann. Außerdem haben bestimmte Organe wie das zentrale Nervensystem oder die roten Blutkörperchen nur die Möglichkeit, ihren Energiebedarf aus Zucker zu holen. Bei einem Abfall der Normalkonzentrationen des Blutzuckerspiegels zeigen sich Symptome wie Hungergefühl, Kraftlosigkeit, Schweißausbruch, Zittern, Schwindelgefühl oder gar ein "black out". Diese Unterzucker-Symptomatik tritt v.a. dann auf, wenn der Glykogenspeicher der Muskulatur entleert ist.

Der Kohlenhydratspeicher, d.h. die wichtigste Energiequelle des Körpers, ist bei extremer Belastung jedoch bald erschöpft, so daß für eine optimale Leistung Kohlenhydrate in flüssiger Form zugeführt werden sollten, z.B. 20%-ige Kohlenhydratlösung mit überwiegendem Anteil an Glukose und geringem Fruktosezusatz. Bei hohen Ausdauerleistungen über mehrere Tage müssen Kohlenhydrate auch in der Ruhezeit vermehrt zugeführt werden, da sonst diese Energiereserven nicht mehr ergänzt werden können. Das gleiche gilt auch zur Vorbeugung der höhenbedingten Gewichtsabnahme beim Expeditionsbergsteigen.

Für extreme Ausdauerleistungen muß aus Gewichts- und Volumengründen jedoch von der grundsätzlichen Ernährungsstrategie, nämlich fettarme Kost zur Leistungssteigerung, abgewichen werden. Bei mehrstündigen Dauerleistungen wird in der Regel der Energiebedarf etwa zu 60-70% aus dem Fettstoffwechsel bestritten (bei Trainierten im Extremfall sogar bis zu 90 %).

Der Darm kann max. 6000 kcal pro Tag aufnehmen, der Verbrauch aber bis 10 000 kcal steigen, d.h. es erfolgt ein Abbau der Körpersubstanz. Die Kalorienbilanz wird dadurch negativ, da zusätzlich oft "Vergessen" von Essen und Trinken durch große Anspannungen hinzukommt (Hunger und Durst sind psychisch beeinflussbar). In so einem Fall ist die Zusammensetzung der Nahrung nicht so entscheidend, Hauptsache es erfolgt genügend Kalorienaufnahme nach Eigengeschmack.

Wurst und Speck als hochwertige Kalienträger sind v.a. bei mehrtägigen Unternehmungen aus Gewichtsgründen sinnvoll.

Praktische Tipps für unterwegs

Unmittelbar vor der Tour keine üppigen Mahlzeiten mehr, aber leichtes, gutverdauliches Frühstück einnehmen. Auf der Tour selbst, d.h. bei Dauerleistungen mehr Kohlenhydrate (bis zu 75 % der Gesamtverpflegung) zuführen: z.B. Trockenobst, Bananen, Fruchtschnitten, Müsli- oder Energieriegel sowie auch Brot.

Die erste Brotzeit sollte spätestens nach 2 Std. erfolgen, danach regelmäßig alle 1-2 Std. kleinere Proviantpausen mit gesüßten Getränken. Reiner Traubenzucker ist nicht empfehlenswert, da er sehr rasch abgebaut wird und viel Wasser benötigt (evtl. sind auch Völlegefühle möglich). Am wichtigsten ist eine ausreichende (mineralreiche) Flüssigkeitszufuhr! Daher sollten als Minimum immer 1-2 Liter Getränke mitgeführt werden.

Erstmals trinken sollte man bereits vor einem ausgeprägten Durstgefühl und dann in kleineren Portionen (etwa 1/4 l), da größere Mengen viel länger brauchen, bis sie den Magen verlassen haben. Warme Getränke sind günstiger als kalte, da der Körper zum Aufwärmen zusätzliche Energie benötigt. Bei zuckerarmen, mineralhaltigen Getränken ist die durstlöschende Wirkung am größten. Bei Durst Schnee zu essen, ist nicht empfehlenswert, da dieser zu kalt und ist und fast keine Mineralien enthält. Bei normalen Bergtouren und Wanderungen gilt ansonsten die Devise: "Jeder so, wie es ihm am besten schmeckt!" Denn solange der Appetit vorhanden ist, gibt es insgesamt wenig Probleme bei der alpinen Leistungsfähigkeit.

Flüssigkeitersatz

Der Wasserhaushalt spielt beim Höhenbergsteigen wie auch beim Trekking eine ganz entscheidende Rolle. Der tägliche Wasserbedarf des Menschen beträgt normalerweise 2,5 Liter, in sehr großer Höhe kann dieser Wert jedoch auf fünf bis acht Liter ansteigen! Dies kommt durch vermehrtes Schwitzen und vor allem durch die stark gesteigerte Atemtätigkeit zustande. Beim notwendigen Befeuchten der meist sehr kalten und trockenen Atemluft in großer Höhe verliert der Körper viel Flüssigkeit durch den in der Lunge gebildeten und bei der Ausatmung verlorengehenden Wasserdampf.

Die Urinmenge als einfachste Kontrolle der Flüssigkeitszufuhr sollte mindestens 1 Liter pro Tag betragen. Normal sind 1,5 Liter Ausscheidung und mehr, während 0,5 Liter schon ein Alarmzeichen bedeuten. Umgekehrt gilt ein vermehrtes Wasserlassen (meist auch während der Nacht) als Hinweis für eine gute Höhenanpassung. Die tägliche Urinmenge lässt sich z.B. durch Sekundenzählen abschätzen oder am einfachsten durch Zählen des Wasserlassens pro Tag. Wenn die Urinproduktion in der Phase der Höhenanpassung hoch ist, werden sich voraussichtlich keine akuten Höhenkrankheiten entwickeln. Zu geringe Mengen von meist dunkelgelbem, d.h. zu konzentriertem Urin weisen auf zu wenig Trinken und gefährliche Austrocknung des Körpers hin.

Die Wasseraufnahme wird gerade in der Höhe nicht vollständig durch das Durstgefühl geregelt. Deshalb muss unbedingt genügend (auch über den Durst!) getrunken und gleichzeitig der Mineral-salzverlust ausgeglichen werden! Bereits sehr geringe Verluste an Körperflüssigkeit bewirken nämlich deutliche Leistungseinbußen und erhöhen die Thrombose- und Erfrierungsgefahr.

Dies ist eine der wichtigsten Regeln beim Trekking oder Expeditionsbergsteigen!

Die Flüssigkeitsbilanz ist auch bei normalen Touren fast immer negativ -als Folge davon ist oft der Durst am Tag nach einer Bergtour noch erhöht. Der trainierte Sportler kann mehr schwitzen und steigert damit die Wärmeabfuhr bei hohen Belastungsgraden. Durst-Unterdrückung ist daher nicht ratsam - genau das Gegenteil ist zur Aufrechterhaltung der Leistungsfähigkeit nötig!

Die Selbstregulierung des Flüssigkeitshaushaltes ist durch den Durst nur sehr mangelhaft ausgebildet, besonders in der Höhe, aber auch bei älteren Menschen. Ein Wasserdefizit beeinträchtigt jedoch grundsätzlich die Funktionsfähigkeit des Organismus: Flüssigkeitsverluste von etwa 2 % des Körpergewichtes vermindern bereits die Ausdauerleistung, 3-4 % verringern auch das Kraftvermögen und bewirken Müdigkeit, Appetitlosigkeit sowie ein deutliches Leistungsdefizit, 5-6 % führen bereits zur Erschöpfung mit starkem Durstgefühl, Reizbarkeit und Übelkeit. Verluste über 6 % führen zu eindeutigen Koordinationsstörungen und psychischen Veränderungen, während bei über 10 % bereits Lebensgefahr besteht. Schnelle Verluste machen sich schon ab 1 %, langsame Verluste dagegen erst ab 4 % bemerkbar. Gut Trainierte zeigen als Anpassungsreaktion eine höhere Toleranz bei Wasserverlusten. Flüssigkeitsverluste durch Schwitzen betragen normalerweise 0,6 l pro Tag, bei extremer Belastung kann man jedoch mit einem Flüssigkeitsverlust von bis zu 1 l pro Stunde rechnen, der unbedingt ausgeglichen werden muss, da Flüssigkeit auch zur Wärmeabgabe des Organismus an die Umgebung notwendig ist.

Eine gute Kontrolle gibt das Körpergewicht und die Beobachtung der 24-Stunden-Urinmenge und der Urinfarbe. Normal sind 1,5 l Ausscheidung und mehr, während 1 l pro Tag bedenklich und 0,5 l schon alarmierend sind. Schnelle Gewichtsverluste beruhen fast nur auf Wasserverlusten (z.B. bei einem Marathonlauf ca. 4 kg) und müssen wieder ausgeglichen werden.

Mineralienersatz

Der Salzhaushalt wird v.a. bei langen Touren beeinflusst. Bei hohen Schweißverlusten können vor allem Kalium-, Magnesium- und Eisenmangelzustände eintreten. Dies äußert sich z.B. in Muskelkrämpfen, Unlust, Müdigkeit, allgemeiner Muskelschwäche und verminderter Leistungsfähigkeit. Als Ersatz sind besonders kaliumreiche Obst- und Gemüsesäfte (Orangen- oder Apfelsaft), Trockenobst, Bananenkonzentrat sowie gesalzene Suppen in Verbindung mit etwas Traubenzucker für eine Aufnahme der Salze im Darm empfehlenswert. Bier hat eine relativ günstige Mineralienzusammensetzung, reicht jedoch zum vollständigen Ersatz der Verluste nicht aus. Gut geeignet ist die von der Welt-Gesundheitsorganisation empfohlene Lösung: 3,5 g Kochsalz, 2,5 g Natriumbicarbonat, 1,5 g Kaliumchlorid und 20 g Traubenzucker in 1 Liter Wasser. In großer Höhe sollte jedoch das Natriumbicarbonat weggelassen werden, da es dort durch die erhöhte Atmung vermehrt gebildet wird.

Extreme Höhe und Kälte - additive Gefahren

Vorbemerkung

Kälte und hypobare Hypoxie lösen bei vielen wichtigen Organsystemen ähnliche Funktionsstörungen aus. Sie bedeuten damit für den Bergsteiger in extremer Höhe eine erhebliche Risikopotenzierung auf dem ohnehin schon schmalen Grat zwischen Erfolg und Scheitern. Die hypoxiebedingte pulmonale Hypertonie wird durch Kälte erheblich verstärkt infolge einer Zentralisation des Kreislaufs durch periphere Vasokonstriktion. Damit steigt das Risiko für das Höhenlungenödem wesentlich an. Die Linksverschiebung der Sauerstoffbindungskurve in den kalten Extremitäten verschlechtert entscheidend die Sauerstoffabgabe an Arbeitsmuskulatur. Kälte beeinträchtigt die periphere Nervenleitung und neuromuskuläre Funktion ebenso wie zentrale überlebenswichtige Regelvorgänge. Gestörte Wahrnehmung, Urteilsfähigkeit und Koordination erhöhen die Unfallgefahr dramatisch auch bei erfahrenen Bergsteigern. Die Wärmeproduktion ist bei der verminderten Sauerstoffaufnahme in der Höhe von ca. 12 - 15 ml/kg x min so stark limitiert, dass die Verluste über die Atemwege bei Hyperventilation von 80 - 120 l/min und Umgebungstemperaturen unter -20 Grad nur knapp ausgeglichen werden können. Bei erschöpften Energiedepots, Unfähigkeit zum Muskelzittern und protrahiert subakuter Hypothermie brechen trotz optimaler Schutzkleidung die Selbstschutzmechanismen zusammen. Risikobegrenzung ist nur möglich durch die Wahl der besten Jahreszeit mit höherem Barometerdruck, durch ungestörte Höhenanpassung mit taktisch richtigem Verhalten in der Gipfletappe und Mut zur Umkehr. Tragödien in extremer Höhe sind keine schicksalhaften Ereignisse sondern Fehleinschätzungen der Gefahren in extremer Höhe. Die Gefahren des Bergsteigens in extremer Höhe durch die hypobare Hypoxie sind heute weitgehend bekannt. Die höchsten Gipfel der Erde sind heute vielfach ohne Sauerstoffzusatzatmung bestiegen, zum Teil auch auf mehreren und schwierigen Routen. Und doch sind es gerade die Besten, die Ihre Leidenschaft mit dem Tod bezahlen mussten. Eine der Ursachen liegt in der fatalen Kombination von extremer Höhe und Kälte. Es sollen daher die Auswirkungen von Kälte und Höhe auf die wichtigsten Organsysteme im Einzelnen dargestellt werden:

Herz - Kreislauf System

Reaktion auf Kälte

Die initiale Antwort der Körperoberfläche auf Kälte ist die Bildung von Gänsehaut und bei Ganzkörperkühlung maximale Vasokonstriktion der Hautgefäße. Bei Auskühlung einzelner Körperpartien kommt es zu reflektorischer Vasokonstriktion auch anderer. Diese sympatiktone Vasokonstriktion ist durch wiederholte Kälteexposition optimierbar. Die Folge ist eine enorme Volumenverschiebung in das tiefe Venensystem. Dasselbe Blutvolumen muß nun in einem reduzierten Gefäßbett zirkulieren. Das führt zu einem Anstieg des systemischen und besonders des pulmonalarteriellen Blutdrucks mit deutlicher Zunahme des von Herzarbeit und myocardialem Sauerstoffverbrauch. Zusammen mit der Viskositätszunahme des Blutes durch Diurese steigt das

Risiko von Herzinfarkt und Hirnblutung. Ausdauerbelastungen mit hoher Intensität in großer Kälte über längeren Zeitraum können zu einem cor pulmonale führen.

Reaktion auf Hypoxie

Akute Hypoxie löst ebenfalls eine sympatiktone Sofortreaktion aus, die nach 3 - 5 Tagen von dauerhafter Akklimation abgelöst wird. Dieser Prozess ist immer auf eine Höhenstufe von ca. 500 m oberhalb der Schwellenhöhe von ca. 2500 m beschränkt und muß deshalb für Aufenthalte bis 5000 m stufenweise erworben werden. In den Höhenlagen darüber bleiben die Folgen des zunehmenden Sauerstoffmangels immer stärker als die Fähigkeit zur Anpassung.

Oberhalb von 7500m führt die schwere Hypoxie zu einem aussichtslosen Wettlauf gegen einen Überlebenszeitraum von wenigen Tagen oder gar Stunden.

Die alveoläre Hypoxie löst eine belastungs- und lageabhängig verstärkte pulmonalerterielle Hypertonie aus. Diese kann in extremen Höhen zu einem zunächst interstitiellen Lungenödem führen, das zunächst vor allem an einer deutlich verminderten Steigleistung von < 100 Hm/Stunde auffällt. Ein Wettersturz in dieser Höhe kann infolge der akuten Kälteexposition zu einem zusätzlichen Druckanstieg im Lungenkreislauf führen und damit das Vollbild eines Höhenlungenödems (HAPE) auslösen. Jede Blockierung in sehr großer Höhe kann daher wegen der additiven Wirkungen von Hypoxie und Kälte fatale Folgen haben.

Atmungstrakt

Reaktion auf Kälte

In den zuführenden Luftwegen wird die trockene und kalte Umgebungsluft auf 37 Grad erwärmt und zu 100% mit Wasserdampf abgesättigt. Bei Ruheatmung wird dies bereits in Höhe der Trachealbifurkation erreicht. Bei Anstrengung in großer Kälte unter minus 20 Grad, vor allem aber in großer Höhe mit massiver Hyperventilation über mehrere Stunden kommt es zur Auskühlung bis unter die Trachealbifurkation mit Schädigung des respiratorischen Epithels. Ein Kälteschaden der Lunge tritt allerdings niemals ein. Trotz des so entstehenden Temperaturgradienten zu Mund und Nase geht 50 - 60% der Wärme in der Ausatemluft an die Umgebung verloren und der Körperkern kann fortschreitend auskühlen. Der sog. Höhenhusten ist wahrscheinlich Folge der anhaltenden Schleimhautschädigung. Eine Anstrengungs- und Kälte induzierte Bronchialobstruktion kann zusammen mit Husten und Leistungsminderung schwer von beginnendem HAPE zu unterscheiden sein.

Reaktion auf Hypoxie

Ein wesentlich gesteigertes Atemminutenvolumen (AMV) mit Verdoppelung des Atemäquivalentwertes (AMV/l O₂ Aufnahme) ist das Hauptmerkmal der ungestörten Anpassung auf sehr große Höhen. Dies führt allerdings zu einer kompensationsbedürftigen respiratorischen Alkalose und zu einem erheblichen zusätzlichen Wasserverlust über die Ausatemluft von >1/Tag. In extremen Höhen reicht trotz dieser Anpassung der geringe alveolo-arterielle Sauerstoffdruckgradient nicht mehr aus, um das Lungenkapillarblut zeitgerecht aufzusättigen. Die Lungendiffusion wird zunehmend leistungs-limitierend. Jede zusätzliche Belüftungs- oder Perfusionsstörung z.B. zusammen mit großer Kälte muss daher dramatische Folgen haben.

ZNS Zentralnervensystem

Reaktion auf Kälte

Für das Hirnleistungsvermögen gibt es nur einen sehr engen idealen Arbeitstemperaturbereich. Durch anhaltende Kälteexposition mit vermindertem Blutfluß wird auch die Hirnstoffwechselleistung zunehmend gedrosselt. Selbst hochmotivierte Bergsteiger können bei fortschreitender Hypothermie durch unerwartete Fehlleistungen scheitern. Die Unfallgefahr nimmt auch bei erfahrenen Bergsteigern erheblich zu.

Ursachen sind:

Verlangsamtes Denken und Konzentrationsstörungen

Gestörtes Urteilsvermögen und Reizbarkeit

Realitätsverlust bis hin zu Halluzinationen

Ungeschicklichkeit und Koordinationsstörungen

Überlebenswille bricht zusammen

Bedrohung wird nicht erlebt

Paradoxes Verhalten

Reaktion auf Hypoxie

Von allen Körperteilen reagiert das ZNS am empfindlichsten auf Hypoxie. Bergsteiger entwickeln daher bei langdauerndem Aufenthalt oberhalb ca. 6000m sehr oft neuropsychologische Funktionsstörungen. Im Vordergrund stehen Beeinträchtigungen des Gedächtnisses, des Affektverhaltens und vor allem des Urteilsvermögens. Irrationale Entscheidungen sind das größte Risiko beim Bergsteigen in sehr großer Höhe. Entwickelt sich zusätzlich ein Höhenhirnödem (HACE) ist der Höhentod unaufhaltbar. Die Kombination von Kälte und Hypoxie wirkt sich am ZNS besonders gefährlich aus.

Salz- und Wasser Haushalt

Reaktion auf Kälte

Der Körper reagiert auf die starke Zentralisation des Kreislaufs infolge der peripheren Vasokonstriktion mit einer zunehmenden Diurese. Diese wird initial durch erhöhtes atriales natriuretisches Peptid (ANP), bei weiterem Auskühlen durch verminderte tubuläre Reabsorption in der Niere beschleunigt. Zusammen mit dem Flüssigkeitsverlust über die Atemwege, einem deutlich verminderten Durstempfinden, dem Aufwand beim Schneeschmelzen und Schwitzen auch bei Kälte können gefährliche Flüssigkeitsverluste eintreten. Durch Aktivierung des Renin- Angiotensin- Aldosteron Systems kommt es zu Na Retention und Verschiebung der Flüssigkeit vom intrazellulären in den extrazellulären Raum mit peripherer Ödembildung.

Reaktion auf Hypoxie

Die renale Kompensation der respiratorischen Alkalose infolge der starken Kohlendioxidabatemung führt zu einer anhaltenden Bikarbonat Diurese. Daneben treten fast parallele Reaktionen auf wie bei Kälte mit erhöhtem ANP und Aldosteron. Auch die Wasserverluste durch Abatemung und verminderte Zufuhr nehmen langdauerndem Höhenaufenthalt zu. Zusammen mit der physiologischen Höhenpolyglobulie sind Hämatokritwerte über 60% sehr häufige Folgen. Ursache ist das verminderte Plasmavolumen. Diese starke Viskositätszunahme des Blutes wirkt limitierend auf die Sauerstofftransportkapazität und steigert das Risiko für thrombembolische Prozesse, vor allem Erfrierungen.

Muskulatur

Reaktion auf Kälte

Wenn die vasomotorische Kontrolle nicht ausreicht die Körperkerntemperatur konstant zu halten und der Wärmeverlust größer bleibt als die Produktion, wird zunächst reflektorisch der Muskeltonus erhöht, dann tritt Frösteln ein, das schließlich von unbeherrschbarem Muskelzittern abgelöst wird. Dadurch erfolgt eine Steigerung des Stoffwechsels auf das 3-4 fache der Basalrate. Die gesamte Muskelenergie wird in Form von Wärme freigesetzt, nachdem keine mechanische Arbeit geleistet wird. Die lipolytische Thermogenese kann den Basalstoffwechsel um zusätzliche 30 - 40% steigern durch Verbrennen des sog. Braunen Fettes. Der Blutfluss in die Muskulatur wird durch Kälte nicht gemindert. Jedoch ist die Sauerstoffabgabe aus dem Blut bei Kälte erheblich gemindert wegen der "Linksverschiebung" der Sauerstoffbindungskurve. Auf die Muskelfaser und die neuromuskuläre Übertragung hat Kälte einen unmittelbaren Einfluss. Die Muskelkraft und Beweglichkeit sind gemindert und bei Schnellkraftbelastungen steigt das Risiko für Muskelrisse. Muskulatur ist

kälteempfindlicher als Haut oder Knochen. Bei Temperaturen unter 34°C ist kontinuierliche Muskelarbeit nicht mehr möglich.

Reaktion auf Hypoxie

Bis 2500 m nimmt die Sauerstoffaufnahme um ca. 5-10% ab. Darüber um ca. 10% /1000HM. Bei Belastungen unterhalb der Ausdauerleistungsgrenze mit ca. 50-60% $\dot{V}O_2$ max. tritt bis in Höhen von 6000m bei gut ausdauer trainierten Bergsteigern nach ungestörter Akklimatisation keine bedrohliche Leistungsminderung auf. Bei rel. max. Sauerstoffaufnahme von ca. 55ml /kg KG x min und einem Bedarf bei durchschnittlicher Steigleistung von ca. 25-30 ml wird die Leistungsgrenze knapp erreicht. Allerdings schwinden die Leistungsreserven und die Pufferkapazität bei Bikarbonatverlust über die Nieren. Oberhalb von 7000m wirkt sich jede Minderung des Sauerstoffpartialdrucks im Blut unmittelbar durch nachlassende Muskelleistung aus. Maximale Kraftanstrengungen sind nur für 3-5sec möglich bis eben die Kreatinphosphatreserven erschöpft sind. Eine anaerobe Glycolyse ist oberhalb von 6000m nicht mehr möglich, weil die Zelle keine Laktatbildung toleriert. Die Muskelenergiegewinnung erfolgt überwiegend durch Fettverbrennung, was den Sauerstoffbedarf zusätzlich erhöht. Ein Muskelzittern ist auf 8000 m bei rel. max. Sauerstoffaufnahme von 12-15ml nicht mehr möglich. Die einsetzende subakute Hypothermie verschlechtert zunehmend die Sauerstoffabgabe. Die Beinmuskulatur ist praktisch wie gelähmt, ein Zustand der von den Betroffenen als unerklärlich empfunden wird (z.B. Rob Hall am Everest).

Hormonelle Reaktion

Reaktion auf Kälte

Akute Kälteexposition führt bei nicht Kälte adaptierten Bergsteigern zur Erhöhung der 17 Ketosteroide und des Noradrenalins. Bei adaptierten Bergsteigern wird dies nicht mehr beobachtet. Dagegen ist die Adrenalin-Ausschüttung bei allen Bergsteigern deutlich erhöht. Der Schilddrüsenstoffwechsel ist nicht gesteigert, wie bei manchen Säugetieren.

Reaktion auf Hypoxie

Auch bei akuter Höhenexposition tritt eine sympatiktone Sofortreaktion auf, die erst nach 4-6 Tagen mit fortschreitender Akklimatisation allmählich abklingt. In dieser Notaggregat Phase ist der Sauerstoffbedarf vorübergehend zusätzlich erhöht. Starke Belastungen müssen daher unbedingt vermieden werden. Kälte und Hypoxie wirken auch hier additiv.

Verdauungstrakt

Reaktion auf Kälte

Kälte verzögert deutlich die Magenentleerung und Darmperistaltik. Auch die Magensäure- und Pankreassekretion sind vermindert. Dyspepsie und Malabsorption sind die Folge.

Reaktion auf Hypoxie

Bergsteiger können nur bis ca. 5000m ihre Kalorienbilanz ausgeglichen halten. Darüber tritt eine zunehmende Gewichtsabnahme bei Eiweißkatabolismus auf, auch bei adäquater Nahrungszufuhr, die hier meist zusätzlich beeinträchtigt ist. Dyspepsie und Motilitätsstörungen können zusätzlich die Atmung stark behindern durch unphysiologische subdiaphragmale Gasansammlungen mit Expansion beim Höhersteigen ($P \times V$ konstant).

Ziel dieser zusammenfassenden und vergleichenden Darstellung war es die additiven Gefahren von Hypoxie und Kälte in vielen überlebenswichtigen Organfunktionen darzustellen.

Eine Risikobegrenzung ist nur möglich durch:

Optimale Zeit- und Routenplanung

Ungestörte Akklimatisation

Gipfelaufbruch erst nach Ruhetagen im Basislager mit aufgefüllten Flüssigkeits- u. Energiedepots

Richtiges taktisches Verhalten und Mut zur Umkehr

Akklimatisation

"climb high - sleep low"

Nicht zu schnell zu hoch steigen

Keine anaeroben Anstrengung in der Anpassungsphase

Möglichst tiefe Schlafhöhe

Täglicher Schlafhöhengewinn 300 - 500 m

Alle 1000 m ein zusätzlicher Ruhetag

"don't go too high too fast"

Möglichst keine Aufstiegshilfen benutzen

Ausreichende Flüssigkeitszufuhr (Reduktion Thromboserisiko, Erfrierung)

Kohlenhydratreiche Nahrung

"don't go up until symptoms go down"

Achte auf Frühzeichen der akuten Höhenkrankheit

Zeichen erfolgter Akklimatisation:

Trainingsgemäße Ausdauerleistung

Ruhepuls wieder auf Vorwert gesunken

Vertiefte Atmung in Ruhe und Belastung

Nächtliche periodische Atmung

Ausreichende Höhendiurese

Die fünf goldenen Regeln der Akklimatisation

Jeder kann höhenkrank werden, aber niemand muss daran sterben

Jede Gesundheitsstörung ist im Zweifel höhenbedingt

Nur symptomfrei höher steigen

Bei Verschlechterung sofortiger Abstieg

Höhenkranke niemals alleine lassen

Probleme bei der Höhenanpassung

Sie werden hervorgerufen durch die Doppelbelastung von körperlicher Tätigkeit mit mehr Sauerstoffbedarf und großer Höhe mit weniger Sauerstoffangebot. Höhenbeschwerden treten in der Adaptationsphase während der ersten Tage fast bei jedem Bergsteiger auf. Dazu zählen leichte Kopfschmerzen, Schlaf- und Appetitstörungen sowie Atemlosigkeit bei Belastungen, die jedoch alle normalerweise nach wenigen Tagen verschwinden. Die Dauer der Höhenadaptation ist individuell verschieden und abhängig von der Aufstiegsgeschwindigkeit, der absoluten Höhe, dem überwundenen Höhenunterschied und eventuellen Erkrankungen des einzelnen wie Atemwegsinfekte oder Durchfall. Die Probleme sind natürlich umso geringer, je länger die Akklimatisationszeit ist. Bei älteren Personen scheint sich auch ein guter Trainingszustand positiv auszuwirken. Ansonsten ist eine gute Kondition kein Schutz vor Höhenproblemen, sondern verleitet gerade Jüngere und Höhenunerfahrene dazu, zu schnell aufzusteigen. Migränepatienten leiden häufiger und stärker unter der akuten Höhenkrankheit. Zusammenhänge mit der Größe der Gruppe, dem Rucksackgewicht, Rauch- oder Ernährungsgewohnheiten oder der Einnahme der Antibaby-Pille bestehen nicht. Insbesondere Jüngere unter 20 Jahren und Ältere über 50 Jahren scheinen Höhenprobleme zu

bekommen, während im Alter zwischen 40 und 50 Jahren die geringsten Schwierigkeiten auftreten. Besonders wichtig sind frühere höhenbedingte Störungen als Hinweis auf eine erneute Gefährdung. Als kritisch für Höhenanpassungsschwierigkeiten gelten vor allem Trekkingtouren bzw. ein gemeinsamer Anmarsch zum Basislager, da hier meist viele, unterschiedlich reagierende Personen sich an die gleiche Aufstiegs geschwindigkeit halten müssen und gerade in Höhen zwischen 3000-6000 m die meisten Probleme auftreten. In der Höhe haben Bergsteiger nachts oft eine unregelmäßige Atmung mit längeren Pausen. Weiterhin treten gelegentlich Weichteil-Ödeme, d.h. Schwellungen durch Wasseransammlungen im Gewebe auf, meist im Augen- oder Gesichtsbereich oder an Händen bzw. Füßen. Auch kann es über 5000 m zu kleinen Netzhautblutungen des Auges kommen. Falls keine weiteren Höhengsymptome bestehen, bilden sich diese Veränderungen in allen drei Fällen normalerweise von alleine zurück. In Verbindung mit anderen Beschwerden können sie jedoch auch ein erster Warnhinweis für eine Höhenerkrankung sein.

Bergsteigen mit Herz- oder Lungenerkrankungen

Vor der Abreise:

Erreichen eines stabilen Zustandes, optimale medikamentöse Therapie

Während der Reise:

Langsame Akklimatisation, Information über Notfallmaßnahmen (medikamentös, Sauerstoff, Rückflug, ev. Sauerstoff mitführen).

Was muß man bei Vorerkrankungen beachten:

Chronische Bronchitis ohne Obstruktion (Verengung der Bronchien)

Höhengrenzen: keine

spezifische Therapie: Sekretolytika, antiinflammatorische Substanzen (z. B. inhalative Steroide), frühzeitige Antibiose (?)

Chronisch obstruktive Lungenerkrankung / Emphysem

Höhengrenzen: je nach Ruhe- / Belastungs-BGA und Obstruktion

Spezifische Therapie: Sekretolytika, orale und inhalative antiobstruktive Therapie, Theophyllin, spezielle Atemtechnik (Auto-PEEP), eventuell Sauerstoff Regelmäßiges Monitoring (Peak-flow)

Asthma bronchiale

Höhengrenzen: je nach Obstruktion, meist BESSERUNG durch Höhenexposition

Spezifische Therapie: Sekretolytika, orale und inhalative antiobstruktive Therapie, Theophyllin, Reduktion der Medikation nicht von Peak-Flow-Messung (Werte nehmen höhenabhängig zu) abhängig machen

Interstitielle Lungenerkrankungen

Höhengrenzen: bei meßbarer Diffusionseinschränkung Vorsicht ! Belastungsblutgase !

Spezifische Therapie: Sauerstoffgabe, ev. orale Steroide

Obstruktive Schlafapnoe

Höhengrenzen: maximale Schlafhöhe 4000 m?

Spezifische Therapie: in leichten bis mäßig schweren Graden Theophyllingabe (800 mg/Tag), enorale Prothesen kaum wirksam, in schweren Fällen Mitführen eines nCPAP-Gerätes

Koronare Herzerkrankungen

Gefährdung durch vermindertes Sauerstoffangebot, erhöhten Sauerstoffbedarf veränderte Vasomotorik

Konsequenz:

Ischämie schon bei geringerer Belastung , Ischämie bei geringerer Herzarbeit
Kein erhöhtes Risiko für mittlere Höhen bei symptomfreier, durchschnittlicher Leistungsfähigkeit und ausreichender Leistungsreserve, fragliches Risiko bei Höhen ab 4000 Hm
Höhen über 4000 m bei asymptomatischen Koronarpatienten und hoher Leistungsfähigkeit möglich
Asymptomatische Personen mit positiven Risikofaktoren haben kein erhöhtes Risiko

Arterieller Bluthochdruck

Blutdruck-Anstieg durch Erhöhung des peripheren Widerstandes, Blutdruck-Senkung durch Ausdauersport. Empfehlung (nach Bärtsch): stabil eingestellte Hypertonie höhentauglich, bei Zielorganschädigung bestimmt diese das Risiko

Zum Schluß noch eine tibetische Weisheit:

During winter one can indulge in intercourse twice or thrice daily, since sperm increases in winter. In the autumn and spring there must be an interval of two days, and during the summer an interval of 15 days. Excessive intercourse affects the five sense organs. Rinpoche, R. (1973) Tibetan Medicine, Wellcome Institute of the History of Medicine, London, pp. 54-5

Typische Höhenkrankheiten - Praktische Tipps in der Höhe

Die Zeitverschiebung bei Reisen in ferne Länder sollte bei der Zeitplanung berücksichtigt werden, denn während der Umstellung ist die Leistungsfähigkeit herabgesetzt. Allgemein gilt keine Gewaltakte zu Beginn, besonders dann, wenn größere Ausgangshöhen passiv durch Fahrt oder Flug erreicht werden. Die Höhenanpassung (= Adaptation) selbst muss langsam und in Stufen erfolgen. Aus Sicherheitsgründen sollten beim anfänglichen Aufstieg über 3000 m die jeweiligen Übernachtungsplätze (= Schlafhöhen) durchschnittlich nicht mehr als 300-400 m pro Tag gesteigert werden und möglichst unter der maximalen Tageshöhe liegen (Schlagwort: "Go high, sleep low", d.h. gehe hoch, aber schlafe tief!). Das bedeutet etwa eine Woche Adaptationszeit bis zum ersten Lager über 4500 m und eine weitere Woche bis über 6000 m. Während der Adaptationsphase sollten maximale Belastungen vermieden werden, weil die Anpassung dadurch gestört werden kann. Nach 8-10 Tagen Anmarsch oder Trekking mit mittelschwerem Gepäck und Auf- und Abstiegen sollte die Akklimatisation ausreichend sein für Passübergänge zwischen 5000 m und 6000 m oder zum Schlafen im Basislager. Das Basislager wird in der Regel zwischen 4500 und maximal 5500 m aufgebaut. Die Hochlager sollten zumindest anfänglich nicht zu weit auseinander liegen, und ein Übernachten dort ist erst nach dem zweiten oder dritten Vorstoß sinnvoll. Zwischen den Hochlageraufenthalten sind normalerweise immer wieder Ruhetage im Basislager nötig. Eine einfache und sehr wertvolle Orientierung der Höhenanpassung gibt der Ruhepuls. Der Ausgangswert wird zu Hause am Morgen (vor dem Aufstehen!) gemessen (normal ca. 60 Schläge/Minute). Unterwegs erfolgt zumindest in der Anfangsphase oder bei erneutem Höhengewinn täglich eine Kontrolle; auch sollten die gemessenen Werte aufgeschrieben werden. Eine gute Akklimatisation ist dann erreicht, wenn der morgendliche Puls in der Höhe nur wenig über dem zu Hause gemessenen Normalwert liegt. Ist dagegen der Ruhepuls mehr als 20-30 Schläge erhöht, sollte auf keinen Fall weiter aufgestiegen werden! Ruhepulsverhalten in der Höhe (bei Ankunft in ca. 4500 m): in einer neuen, ungewohnten Höhenlage steigt der Ruhepuls um ca. 20 - 30%, d.h. bei einem angenommenen Ruhepuls von 60 auf 72 - 80 Schläge pro Minute. Nach einigen Tagen pendelt er sich als Ausdruck der erfolgreichen Adaptation an die Höhe wieder um den normalen Wert von zu Hause ein. Nach 2-3 Wochen Adaptationszeit sollte eine Gipfelbesteigung optimaler Weise zwischen der 3. und der 6. Woche erfolgen, da danach die physische und psychische Leistungsfähigkeit wieder sinkt. Schlafprobleme mindern diese ebenfalls, daher wurde früher die Einnahme eines leichten Einschlafmittels empfohlen. Allerdings kommt es durch eine gleichzeitige Verlangsamung der Atmung zu einer geringeren Sauerstoffversorgung des Körpers, so dass man besser auf Tabletten verzichten sollte. Höhen über 7000 m werden als "Todeszone" bezeichnet: hier kommt es zu einem schnellen und deutlichen Leistungsabfall mit Müdigkeit und Lethargie, so dass im Notfall auch eine Hilfe durch Kameraden meist nicht mehr möglich ist.

Deshalb sollte man sich in hier nur so kurz wie möglich aufhalten und nach dem Gipfel wieder möglichst weit absteigen. Der Erfolg - gemessen an der maximal erreichten Höhe - hängt hauptsächlich vom bergsteigerischen Können sowie von der maximalen Sauerstoffaufnahme-fähigkeit ab. Trotzdem ist zusätzlich eine große Ausdauer wichtig und noch mehr eine entsprechende psychische Einstellung, die wahrscheinlich sogar die größte Rolle spielt.

The five golden rules:

Jeder kann höhenkrank werden, aber niemand muss daran sterben
Jede Gesundheitsstörung ist im Zweifel höhenbedingt
Nur symptomfrei höher steigen
Bei Verschlechterung sofortiger Abstieg
Höhenkranke niemals alleine lassen

Höhenkrankheiten

Welche gibt es, wie entstehen sie, wie kann man sie vermeiden? Höhenmedizin betrifft eigentlich alle Erkrankungen über 2500 m, in Einzelfällen, bei Vorerkrankungen, auch darunter. Es gibt jedoch einige Krankheiten, die nur in der Höhe auftreten, die sogenannten Höhenkrankheiten.

Bevor wir jedoch zu den einzelnen Krankheiten kommen, hier erst noch ein bißchen Physik, um zu verstehen, warum der Aufenthalt in der Höhe gefährlich werden kann:

Die Luft besteht immer aus 21% Sauerstoff, 78% Stickstoff und 1 % restlichen Gasen; diese Zusammensetzung bleibt immer gleich, auch in großer Höhe. Da jedoch der Luftdruck von 760 mmHg auf Meereshöhe in einer Höhe von 5000 m nur noch die Hälfte beträgt (etwa 350 mmHg), ist auch der biologisch verfügbare Sauerstoff entsprechend geringer (sog. Sauerstoffpartialdruck). Der Sauerstoffpartialdruck in 5000 m Höhe entspricht daher einer Sauerstoffkonzentration von etwa 11% in Seehöhe. Die Ursache für die Höhenkrankheiten ist daher im wesentlichen der chronische Sauerstoffmangel bei z. T. fehlender Anpassungsreaktion der betroffenen Menschen.

Einteilung der Höhenzonen

0 - 3000 m mittlere Höhe (Schwellenhöhe liegt bei 2500 m)

3000 - 5000 m große Höhe, vollständige Akklimatisation möglich

5000 - 7500 m sehr große Höhe, nur unvollständige Anpassung möglich

über 7500 m Todeszone akuter Kräfteverfall, nur kurzer Aufenthalt möglich

Erschöpfung

Ursachen und Charakteristika

Ermüdung ist ein Vorgang, der durch Beanspruchung des Organismus ausgelöst wird und der mit einer Minderung der Leistungsfähigkeit einhergeht. Man unterscheidet zwischen physischer (muskulärer) und psychischer (geistiger) Ermüdung. Beide Formen treten beim Bergsteigen meist kombiniert, jedoch in unterschiedlichem Verhältnis zueinander auf - eine scharfe Trennung ist kaum möglich. Bei fortschreitender Ermüdung muss über kurz oder lang die auslösende Belastung beendet, reduziert oder geändert werden, um die volle Leistungsfähigkeit wieder herzustellen - es kommt zur Erholung. Bei maximaler Ermüdung mit Aufbrauchen der Energiereserven (über einen Zeitraum von Minuten bis hin zu wenigen Tagen) spricht man von Erschöpfung, d.h. von körperlichem oder geistigem Versagen bzw. Zusammenbrechen. Wird langfristig das notwendige Gleichgewicht zwischen Ermüdung und Erholung nicht wieder hergestellt oder die Höchstleistungsgrenze häufig überschritten, kann ein Überlastungsschaden des Organismus auftreten, z.B. bei Übertraining. Der Übergang von der Ermüdung zur Erschöpfung wird meist selbstverschuldet, ist damit nicht Schicksal, sondern mangelnde Voraussicht. Ist eine körperliche Erschöpfung erst einmal eingetreten, kann sie durch willentliche Anstrengung nur noch kurzfristig beeinflusst oder gar nicht mehr gesteuert werden. Bei physischer Ermüdung / Erschöpfung kommt es oberhalb der Dauerleistungsgrenze in der Skelettmuskulatur zu einer Leerung der Energiespeicher und zu einer Anhäufung von Milchsäure ("Ermüdungsstoff" Laktat). Als weitere Ursachen werden noch eine Änderung des Säure-

Basen-Gleichgewichts, der Elektrolytkonzentration in den Muskelzellen oder lokale schmerzhaft Überbeanspruchung von Bändern und Gelenkkapseln diskutiert. Bei körperlicher Schwerarbeit ermüdet der Skelettmuskel früher als der Herzmuskel, auch Höchstbelastungen können beim Gesunden keine wesentlichen Störungen des Herz-Kreislaufsystems verursachen. Lediglich bei Herzerkrankungen besteht die Gefahr einer Schädigung. Die Ursachen für eine psychische Ermüdung können sehr vielfältig sein: z.B. langdauernde Konzentrationsarbeit, schwere körperliche Arbeit ("Auspowern"), gleichförmige, monotone Arbeiten, Umweltbelastungen wie Lärm, Hitze und Kälte, Konflikte, Sorgen, Interesselosigkeit sowie Krankheiten, Schmerzen und Fehlernährung. Im Gegensatz zur körperlichen Erschöpfung kann die geistige Ermüdung schlagartig durch bestimmte Veränderungen aufgehoben werden, z.B. durch Änderung der Tätigkeit oder der Umweltsituation, durch neue Informationen bzw. wiedererwachtes Interesse sowie durch einen Alarmzustand bei drohender Gefahr oder Angst. Im Falle einer regelrechten Stress- oder Notfallreaktion (z.B. bei Lebensgefahr wie Steinschlag, Absturz, Lawine, Wettersturz usw.) werden über das Nervensystem bzw. über den Hormonhaushalt vermehrt Adrenalin und Kortison ausgeschüttet. Damit können im Ernstfall die normalerweise geschützten Leistungsreserven des Menschen mobilisiert werden.

Zur Erschöpfung führende Faktoren:

Schlechter Trainings- und Konditionszustand
Zu schnelles Anfangstempo
Hunger, Durst, Kälte, Nässe, Hitze
Unfall, Verletzung, Schock, Gesundheitsstörung/Erkrankung
Medikamenteneinnahme
Alkohol-/Nikotinmissbrauch
Mangelnder Flüssigkeitsersatz, v.a. in großer Höhe
fehlende Motivation, Angst, ungelöste Konflikte, Depressionen

Zeichen der Ermüdung / Erschöpfung

Je nach geistiger und körperlicher Beanspruchung bzw. abhängig von individuellen Faktoren gibt es fließende Übergänge von der Ermüdung über Erschöpfung bis zum Zusammenbruch oder gar (Bergungs-) Tod. Bei Jugendlichen ist die Zeitspanne von den ersten Ermüdungserscheinungen bis zur endgültigen Erschöpfung (Zusammenbruch) viel kürzer als bei Erwachsenen. Das gleiche gilt für Schlecht- oder Nichttrainierte im Vergleich zum konditionsstarken Bergsteiger. Besonders kritisch und schwierig zu beurteilen ist das Zusammentreffen von Erschöpfung mit anderen Gesundheitsproblemen wie beginnende Unterkühlung oder Höhenkrankheit, da die Kennzeichen am Anfang noch ziemlich unspezifisch oder sogar gleichartig sind. Das heißt die Erschöpfung kann auch ein Kennzeichen dieser Erkrankungen sein .

Die folgenden **Symptome** sind etwa ihrem Schweregrad entsprechend aufgeführt:

Zunehmende Leistungsschwäche mit Müdigkeit, v.a. in den Beinen
Verlangsamte und unregelmäßige Gangart
Vermehrtes Bedürfnis nach Rast (auch "Kunstpausen")
Dauernde Erhöhung von Puls und Atmung mit Herzklopfen und Atemnot
und/oder nur langsames Zurückgehen auf normale Werte bei Rast
Seitenstechen
Evtl. Übelkeit und Brechreiz
Psychisch zunehmende Unruhe, Reizbarkeit, Unsicherheit, Angstzustände
Antriebschwäche, Neigung zu Depressionen, Stimmungsschwankungen
Verlangsamung von Wahrnehmungen, Denken und Entscheidungen
Später Gleichgültigkeit bis hin zur Apathie
Konzentrationschwächen mit Fehlreaktionen
Koordinationsstörungen mit Stolpern oder Stürzen

Erste Hilfe bei Ermüdung/Erschöpfung:

Rast an einem windgeschützten, sicheren Ort

Falls nötig zusätzlicher Kälteschutz (Biwaksack, Kleidung)

Heiße, gesüßte Getränke (z.B. Tee)

Schnelle Energiezufuhr, z.B. durch Schokolade oder Müsliriegel

Unbedingt psychische Betreuung des Erschöpften (gut zureden!)

Bei niedrigem Blutdruck evtl. kreislaufanregende Medikamente (z.B. Cardiazol-Coffein-Tabletten oder Effortiltropfen)

Erschöpften möglichst nie alleine zurücklassen

Nach ausreichender Erholung Weiterweg zur Hütte bzw. Abstieg/Rückzug

In schweren Fällen liegender Abtransport (evtl. mit Hubschrauber)

Durch Arzt evtl. Glukoseinfusionen und hohe Kortisongaben

Aufputzmittel (Weckamine, wie etwa das frühere Pervitin) aktivieren die letzten körperlichen Kräfte bis zum völligen Zusammenbruch! Sie sind deshalb nur in sonst hoffnungslosen Situationen zum Rückzug aus lebensgefährlichen Lagen zu verantworten und sollten nur in Ausnahmefällen von einem Arzt verabreicht werden.

Viel wichtiger ist die psychische Betreuung eines stark Erschöpften. Wird er nämlich geborgen, kann es durch den Wegfall der Stresssituation zu einem Zusammenbrechen der lebenserhaltenden Anpassungsvorgänge und damit zum sogenannten Bergungstod kommen. Deshalb: dem Geborgenen Hoffnung, aber nicht die volle Gewissheit der Rettung geben, d.h. er darf sich nicht völlig passiv in die Arme der Retter "fallen" lassen, sondern er muss noch bis ins Krankenhaus selbst "mitarbeiten", d.h. wachbleiben. Notfalls sind die Willensimpulse des Erschöpften mit allen, evtl. auch mit unfairen Mitteln zu erzwingen.

Prophylaktische Maßnahmen:

Vor der Tour Trainings- und Akklimatisationszustand überprüfen bzw. optimieren

Schwere Touren nur bei entsprechend guter Kondition, Technik, Ausrüstung und psychischer Verfassung angehen

Unterwegs genügend Zeit- und Sicherheitsreserven berücksichtigen

Keine Überforderung des schwächsten Teilnehmers, gutes "Gruppenklima" pflegen

Bei auftretenden Problemen rechtzeitige Tourenänderung bzw. Umkehr erwägen

Die Erholung am Beginn einer Rast verläuft besonders rasch und effektiv, was sich auch deutlich am Verhalten der Pulsfrequenz zeigt. Deshalb gilt als Regel: viele kurze Pausen sind besser als wenige lange Pausen. Unterhalb der Dauerleistungsgrenze, d.h. in der Regel bei Pulswerten unter 120 Schlägen pro Minute, ist auch beim (langsamen) Weitergehen noch ein gewisser Erholungseffekt vorhanden, d.h. die Ermüdung bzw. Erholung ist direkt von der Geschwindigkeit bzw. dem notwendigen Energieaufwand abhängig.

Verdauungsprobleme und Durchfälle in fremden Ländern

Verdauungsprobleme und Durchfälle in fremden Ländern werden meist durch Kostumstellung hervorgerufen, weniger durch Infektionen. Da sie den Genuss und die Leistungsfähigkeit beim Reisen und Höhenbergsteigen entscheidend und nachhaltig herabsetzen können, sind prophylaktische Maßnahmen umso wichtiger. Zur Vorbeugung gehören: routinemäßige Wasserdesinfektion, kein ungeschältes Obst, rohes Gemüse bzw. keine Salate essen oder ungekochte Milch trinken, sowie Vorsicht vor fetten Speisen, da oft altes Fett verwendet wird. Eventuell kann man Enzym- und Entblähungstabletten einnehmen. Man sollte aber insgesamt lieber weniger essen.

Als erste Behandlungsmaßnahme bei Durchfällen empfiehlt sich eine strikte Nahrungspause bis zur Beschwerdefreiheit, wobei jedoch ein (erhöhter) Ersatz von Flüssigkeits- und Mineralsalzen notwendig ist, z.B. mit schwarzem Tee oder Elektrolytgetränken. Falls dies nicht ausreicht, sollte man unterwegs relativ bald entsprechende Medikamente einnehmen, um einen starken und sehr konditionsvermindernden Durchfall zu stoppen. Der Proviant sollte am Berg möglichst kohlenhydratreich sein (z.B. Brot, Müsli, Reis, Mehlprodukten, Obst und Zucker), außerdem schmackhaft, abwechslungsreich, nicht zu stark gewürzt und leicht verdaulich. Fette erzeugen zwar die doppelte

Energie, hätten daher den besten Wirkungsgrad, benötigen aber mehr Sauerstoff zur Verbrennung. Fette sind daher in größerer Höhe unökonomischer sowie schwer verdaulich und deshalb beim Höhenbergsteigen weniger empfehlenswert als Kohlenhydrate. Da man am Berg mit vollen Energiedepots leistungsfähiger wird und die Glykogenverbrennung für die körperliche Leistung in der Höhe am ökonomischsten ist, hat eine erhöhte Kohlenhydratzufuhr (60 - 80% der Gesamtkalorienmenge) einen vorbereitenden positiven Effekt vor längeren Belastungen. Bei hohen Ausdauerleistungen über mehrere Tage müssen Kohlenhydrate auch in der Ruhezeit vermehrt zugeführt werden, da sonst diese Energiereserven nicht mehr ergänzt werden können. Das gleiche gilt auch zur Vorbeugung der höhenbedingten Gewichtsabnahme beim Expeditionsbergsteigen. Der Darm kann max. 6.000 kcal pro Tag aufnehmen, der Verbrauch beim Höhenbergsteigen aber bis 10.000 kcal steigen, d.h. es erfolgt ein Abbau der Körpersubstanz. Die Kalorienbilanz wird dadurch negativ, zumal oft ein "Vergessen" von Essen und Trinken durch große Anspannungen hinzukommt, da Hunger und Durst psychisch beeinflussbar sind. In diesem Fall ist die Zusammensetzung der Nahrung nicht mehr so entscheidend, Hauptsache es erfolgt genügend Kalorienaufnahme nach Eigengeschmack (evtl. auch "auf Vorrat essen"). Wurst und Speck als hochwertige Kalorienträger sind v.a. bei extremen mehrtägigen Unternehmungen aus Gewichtsgründen sinnvoll, auch wenn sie in der Höhe schlechter vertragen werden. Multivitamin-tabletten sind bei stark erhöhter körperlicher Aktivität und verminderter Frischverpflegung, z.B. bei überwiegender Konserven- und Trockennahrung oder während langer Expeditionen, sinnvoll. Vitamin C (Ascorbinsäure) steigert die Widerstandskraft gegen Infektionen und soll ebenso wie Vitamin E einen positiven Effekt in der Höhe haben. Nur falls dies nicht ausreicht, sollte man entsprechende Medikamente einnehmen, um einen starken (und sehr konditionsvermindernden) Durchfall zu stoppen. Allgemein ist der Appetit in der Höhe ein gutes Leistungs- und Akklimatisationsbarometer!

Allgemeine Unfallhilfe

Mechanische Verletzungen

Wunden: nicht berühren oder auswaschen, keine Salbe oder Puder! Fremdkörper in der Wunde belassen und evtl. umpolstern, keimfreier Verband, notfalls sauberes Tuch.

Knochenbrüche: Formabweichung, abnorme Beweglichkeit, im Zweifelsfall (Schwellung, Schmerz, Gebrauchsminderung) wie Bruch behandeln. + Bei offenen Brüchen keimfreie Wundauflage.

Kein Einrichten, sondern nur grobe Achsenkorrektur unter vorsichtigem Zug, damit die Bruchenden nicht schmerzhaft aneinander reiben. Ruhigstellung durch behelfsmäßige Schienung (Skistöcke, Pickel, Rucksackversteifungen o.ä., am besten aufblasbare Luftkammerschiene) in Mittelstellung unter Einbeziehung der benachbarten Gelenke in der für den Verletzten angenehmsten Lage.

Fixierung beidseits des Bruches (nie direkt darüber), Polsterung. Kälteschutz.

Spezielle Brüche:

Arm: Dreiecktuch als Armtragetuch verwenden und zusätzlich am Brustkorb fixieren

Schlüsselbein: Polster in die Achselhöhle und Rucksackverband zur Entlastung

Rippen: Fester Verband um den unteren Rippenrand in Ausatemstellung

Wirbel: Flache Rückenlage auf harter Unterlage und schonendster Transport, da sonst Gefahr einer Querschnittslähmung

Knöchel: Schuhe nicht ausziehen, aber Schnürung lockern

Verrenkung: Gelenkkopf unter Kapselzerreiung aus Pfanne ausgetreten. Gelenk federnd gesperrt, im Vergleich abnorme Kontur. + Keine gewaltsamen Einrenkungsversuche (nur nach entsprechender Schulung!), sondern Ruhigstellung in angenehmster Lage und rascher Abtransport in ärztliche Behandlung.

Verstauchung: Gelenküberdehnung mit Kapselverletzung.

+ Feste Bandage mit elastischer Binde, bei Fußgelenk Schuhe nicht ausziehen, aber Schnürung lockern. Auf Hütte: Hochlagern und Kühlung durch feuchtkalte Umschläge bzw. Eis/Schnee.

Bänderzerrung, Bänderriss oder Meniskusverletzung: + wie bei Verstauchung

Quetschungen, Prellungen: + Ruhigstellen. Hochlagern, Kühlung, bei Blutergüssen zusätzlich elastische Binde und Salbe.

Muskelverletzungen: Am häufigsten Zerrung durch Überdehnung, v.a. bei kalten Muskeln.
+ Ruhigstellung durch Kompressionsverband und Kühlung (Schnee, Eis).
Muskelkrampf: + Maximale Durchblutung durch passive Dehnung des betroffenen Muskels erzielen sowie bei Wadenkrampf Fußspitze nach oben drücken, Massage.
Schuhdruckstellen: Vorbeugung durch Hirschtalg, medizinische Fusscreme oder "second skin".
+ Bei Schmerz und leichter Rötung faltenloses Aufkleben von Leukoplaststreifen.
Bei bereits bestehender Blase: Desinfektion, Aufstechen mit ausgekochter oder ausgebrannter Nadel, keimfreier, faltenloser Wundverband.
Temperaturschäden - Allgemeine Hitzeschäden. Hitzeerschöpfung, -kollaps, -krämpfe
Meist zusammen, durch ungenügende Flüssigkeitszufuhr, bzw. durch starken Wasser- und Salzverlust sowie unzweckmäßige Kleidung. Zeichen: Durst, Schwäche, Übelkeit.
Maßnahmen: Flüssigkeits- und Mineralsalzzufuhr in mehreren kleinen Portionen, Pause im Schatten mit Kühlung, Oberkörper hochlagern, Kleidung öffnen.
Hitzschlag: bei großer Hitze, hoher Luftfeuchtigkeit, Windstille und luftundurchlässiger Kleidung kommt es zur Wärmestauung im Körper, da keine Schweißabgabe mehr möglich - Lebensgefahr!
Zeichen: Puls und Atmung beschleunigt, Kopfschmerzen, Übelkeit, Brechreiz, Bewußtseinstrübung, heiße gerötete Haut, Anstieg der Körpertemperatur über 41°C.
Maßnahmen: wie allgemeine Hitzeschäden.
Örtliche Hitzeschäden
Sonnenstich: durch intensive, direkte Sonnenbestrahlung des unbedeckten Kopfes und Nackens.
Zeichen: Kopf- und Nackenschmerzen, Schwindelgefühl, Brechreiz, rotes und heißes Gesicht.
Maßnahmen: feuchtkalte Umschläge auf Kopf und Nacken, sonst wie bei allgemeinen Hitzeschäden.
Verbrennungen. Maßnahmen: Bei Grad I (Hautrötung) kaltes Wasser, bei Grad II (Blasenbildung) und Grad III (örtlicher Gewebstod) keimfreier Wundverband! Bei großflächigen Verbrennungen: Wundverband mit Alufolie, Ruhigstellung, Schockbekämpfung und rascher Abtransport in ärztliche Behandlung.
Sonnenbrand: Maßnahmen-Feuchtkalte Umschläge, öfters wechseln, kühlendes Gel.
Augenentzündung: durch UV-Strahlen Schmerzen, Fremdkörpergefühl (Sand) bis zu Schneeblindheit.
Vorbeugung: notfalls Behelfsbrille aus Karton mit Sehlöchern (Nadelstiche) oder Sehschlitzen.
Maßnahmen: lichtundurchlässiges Verbinden beider Augen, Augentropfen bzw. -salbe, Aufenthalt in abgedunkelten Räumen, kühlende Umschläge.

Wärmeregulation des Menschen

Der Mensch braucht als Warmblüter eine konstante Körpertemperatur, da die chemischen Umbauprozesse seines Organismus nur in engen Grenzen funktionieren. Von der Stoffwechselenergie fallen ca. 75% als Wärme (d.h. Abfallprodukt) an, der Rest wird in Ruhe hauptsächlich durch die inneren Organe benötigt, bei Arbeit von der Muskulatur. Zur Wärmeregulation dient hauptsächlich die Haut, v.a. die der Extremitäten, da Arme und Beine eine große Oberfläche und damit eine gute Kühlfunktion haben. Bei Hitze wird durch eine verstärkte Durchblutung der Blutgefäße in diesen Bereichen eine Wärmeabgabe an die Umgebung erzeugt, das rückströmende Blut kühlt dann den Körperkern. Bei Kälte funktioniert das Ganze umgekehrt: durch Engstellung der Blutgefäße in den Extremitäten wird die Durchblutung der Peripherie vermindert (zunehmende Erfrierungsgefahr), damit primär der Körperkern mit seinen lebenswichtigen Organen (Herz, Lunge, Leber, Niere, Gehirn) versorgt wird und warm bleibt. Diese sogenannte "Kreislaufzentralisation" (siehe Abbildung) stellt einen wirksamen Selbstschutz des Organismus zum Überleben dar, eventuell jedoch auf Kosten von Erfrierungen. Übrigens: Beim Schock bzw. Kreislaufzusammenbruch ist genau das Gegenteil der Fall - der Körperkern bekommt durch größeren Blutverlust oder fehlgesteuerte Blutverteilung weniger Blut als er brauchen würde.

Wärmeverluste beim Bergsteigen

Sie werden vor allem hervorgerufen durch Kälte, Nässe und Wind. Die verschiedenen Ursachen im einzelnen sind:

Tiefe Lufttemperatur: Zusätzlich zur Wärmeabstrahlung bis zu 30% kommt es zu Wärmeverlusten durch den ausgeatmeten Wasserdampf in der Atemluft.

Wind: Normalerweise existiert eine stabile warme Luftschicht als schützende Hülle um den Körper (Prinzip von Daunenjacke oder Faserpelzbekleidung), die jedoch bei Sturm fortgeblasen wird.

Enge oder feuchte Kleidung: Sie führen zu Durchblutungsstörungen bzw. Wärmeverlusten durch Verdunstung von Feuchtigkeit (gleiches Prinzip wie beim Schwitzen).

Erschöpfung: Durch das Aufbrauchen der Energiereserven nimmt die aktive Bewegung ab, und es wird weniger Wärme produziert.

Wassermangel: durch Bluteindickung kommt es zu langsamerem Sauerstofftransport und schlechterer Gewebeversorgung und damit zu erhöhter Erfrierungsgefahr.

Große Höhe: Sauerstoffmangel durch Luftdruckabfall auch im Gewebe begünstigt ebenfalls örtliche Erfrierungen. Dagegen besteht bei Punkt 1-4 hauptsächlich die Gefahr einer allgemeinen Unterkühlung.

Alpine Unfälle: Spaltensturz und Lawinenverschüttung haben neben ihren mechanischen Verletzungsmöglichkeiten bei längerer Exposition ebenfalls ein hohes Risiko von allgemeiner Unterkühlung.

Einfluß von Wind und Kleidung

Der Einfluß des Windes spielt eine sehr wichtige Rolle für den Abfall der Körpertemperatur bzw. für eine Unterkühlung: Der sog. "Wind-Chill-Effekt" kann bereits bei geringen Windgeschwindigkeiten zu einer Verdoppelung des Wärmeverlustes gegenüber Windstille führen, z.B. bei nur 8 km/Stunde und 10 Grad Celsius Außentemperatur. Auch verschiedene Bekleidung hat unterschiedliche Einflüsse: bei 10 Grad Celsius und 2 Stunden Einwirkzeit kommt es bei Isolation nur mit Baumwolle zu einem Abfall der Körpertemperatur auf 25 Grad Celsius, bei der Kombination von Baumwolle mit einer reflektierenden Alufolie auf 27 Grad Celsius und mit modernen Bekleidungsmaterialien wie z.B. Goretex auf 32 Grad Celsius.

Bei Kleidung und Schuhen hat sich in den letzten Jahren die Ausrüstung für den Bergsteiger entscheidend verbessert. Gerade beim Bergsteigen in der Kälte (Hochtouren, Skitouren, Expeditionen) hat sich moderne Sportunterwäsche aus dem Kunststoffmaterial Polypropylen voll durchgesetzt, da die Feuchtigkeit von der Haut weg nach außen transportiert wird. Faserpelz für die "mittlere Bekleidungssetage" ist ebenfalls leicht, warm, schnelltrocknend, praktisch und bequem zu tragen. Als äußere Schicht sind Goretex- oder ähnliche Materialien mit ihren wind- und wasserdichten Membranen, die ebenfalls bis zu einem gewissen Grad Feuchtigkeit nach außen transportieren, nicht mehr wegzudenken. All diese Materialien haben die Kleidung des Bergsteigers innerhalb von wenigen Jahren revolutioniert und das Risiko von Kälteschäden deutlich gesenkt, da sie zudem auch als Handschuhe, Kopfbedeckung und Fußbekleidung erhältlich sind.

Zu dieser Palette gehören auch die Plastik- (und Goretex-) Bergschuhe mit ihren unempfindlichen Kunststoffmaterialien, die nicht mehr - wie nasse Lederstiefel - gefrieren können. Modernes Isolationsmaterial bei den Innenschuhen, Detailverbesserungen wie elastischere Kunststoffe oder integrierte Gamaschen haben die Erfrierungsgefahr gerade beim Winter- oder Höhenbergsteigen stark herabgesetzt. Trotzdem können auch heute mit bester Ausrüstung immer noch schwere Kälteschäden auftreten, wenn Unkenntnis, Nachlässigkeit oder Fehlentscheidungen vorliegen.

Vorbeugung von Kälteschäden

Zusätzlich zu der empfohlenen Kleidung sollte bei entsprechenden Touren trockene, warme Ersatzwäsche mitgeführt werden. Dazu zählen Unterhemd/T-Shirt, eventuell eine lange Unterhose, Socken, Handschuhe, Mütze/Sturmhaube sowie Halstuch/Schal. Ein sog. "Rolli" ist ein praktisches mehrfach gefaltetes Strickband, das entweder als Stirnband, Mütze oder Halsschutz dient. In jedem Fall sollte im Rucksack eine Alu-Rettungsfolie (2 x 1 m) sein, während ein Biwaksack aus Platz- und Gewichtsgründen in der Praxis meist nur für größere Touren eingepackt wird.

Wichtig und komfortabel ist eine Mini-Isoliermatte als Schutz vor Bodenkälte, meist in der Größe eines Sitzkissens erhältlich. Manche Rucksackmodelle haben eine solche herausnehmbare Isolierschicht im Rückenteil eingebaut. Meiner Meinung nach ideal ist eine relativ dünne Isoliermatte in der Größe von ca. 80 x 35 cm, die einmal zusammengefasst als Sitzkissen in jeden Rucksack passt. In voller Größe dient diese Unterlage sogar als Liegefläche bei Biwaks, da sie von den Schultern bis zum Gesäß reicht, während Kopf und Beine leicht auf Rucksack, Seil oder Ähnlichem liegen können. Nasse Wäsche sollte unbedingt rechtzeitig gewechselt werden. Oft genügt es, trockene (Sport-) Unterwäsche anzuziehen, die darüber liegenden feuchten Schichten können durch warme Überkleidung wieder am Körper trocknen. Selbst bei Tagestouren lohnt sich dieses Prinzip für ein besseres Wohlbefinden. Ist die Kleidung sehr feucht bzw. nass, zieht man sie am besten außen an, z.B. Hemd über Faserpelz, da sie dort trocknet und noch etwas wärmen kann. Feuchte Wäsche wie auch Innenschuhe können auch über Nacht im Schlafsack getrocknet werden, wenn es keine andere Möglichkeit gibt. Gerade bei Expeditionen ist es ein alter Trick, vor dem Gipfelsturm die Füße zu waschen und frische Socken anzuziehen, da so eine bessere Wärmeisolation bzw. geringere Erfrierungsgefahr besteht. Entscheidend für die Vermeidung einer Unterkühlung ist das Herstellen einer möglichst windstillen Situation, z.B. durch entsprechend dichte Kleidung, Biwaksack oder das Graben einer Schneehöhle. Zur Vorbeugung von Kälteschäden dient auch das Vermeiden von Erschöpfung bzw. genügend Flüssigkeits- und Nahrungszufuhr. Warme Getränke aus der (unzerbrechlichen) Thermosflasche oder vom mitgenommenem (Mini-) Kocher können die Ausdauer und Moral entscheidend verbessern. Weniger bekannt ist, dass man auch mit Essen die Kälte bekämpfen kann. Speziell Eiweiße, also vor allem Milchprodukte und Fleisch, haben eine sogenannte spezifisch dynamische Wirkung, d.h. beim Verdauen im Magen-Darm-Trakt fällt als Abfallprodukt zusätzliche Wärme an.

Allgemeine Charakteristika der Unterkühlung

Das Absinken der Körperkerntemperatur unter den Sollwert, d.h. auf weniger als 36°C, ist vorrangig zu behandeln, da es gefährlicher als eine lokale Erfrierung ist.

Stadium 1 (37-34 Grad):

Erregungssteigerung als Gegenregulation mit Kältezittern der Muskulatur ("Verheizen"), Erhöhung von Puls und Atmung, Verengung der kleinen Hautgefäße sowie Schmerzen.

Stadium 2 (34-30 Grad):

Erregungsabnahme durch Energiemangel (zunehmende Verlangsamung aller Lebensvorgänge), Puls und Atmung unregelmäßig, keine Schmerzen mehr, steife Muskeln.

Stadium 3 (30-25 Grad):

Bewusstlosigkeit (Reaktionslähmung) mit akuter Lebensgefahr! Puls kaum tastbar, tiefe Atmung mit Pausen, keine Schmerzreaktion, weite, aber auf Licht reagierende Pupillen.

Scheintod/Tod (unter 25 Grad):

Puls nicht mehr tastbar, lange Atempausen, weite lichtstarre Pupillen.

Temperaturmessungen des Körperkerns (am besten mittels eines elektronischen Thermometers im Gehörgang) sind entscheidend für die einzuschlagende Behandlung, für die Feststellung des Todes und für die Beurteilung der Prognose. Dabei wird grob unterschieden zwischen einer "Safe Zone" bis maximal 32 Grad Celsius, in der die körpereigenen Abwehrmechanismen noch funktionieren, und einer "Danger Zone", in der der Unterkühlte "wie ein rohes Ei" zu behandeln ist.

Wichtig für eventuelle Wiederbelebungsmaßnahmen ist, dass die Überlebenszeit des Gehirns bei herabgesetzter Körpertemperatur deutlich verlängert wird. Normalerweise beträgt diese maximal 5 Minuten, danach treten irreparable Gehirnnervenschädigungen auf. Als Faustregel gelten etwa 7% mehr Überlebenszeitraum pro 1 Grad Celsius Temperaturabfall - das bedeutet bei 30 Grad Celsius etwa 10 Minuten Überlebenszeit, bei 25 Grad Celsius 25 Minuten, bei 20 Grad Celsius 45 Minuten und bei 16 Grad Celsius circa 1 Stunde.

Die Probleme einer Beurteilung im Gelände liegen in der individuellen Kältereaktion und in der Bewusstseinsbeeinflussung auch durch andere Faktoren wie Verletzungen, durchblutungsbedingte Erkrankungen, Einnahme von Medikamenten oder Alkohol sowie Erschöpfung.

Erste Hilfe Maßnahmen bei allgemeiner Unterkühlung

Bei allen Arten von Kälteschäden ist ein Kälteschutz durch Alufolie zu empfehlen, zusätzliche Bekleidung und Ähnliches zu empfehlen, um eine Isolation gegen Bodenkälte und Windeinfluss zu erreichen, sowie allgemeine Wärmezufuhr durch heiße, gezuckerte Getränke.

Im Gelände jedoch keinen Alkohol verabreichen, der zwar einen hohen Brennwert hat, aber gleichzeitig zu einer Steigerung der Hautdurchblutung mit entsprechender Wärmeabgabe an die Umgebung führt! Im Stadium 1 (36-34°C) sollte feuchte Kleidung durch trockene Wäsche ersetzt werden. Ab Stadium 2 (34-30°C) ist ein Aufwärmen im Gelände nicht mehr möglich und es sollten keine aktiven oder passiven Bewegungen bzw. Massagen mehr durchgeführt werden, da Gefahren durch den sogenannten "Bergungstod" drohen. Dabei kommt es durch Vermischung des kalten Schalenblutes mit dem warmen Kernblut zu einem gefährlichen Temperatursturz, und damit zum Kreislaufschock (blasse, feuchtkalte Haut, Pulsanstieg über 100, schwache und beschleunigte Atmung, evtl. sogar Herzstillstand)! Daher keine derartigen Manipulationen durchführen (auch keinen Kleiderwechsel!), sondern für schnellen passiven Abtransport in guter Wärmeisolation sorgen. Aus den gleichen Gründen soll auch zunächst nur der Körperkern (Rumpf) aufgewärmt werden, und zwar mit vorgewärmten Decken, Helferwärme oder Wärmebeutel (über dem Pullover). Am besten eignet sich die sogenannte Hibler-Wärmepackung: dabei werden mehrfach zusammengefaltete feuchtheiße Tücher auf die Unterwäsche von Brust und Bauch gelegt, nicht jedoch auf die nackte Haut. Darüber folgen Kleidung, Alufolie nur um den Rumpf sowie Decken und Biwaksack um den ganzen Körper mit einem guten Abschluß am Hals. D.h. die Wärmezufuhr erfolgt nur über den Rumpf mit den lebenswichtigen inneren Organen, während der sonstige Körper mit seinem kalten Schalenblut zunächst nicht extra erwärmt wird, sondern später langsam vom Zentrum her wieder "auftauen" soll. Die Hibler-Wärmepackung sollte bei längerem Abtransport alle 1-2 Stunden erneuert werden. Beim Transport ins Krankenhaus - am besten und schnellsten natürlich mit Hubschrauber - hilft die Zuführung warmer, befeuchteter Luft durch einen Arzt trotz relativ kleiner Wärmezufuhr sehr, da sie nahe zum Herzen und den großen Blutgefäßen gelangt und auch gerade in psychologischer Hinsicht den Verunglückten unterstützt. Während die reinen Expositions-Unterkühlungen, z.B. nach Spaltensturz, die besten Prognosen haben, sind die Überlebensraten bei zusätzlichen Verletzungen sowie vor allem bei Lawinenopfern deutlich schlechter.

Unterkühlung und Erste Hilfe speziell bei Lawinenunfällen

Neben mechanischen Verletzungen oder Ersticken im Schnee spielt bei Lawinenunfällen die Unterkühlung eine wichtige Rolle, die allerdings erst nach längerer Verschüttungsdauer entsteht.

Bei funktionsgerechter Kleidung rechnet man mit einer durchschnittlichen Abnahme der Körpertemperatur von 3 Grad Celsius pro Stunde; d.h. bei einer Verschüttungsdauer unter einer Stunde besteht in der Regel nur eine leichte Unterkühlung, darüber muss jedoch mit mehr oder weniger schweren Schäden gerechnet werden. Verschüttete, die nach kurzer Zeit bei klarem Bewusstsein ausgegraben werden, bieten in der Regel keine besonderen Probleme. Verletzte, die abtransportiert werden müssen, sollten sofort mit allen zur Verfügung stehenden Mitteln gegen Kälte isoliert werden, um die gefährlich schnelle Auskühlung außerhalb der Lawine (ca. 6°C pro Stunde) zu verhindern. Nach dem Ausgraben des Verschütteten (zuerst Freilegen des Kopfes!) müssen die lebenswichtigen Funktionen Atmung, Kreislauf und Gehirn (Bewusstsein und Pupillenreaktion) überprüft werden. Verlegte Atemwege durch Schnee, Erbrochenes oder durch die zurückgefallene Zunge, sowie bläuliche Gesichtsfarbe und fehlende Atembewegungen/-geräusche sind Anzeichen einer Erstickung und erfordern sofortige Wiederbelebungsmaßnahmen mit Atemspende und Herzdruckmassage. Bei großer Kälte und starkem Wind sollte man die Kleidung über dem Brustkorb nicht öffnen, sondern die Herzdruckmassage durch Biwaksack und Kleidung hindurch ausführen. Besonders kritisch ist die Beurteilung von Lawinenopfern, die nach längerer Zeit leblos ausgegraben und geborgen werden. Bei diesen ergibt sich für den Retter zusätzlich die große Schwierigkeit, im Gelände zwischen schwerster allgemeiner Unterkühlung und Tod durch Ersticken zu unterscheiden. Hinweise für Tod können sein: (Bauch-) Muskelsteifigkeit, eisgefüllte Körperhöhlen, zusätzliche Verletzungen bzw. geringe Verschüttungszeit (unter 1 Stunde) oder Körpertemperatur geringer als die Umgebung bzw. unter 15 Grad Celsius.

Der Verletzte kann aber auch so schwer unterkühlt sein, dass Atmung und Herzschlag ohne Hilfsmittel nicht mehr festgestellt werden können (Scheintod), aber noch ein Minimalkreislauf existiert, der den durch Kälte erheblich reduzierten Sauerstoffbedarf des Gehirns gerade deckt. Wertvolle Entscheidungshinweise gibt in einem solchen Fall ein elektronisches Trommelfellthermometer, das gut geschützt unter der Körperoberfläche nahe den Gehirnarterien misst. Trotzdem sollte auch weiterhin der Lehrsatz gelten, dass in Zweifelsfällen der Tod erst nach Wiedererwärmung festgestellt werden darf.

Hierzu ein markanter Merkspruch: "No one is dead until he's warm and dead!"

Umgekehrt ist ein kaltes, ganz langsam schlagendes Herz gegen mechanische Reize durch aggressive Herzdruckmassage sehr empfindlich, was eventuell zu einem gefährlichen Kammerflimmern führen kann. Eine Entscheidung, ob Herzdruckmassage oder nicht, ist vor Ort für den Laien wie auch für den Fachmann sehr schwierig. Meine persönliche Empfehlung in diesem Falle: Herzdruckmassage nur dann, wenn sie beherrscht wird und eine möglichst ununterbrochene Fortführung machbar erscheint. Dabei ist eine Frequenz von 30mal pro Minute, d.h. also etwa halbe Herzschlaggeschwindigkeit ausreichend. In jedem Fall ist auch beim Scheintot- Unterkühlten das sofortige Anlegen einer Hiberna-Wärmepackung von ausschlaggebender Bedeutung. Am besten ist natürlich ein schnellstmöglicher Hubschraubertransport in eine Klinik mit Intensivstation bzw. Herz-Lungen-Maschine zur Wiedererwärmung bei Kreislaufstillstand. Immer Lebensgefahr! Ein hoher Prozentsatz der Verschütteten ist sofort tot (ca. 20%). Rasch sinkende Überlebenschancen (bei 1 m Verschüttungstiefe nach 1 Stunde nur noch ca. 40%, nach 2 Std. ca. 20 %).

Daher unbedingt sofortige Kameradenhilfe!

Maßnahmen: lebensrettende Sofortmaßnahmen unmittelbar nach Ausgraben des Kopfes (ABC-Wiederbelebung), Schock- und Unterkühlungsbekämpfung.

Lokale Erfrierungen

Beim Erfrierungsvorgang handelt es sich nicht nur um ein lokales Ereignis mit Eiskristallbildung, Zellschädigung oder gar Absterben, sondern auch immer um eine schwere Durchblutungsstörung der angrenzenden Bezirke. Besonders gefährdet sind Zehen, Finger, Nase, Ohren infolge großer Oberfläche und schlechter Blutversorgung. Der Kältereiz führt zum Zusammenkrampfen der Blutendgefäße, zur Engerstellung der Blutzufuhr (Drosselung), zum Aneinanderkleben von Blutplättchen und - verbunden mit eventuellem Sauerstoffmangel in größeren Höhen - zu einer Verlangsamung und schließlich zum Stillstand des ernährenden und erwärmenden Blutstromes. Der Kälteeffekt wird durch Wind und Nässe gesteigert, wobei Erfrierungen der Füße in nassen Schuhen schon bei Temperaturen weit über null Grad möglich sind. Der Beginn der örtlichen Erfrierung ist meist unmerklich und schmerzlos. Das einzige Warnsymptom besteht in anhaltender Gefühllosigkeit. Merke: am Unfallort sind Grad und Ausdehnung der Erfrierung noch nicht zu unterscheiden – jede Erfrierung sieht anfangs aus wie eine Erfrierung 1. Grades!

Grad 1: weißes, kaltes, gering geschwollenes Gewebe, schmerzlos, jedoch mit Gefühlsstörungen (Taubheit). Nach dem Auftauen ist die Haut gerötet. In der Regel vollständige Heilung, jedoch bleibt eventuell eine lokale Kälteempfindlichkeit bestehen.

Grad 2: die Gegenregulation (Engstellung der Blutgefäße) ist aufgehoben, dadurch entsteht ein scheinbar wohlige Wärmegefühl, trotzdem schreitet der Erfrierungsprozeß weiter fort.

Es kommt zu blauroter Verfärbung, Blasenbildung mit Infektionsgefahr und zu Zerstörungen im Haut- und Unterhautgewebe, die Schäden sind nach 1-3 Tagen beurteilbar.

Grad 3: es liegen arterielle Gefäßverschlüsse und tiefe Gewebszerstörungen, Entzündungen und Geschwüre vor. Charakteristisch sind meist harte, gefrorene Gewebeschichten, nach Auftauen völlige Gefühllosigkeit und starke Schwellung, dann blauschwarze Verfärbung und später Abstoßungsreaktion. Das Ausmaß des Schadens ist nach 1-2 Wochen erkennbar, die Abheilung dauert Monate.

Erste Hilfe Maßnahmen bei lokalen Erfrierungen

Erfrierungen im Gesicht (meist rundliche weiße Flecken an Nase, Wangen oder Ohr) werden durch Auflegen von warmen Händen erwärmt. Das gleiche gilt für gefühllose Zehen, wobei dies nur an einem günstigen windstillen Ort erfolgen sollte. Taube Finger können im Gelände am besten in der

Achselhöhle oder zwischen den Oberschenkeln auftauen. Aktive Bewegungsgymnastik und vorsichtige Massage dürfen nur dann durchgeführt werden, wenn gleichzeitig keine allgemeine Unterkühlung vorliegt. Auf keinen Fall Einreiben mit Schnee (da Hautverletzungen möglich), keine Eröffnungen von Blasen (da Infektionsgefahr), erfrorene Stellen nicht in den Mund nehmen (wegen Verdunstungskälte durch Feuchtigkeit) und nicht rauchen (da Gefäßverengung)! Bei schweren Erfrierungen ist ein keimfreier lockerer Verband nötig sowie eine druckfreie Lagerung und passiver Abtransport, z.B. in eine Hütte, da eine entsprechende Behandlung im Freien kaum möglich ist. Nur in Unterkünften mit günstigen äußeren Bedingungen (Hütte, Zelt, notfalls Schneehöhle etc.) ist die weitere Behandlung mit Auftauen der erfrorenen Gliedmaßen sinnvoll: am Günstigsten, vor allem bei frischen Erfrierungen, ist ein rasches Auftauen der erfrorenen Körperteile in einem Wasserbad von circa 40 Grad Celsius mit aktiven Bewegungen. Dies ist jedoch sehr schmerzhaft, deshalb am besten mit Schmerzmitteln und, falls möglich, unter ärztlicher Kontrolle durchführen. Unter aktiven Bewegungen der Finger oder Zehen wird laufend warmes Wasser nachgegossen. Das Bad kann beendet werden, wenn eine rosige Hautfarbe auftritt, spätestens jedoch nach 30 Minuten, damit es zu keiner Hautaufweichung kommt. Nach vorsichtigem Abtrocknen empfiehlt sich ein keimfreier, warmer Watteverband. Falls obige Voraussetzungen nicht gegeben sind, so ist die - allerdings schlechtere - Alternative ein langsames Aufwärmen innerhalb von 30 Minuten durch ein zunehmend wärmeres Wasserbad von ca. 10 Grad bis auf 40 Grad Celsius oder Anlegen feuchter, warmer Umschläge, was allmählich von den noch gut durchbluteten Bezirken zu den erfrorenen Stellen hin erfolgen sollte (z.B. von Unterarm über die Hand zu den Fingern). Nach der Wiedererwärmung erscheinende helle, homogene Blasen haben eine günstigere Prognose als dunkle und blutgefüllte Blasen, die auf alle Fälle Dauerschäden erwarten lassen. Besonders gefährlich ist eine zu starke trockene Erwärmung (z.B. über einem Feuer), sowie das Wiedereinfrieren zwischenzeitlich aufgetauter Gliedmaßen im Gelände. Deshalb kann es bei Notfällen besser sein, erfrorene Gliedmaßen im Gelände nicht aufzutauen (z.B. über Nacht). Falls die Füße Erfrierungen 3. Grades aufweisen und noch einige Stunden weitergelaufen werden muss, sollte dies besser mit gefrorenen als mit aufgetauten Füßen versucht werden, da sonst starke Schmerzen und Entzündungen auftreten können sowie bei Wiedereinfrieren die Gefahr von großen Gewebeerlusten droht. Frühamputationen werden heute nicht mehr durchgeführt, stattdessen wird die Spontanabstoßung des zerstörten Gewebes abgewartet, was mehrere Monate dauern kann. Mögliche Spätfolgen sind Durchblutungsstörungen und erhöhte Gefahr von weiteren Erfrierungen. Wie oft beim Bergsteigen oder auch in der Medizin ist das Vorbeugen die sicherste und oft einzige Möglichkeit, größere Schäden zu vermeiden. Dazu gehören auch ausreichende theoretische Beschäftigung mit der Materie, die richtige Routen- und Zeitwahl, eine möglichst funktionelle Ausrüstung und auch die nicht leichte Entscheidung, notfalls auf ein Gipfelziel zu verzichten und stattdessen rechtzeitig umzukehren. Denn gerade bei Kälteschäden sind in den seltensten Fällen die Naturgewalten, sondern fast immer die jeweiligen Bergsteiger durch ihre eigenen Fehler schuld.

Höhenkrankheiten

Höhenschwindel

Maßnahmen: Blick nach oben, hinsetzen, sichern, ablenken und ruhig zureden.

Die akute Höhenkrankheit - Häufigkeit, Symptome, Therapie, Prävention

Häufigkeit: bei schnellem Aufstieg in Höhen über 3000 m bei über 75% aller Menschen

Ursache: wahrscheinlich eine leichte Schwellung des Gehirns, bedingt durch den Sauerstoffmangel

Frühzeichen: (abwarten möglich)

Kopfschmerzen, Übelkeit, Appetitlosigkeit, unruhiger Schlaf, nächtliche Atempausen

Zusätzlich: Ruhepulsanstieg um mehr als 20 %, geschwollene Beine und Hände, Leistungsabfall

Warnsymptome: Behandlung notwendig

Rapider Leistungsabfall (nichts geht mehr), konstante, schwere Kopfschmerzen, Herzjagen

Schlaflosigkeit, schwere Übelkeit, Erbrechen, Schwindel, Benommenheit, Lichtempfindlichkeit,

Gleichgewichtsstörungen

Zusätzlich: meist Abnahme der Urinproduktion auf $< 0,5 \text{ l} / 24\text{h}$, Atemnot bei Belastung

Therapie:

Frühzeichen: Rast, süße Getränke, kein weiterer Aufstieg, ein Tag Ruhe, wenn dann keine Besserung eingetreten ist, Abstieg um mindestens 500 Höhenmeter

Warnsymptome: sofortiger Abstieg, auch nachts, mindestens 500 m, mindestens aber bis zur Besserung des Befindens, evtl. auch passiver Abtransport, evtl. Medikamente (z.B. Diamox).

Medikamente: bei Frühzeichen Einnahme von Ibuprofen 600 mg einmal täglich.

bei Warnzeichen Einnahme von Acetazolamid (Diamox) 250 mg zweimal täglich, zusätzlich Ibuprofen

ABER: besser immer runter als Medikamente einnehmen. Am besten dem Körper Zeit lassen und an die richtige AKKLIMATISATION denken!

Höhenhirnödemen - High altitude cerebral edema (HACE)

Pathophysiologie des HACE

Vasogenes Hirnödem durch eine Permeabilitätszunahme der Blut-Hirn-Schranke durch Hypoxie
Zunahme des cerebralen Blutflusses, verminderte Autoregulation, Neurotransmitter ??, Tight fit - Hypothese

Symptome: schwerste Kopfschmerzen, Ataxie, Halluzination, Übelkeit, Erbrechen, vernunftwidriges Verhalten, Sehstörungen, Bewusstseinstörung bis Koma

Therapie HACE:

Sofortiger Abstieg, Sauerstoffgabe $4 \text{ l} / \text{min}$, Dexamethason 8 mg initial, dann 4 mg alle 6 h

Certec bag - Wenoll - System

Höhenlungenödem - High altitude pulmonary edema (HAPE)

Pathophysiologie HAPE

Hypoxisch bedingte pulmonale Vasokonstriktion führt zu inhomogenen peripher-pulmonalen Druckanstieg, alveolärer Flüssigkeitszunahme

Später dann: Entzündungsvorgänge

Warnsymptome: plötzlicher Leistungsabfall, trockener Husten, fein - bis grobblasige RGs

Dyspnoe bei normaler Anstrengung

Alarmsymptome: Ruhedyspnoe, schwerer Husten mit schaumig-rötlichem Auswurf, schwere Zyanose

Differentialdiagnose HAPE:

Kardiales Lungenödem, Lungenembolie, Pneumonie, Asthmaanfall, CO-Intoxikation (Kochen im Zelt), Pneumothorax

Therapie HAPE: (Nifedipin)

Aufsetzen, sofortiger Abstieg oder Abtransport in tiefere Lagen (2000 m), Oberkörper hochlagern

Sofern vorhanden: Sauerstoff $4 \text{ l} / \text{min}$ Certec bag, Wenoll - System, evtl. Medikamente bei entsprechender Erfahrung: Nifedipin 10 mg sl, dann 20 mg ret. / Clexane 40 s. c.

Periphere Höhenödeme

Periphere Höhenödeme sind an sich harmlos, aber Warnzeichen für AMS, bedingt durch Wasserretention bei Störung des Renin-Aldosteron-Systems, Zunahme während der Nacht

Therapie: Diamox oder Lasix

Netzhautblutungen

Flächenartige, meist multiple Retinablutungen in Höhen über 5300 m mit 50-80% sehr häufig
meist harmlos, Sehstörungen nur bei zusätzlichem Papillenödem oder Makulablutung (selten)

Sonstige Schäden

Blitzschlag

Herz-, Kreislauf- bzw. Atemstillstand, Bewusstlosigkeit oder Erregungszustand, Lähmungen, Schock, Verbrennungen, Muskelverkrampfungen. Weg von exponierten Punkten (Grat, Gipfel, Baum), Feuchtigkeit oder Metall, Hock-Kauerstellung auf Rucksack oder Seil in freiem Gelände, nicht in Höhlen oder Mulden.

Maßnahmen: lebensrettende Sofortmaßnahmen, Schock- und Brandwundenbekämpfung, bei Herzstillstand Faustschlag gegen Herzgegend, um evtl. dadurch das Herz wieder zum Schlagen zu bringen.

Bergungstod

Plötzlicher und unerwarteter Tod bei Unterkühlung durch Vermischen von kaltem und warmem Blut oder bei starker Erschöpfung durch Nachlassen des Selbsterhaltungstriebes beim Nahen der Rettungsmannschaft mit Zusammenbruch der lebenswichtigen Funktionen.

Vorbeugung:

Hoffnung machen, aber keine volle Gewissheit der Rettung geben. Lebensimpulse anregen.

Freies Hängen im Seil

Nach wenigen Minuten Gefühl- und Bewegungslosigkeit, schließlich Lähmungen durch Abschnüren der Gefäß-Nervenstränge in den Achselhöhlen, Gefahr von Kreislaufkollaps, Schock und Nierenversagen durch Versacken von Blut in den Beinen sowie Atembehinderung.

Vorbeugung: Brust- und Sitzgurt mit vorbereiteter Prusikschlinge zum Hineinsteigen mit Füßen.

Maßnahmen: Nach Bergung nicht flach lagern, da durch raschen Blutrückfluß mit Stoffwechselabbauprodukten Herzversagen möglich ist. Deshalb nach mehr als 30 Min. Hängen immer passiver Abtransport in Seitenlagerung oder Kauerstellung, sowie Einlieferung in ein Krankenhaus mit "künstlicher Niere".