

**BACHELORARBEIT**  
**PHYSIOLOGIE IM ALPINEN RAUM**



(Gipfelgrat zum Großvenediger Juli 2010)

**Medizinische Universität Graz**  
**Gesundheits- und Pflegewissenschaft**

**Melanie Mayer**  
**0534671**

**Betreuerin:**  
**Ao.Univ.-Prof. Dr.phil. Anna Gries**

**Institut für Physiologie**

**8010 Graz, Harrachgasse 21/V**


**vorausgesetzte Lehrveranstaltung: Physiologie**

**Abgabe: Graz, März 2011**

## Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebene Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Weiters erkläre ich, dass ich diese Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt habe.

Graz, am... 23.03.2011

Unterschrift..... 

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Definitionen.....	2
1.1.1 Alpiner Raum und Alpinismus.....	2
1.1.2 Bergsteigen und Hochtouren.....	2
1.1.3 Höhe.....	3
<b>2. Physikalische Bedingungen und Besonderheiten in der Höhe.....</b>	<b>5</b>
2.1 Physikalische Veränderungen.....	5
2.1.1 Luftdruck und Sauerstoffpartialdruck.....	5
2.1.2 Temperatur.....	6
2.1.3 Wasserdampfgehalt.....	6
2.1.4 Luftdichte.....	7
2.1.5 Strahlung.....	7
2.1.5a Ultraviolette Strahlung.....	8
<b>3. Physiologische Mechanismen beim Bergsteigen.....</b>	<b>11</b>
3.1 Akklimatisationsmechanismen.....	11
3.1.1 Atmung.....	14
3.1.2 Kreislauf.....	15
3.1.3 Blut.....	16
3.1.4 Nierentätigkeit.....	17
3.1.5 Haut und UV-Index.....	18
3.1.6 Augen.....	21
3.2 Geschlechtsunterschiede.....	23
3.2.1 Anti-Baby-Pille und Schwangerschaft in der Höhe.....	24
<b>4. Ernährung.....</b>	<b>25</b>
4.1 Energiestoffwechsel unter Akklimatisationsbedingungen und Hypoxie.....	25
4.2 Höhenbedingter Gewichtsverlust.....	27
4.3 Flüssigkeitshaushalt beim Bergsteigen.....	29
4.4 Auswirkungen der Flüssigkeitsdefizite.....	31
4.5 Bedeutung der Versorgung mit Makro- und Mikronährstoffen.....	31
4.6 Allgemeine Ernährungsempfehlung beim Bergsport.....	36
<b>5. Risiko und Gefahren in der Höhe.....</b>	<b>38</b>
5.1 Allgemeine Gefahren im alpinen Raum.....	39
5.2 Gesundheitsschäden durch Höhengaufenthalte.....	41

5.2.1 Höhenkrankheit.....	41
5.2.2 Hypothermie.....	42
5.2.3 Schneeblindheit.....	42
<b>6. Zusammenfassung.....</b>	<b>44</b>
<b>7. Diskussion.....</b>	<b>45</b>
<b>8. Literaturverzeichnis.....</b>	<b>46</b>
<b>9. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>48</b>
<b>Anhang A: Die 10 Regeln der DGE für gesunde Ernährung.....</b>	<b>49</b>
<b>Anhang B: Beispiel eines Tagesspeiseplanes.....</b>	<b>51</b>
<b>Anhang C: Windchill - „gefühlte Temperatur“.....</b>	<b>52</b>

## 1. Einleitung

„Wandern ist eine vollkommene Art der Fortbewegung,  
wenn man das wahre Leben entdecken will. Es ist der Weg in die Freiheit!“

Elizabeth von Armin (1866 – 1941)

Schon in meiner Kindheit mochte ich es, mit meinen Eltern in den Bergen unterwegs zu sein und von Hütte zu Hütte zu wandern. Vor drei Jahren erfüllte ich mir den Wunsch, Klettern am Seil – Sportklettern zu erlernen. Durch die Bewegung in den Wäldern, auf Bergen und am Fels und den direkten Kontakt mit Bergsportlern begann ich, Begeisterung für den „Alpinismus“ zu entwickeln. Vor kurzem unternahm ich meine ersten „Hochtouren“ und mich packte sofort die Leidenschaft, die höchsten Gipfel der Welt erklimmen zu wollen. Dies ist jedoch nicht möglich ohne Grundkenntnisse über Bergsteigen in der Höhe, den alpinen Raum, die nötige Kondition und Ausdauer.

So kam ich zu meinen Fragestellungen:

5. Welchen physiologischen Veränderungen ist der Mensch unterworfen, wenn er sich im alpinen Raum aufhält?
6. Wie wirkt sich Höhe auf den menschlichen Körper aus?
7. Welche Folgen können kurze oder lange Höheng Aufenthalte auf den Menschen haben?
8. Ist es möglich, Auswirkungen von Höhe durch Ernährung zu kompensieren bzw. die Leistung beim Bergsteigen zu steigern?

Um Antworten auf diese Fragen zu bekommen, werde ich im Folgenden einige Begriffe definieren, im Allgemeinen auf physikalische und physiologische Besonderheiten in Höhen und im Speziellen auf die Ernährung eingehen.

## 1.1 Definitionen

### 1.1.1 Alpiner Raum und Alpinismus

Der Begriff „Alpen“ ist die Pluralform des Wortes „Alp(e)“, das in vorrömischer Zeit einen „Berg“, später eine „Bergweide“ bezeichnete. Als übertragener Name wird „Alpen“ auch als Bezeichnung für andere Gebirge verwendet z.B. Australische Alpen, Neuseeländische Alpen, Apuanische Alpen.

„Alpin“ wird zum Überbegriff für „gebirgig“ oder synonym zu „Berg-“ angewandt (vgl. Bätzing, 2003).

Die Alpen sind das höchste Gebirge im Inneren Europas. Sie erstrecken sich vom Ligurischen Meer bis zum Pannonischen Becken und sind in zahlreiche Berggruppen und -ketten unterteilt. Der Alpine Raum umfasst Gebiete der acht Alpenstaaten Frankreich, Monaco, Italien, Schweiz, Liechtenstein, Deutschland, Österreich und Slowenien, bildet den Lebensraum von 13 Millionen Menschen, ist Erholungs- und gleichzeitig Ziel vieler Sportler. (vgl. [wikipedia.org/wiki/Alpen](http://wikipedia.org/wiki/Alpen)).

Die älteste sportliche Betätigung im alpinen Raum ist der klassische Alpinismus, bei dem es nur darum geht, auf einen Berggipfel zu steigen (vgl. Humm, 2009).

Alpinismus wird als Überbegriff für Aktivitäten um und am Berg verstanden und umfasst Wandern, Bergsteigen – Hochtouren, Klettersteige, Klettern, Skitouren, Expeditionen – Trekking, Mountainbiken, Paragliding und die neueren Formen Base Jumping und Speedgliding.

### 1.1.2 Bergsteigen und Hochtouren

Laut Stückl und Sojer ist klassisches Bergsteigen eine Spielform des Alpinismus. Darunter versteht man die Weiterführung des Bergwanderns in zunehmend schwierigeres Gelände - steiles wegloses Gelände, Steilschrofen, leichte Klettereien, steilere Schneefelder, das Bewegen im Absturzgelände - mit dem Ziel, den Gipfel zu erreichen. Bei Hochtouren kommt in entsprechenden Höhenlagen das Begehen von Gletschern hinzu. Hochtouren sind Bergtouren in höheren und hohen Lagen. (vgl. Stückl & Sojer, 1997, S.12-13; S.57).

Doch auch beim Bergsteigen gibt es verschiedene Formen, die von der Motivation und der Intensität der Belastung abhängen. Zum Einen kann das Bergsteigen als Gesundheitssport und zum Andern als Leistungssport, in extremer Ausübung auch als Hochleistungssport angesehen werden. Überwiegend wird es jedoch als Freizeitsport, als alpiner Aktivurlaub ohne angestrebte Leistung betrieben. Unabhängig von den

Voraussetzungen, unter denen man sich in die Berge begibt, ist Bergsteigen eine Ausdauersportart mit mittlerer bis hoher Intensität bei der zusätzlich besondere Umstände (siehe Kapitel 2) hinzukommen, die auf den menschlichen Organismus einwirken. Andere Kriterien wie Kraft, Koordination, Flexibilität, Schnelligkeit und Geschicklichkeit werden auch benötigt, jedoch in unterschiedlich starker Ausprägung. Die Ausdauerleistungsfähigkeit ist also eine wichtige Grundvoraussetzung der alpinen Disziplin (vgl. Berghold, 1987).

### 1.1.3 Höhe

„Doch wenn man ihn konkret fragen würde, den Geologen, Geographen, Meteorologen, Botaniker, Zoologen, Hydrologen, Mythologen, den Bergsteiger, Heimatdichter, Maler, Straßenbauer, Eisenbahner oder gar die vielen Touristen, die jährlich im Urlaub Hochgebirge aufsuchen, oder die Tiroler, Nepalesen, Peruaner und Georgier, würden sie dann eine Übereinstimmende Antwort geben?“ (Klotz et. al, 1989, S.7)

Diese Frage deutet schon darauf hin, dass der Begriff Höhe willkürlich und individuell verwendet wird. Im Hinblick auf die vorliegende Arbeit ist eine Definition aus medizinischer Sicht am sinnvollsten, da die Höhe ein von außen einwirkender Faktor ist, der alle Menschen, ob jung oder alt, ob sportlich oder untrainiert, gleichermaßen trifft. Die unterschiedlichen Höhenlagen werden dabei anhand bestimmter physiologischer und physikalischer Veränderungen unterschieden:

*Höhenstufen nach Berghold und Schaffert, 1999:*

- Mittlere Höhen 1500 – 2500 m: arterielle Sauerstoffsättigung liegt > 90%; Ausdauerleistungsfähigkeit vermindert sich um ca. 5 %; die akute Höhenkrankheit kommt praktisch nicht vor.
- Große Höhen 2500 – 5300 m: der menschliche Organismus muss sich gezielt akklimatisieren; den Übergangsbereich nennt man Schwellenhöhe; Höhenanpassungsstörungen treten gehäuft auf.
- Extreme Höhen 5300 – 8850 m: eine Akklimatisation ist nicht mehr möglich, nur Kurzaufenthalte; wenn man sich zu lange in diesen Höhen aufhält, führt dies zum Tod.

*Höhenstufen nach Pollard und Murdoch, 2007:*

- Mittlere Höhen 1500 – 2500 m: physiologische Veränderungen infolge einer hypobaren Hypoxie (Sauerstoffmangel bei reduziertem Luftdruck in der Höhe) sind nachweisbar, jedoch liegt die Sauerstoffsättigung stets > 90%. Es kann zur Höhenkrankheit kommen.
- Große Höhen 2500 – 3500 m: vor allem bei raschem Aufstieg bis in Höhen oberhalb von 2500m tritt die Höhenkrankheit oft auf.
- Sehr große Höhen 3500 – 5800 m: arterielle Sauerstoffsättigung sinkt < 90%. bei körperlicher Belastung kann es zu ausgeprägter Hypoxämie (Sauerstoffmangel) kommen.
- Extreme Höhen >5800 m: eine erfolgreiche Akklimatisation ist nicht zu erreichen; dauerhaftes Überleben ist unmöglich; bereits in Ruhe eine deutliche Hypoxämie.

*Hochholzer, 1996 nennt zusätzlich:*

- Indifferenzzone, 0 – 1200 m: die körperliche Leistungsfähigkeit ist relativ uneingeschränkt vorhanden; keine größeren Reaktionen auf die Höhe festzustellen.
- Reizschwelle ~ 1200 m: der menschliche Körper beginnt erstmals auf den „Reiz“ Höhe zu reagieren
- Todeszone >7500 m: ein Aufenthalt ohne Schäden ist nur kurze Zeit möglich, da es zu einer rapiden Abnahme der körperlichen Funktionen kommt.

In der Folgenden Grafik werden die Höhendefinitionen auf einen Blick zusammengefasst:

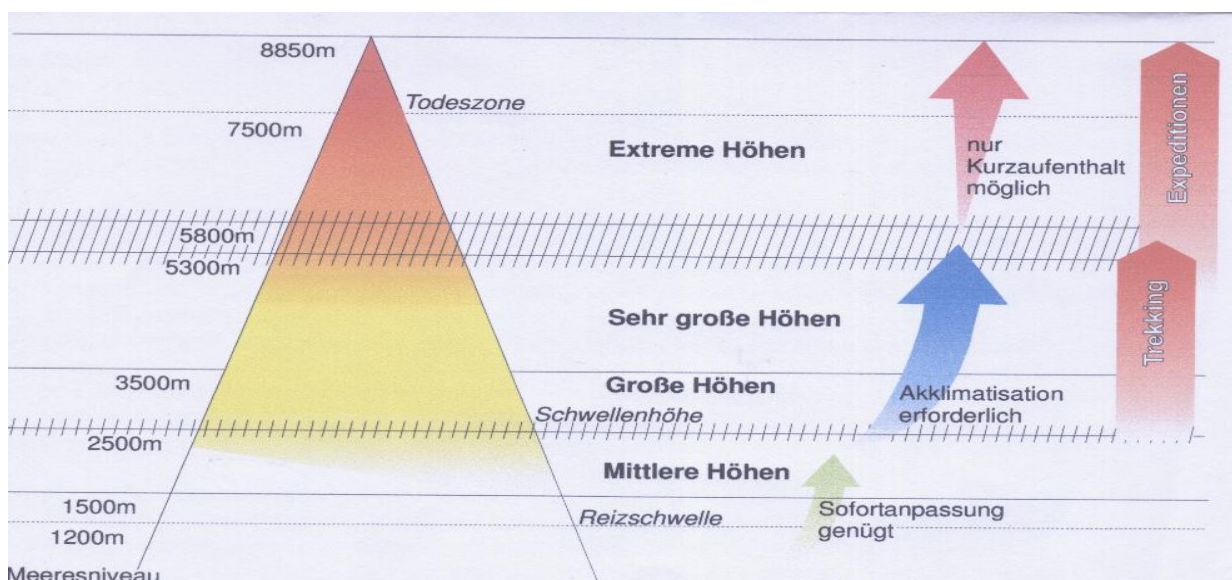


Abbildung 1: Höhenstufen (Schatzl P., 2001, S.6)

## **2. Physikalische Bedingungen und Besonderheiten am Berg und in Höhenlagen**

Anhand der Definitionen war nun festzustellen, dass Bergsteigen eine multidimensionale Sportart ist, bei der viele Komponenten zusammenkommen, die Einfluss auf den menschlichen Organismus und seine Leistung haben. Neben der Kondition – umfasst den Ausdauer- und Kräftezustand, sowie auch die psychische Leistungsbereitschaft – stellen die Umweltbedingungen in der Höhe die größte Herausforderung für den Alpinisten dar. Die physikalischen Bedingungen sind nur bedingt durch vorbereitende Maßnahmen zu beeinflussen, aber ausschließlich durch richtiges Verhalten in den verschiedenen Höhensituationen zu beherrschen (vgl. Berghold, 1987).

### **2.1 Physikalische Veränderungen**

2.1.1 Luftdruck und Sauerstoffpartialdruck: Der Planet Erde wird von mehreren übereinander angeordneten meteorologischen Schichten umschlossen, die in ihrer Gesamtheit als Atmosphäre (=Gashülle) bezeichnet werden können. Die Erdatmosphäre setzt sich aus vier Schichten zusammen: Der Troposphäre (=Wetterschicht) und den darüber liegenden Stratosphäre, Mesosphäre und Thermosphäre. Die chemische Beschaffenheit setzt sich im wesentlichen aus den Gasen Stickstoff (~ 78%), Sauerstoff (~21%), Argon und einem geringem Anteil an Kohlendioxid zusammen, deren historischer Ursprung in der Entstehung unseres Planeten zu finden ist (vgl. Hans-Jürgen Blum, 2001). Die Sauerstoffkonzentration bleibt bis in die Stratosphäre gleich. Eine Änderung unterliegt nur der Abhängigkeit von der jeweiligen Höhe des Druckes (vgl. Bernett/ Zintl, 1987). Durch die Erdanziehungskraft prasseln diese Gasmoleküle auf die Körper und alles andere nieder und üben damit eine Kraft aus, die man atmosphärischen Druck nennt (vgl. John T. Moore, 2008).

Der Luftdruck wird physikalisch durch das Gewicht der entsprechenden Luftsäule auf die Erdoberfläche bestimmt. Mit zunehmender Höhe nimmt der barometrische Druck exponentiell ab. Die Zu- und Abnahme des Luftdruckes besonders in der Wetterschicht, ist von der jeweiligen mittleren Temperatur und der Dicke der Luftschicht abhängig (Hans – Jürgen Blum, 2001, S. 29).

Auf Meereshöhe beträgt der atmosphärische Druck 760 mmHg (Quecksilber) oder 1000 mbar (Millibar), d.h. er hält einer Quecksilbersäule von 760 mm die Waage. Bei 3000 m über dem Meer sinkt der Druck auf 526 mmHg, in 5000 m Höhe auf etwa 400 mmHg und auf dem höchsten Berg der Welt, dem Mount Everest, beträgt der Luftdruck

nur noch 250 mmHg. Für den Körper wesentlich ist jedoch, dass proportional zum Luftdruckabfall auch der Sauerstoffpartialdruck (= Sauerstoffdruck der Einatemungsluft) sinkt. Dieser beträgt auf Meereshöhe ~ 160 mmHg, sinkt bei 3000 m auf 100 mmHg, in 5000 m Höhe beträgt er knapp die Hälfte und in 8800 m Höhe nur noch ein Drittel im Vergleich zur Meereshöhe. Bei gegebener Höhe liegt der barometrische Druck am Äquator höher als an den Polen und ist im Sommer höher als im Winter. Bei Bergsteigern kann der Sauerstoffmangel in Höhen oberhalb von 2500 m zu potenziell lebensbedrohenden Krankheiten führen (Pollard/ Murdoch, 2007, S.24). Der tatsächliche Sauerstoffpartialdruck in den Lungenbläschen liegt noch um etwa 10 mmHg niedriger, da die Einatemungsluft in den zuführenden Atemwegen zu 100% mit Wasserstoff gesättigt wird und dieser Wasserdampf in dem Gasgemisch sich auf Kosten der atmosphärischen Luft anreichert. (Bernett/ Zintl, 1987, S. 10).

2.1.2 Temperatur: Im Gebirge sind oft enorme Temperaturschwankungen zu beobachten. Im Westkar am Mount Everest (6000 – 7000 m) kann die Temperatur in der Sonne über 30°C betragen. Sobald die Sonne hinter den umgebenden Bergen verschwunden ist, kann sie innerhalb von Minuten unter den Gefrierpunkt sinken (Pollard/ Murdoch, 2007, S.103). Am Mount McKinley in Alaska wurde um 12 Uhr mittags eine Temperatur von +25°C auf 4400 m Höhe gemessen und in derselben Nacht um 24 Uhr in gleicher Höhe eine Minustemperatur von – 32,5°C – ein Temperaturunterschied von 57°C (Bernett/ Zintl, 1987, S.11). In der Höhe kommt zu einem deutlichen Abfall der Lufttemperatur.

Die Troposphäre (=Wetterschicht) reicht vom Erdboden bis zur Tropopause in ~15 km Höhe. In dieser Schicht befinden sich 90% der gesamten Luft und des Wasserdampfes der Erdatmosphäre, die nur gering durch direkte Sonneneinstrahlung erwärmt wird. Der Großteil der Wärme wird vom Erdboden aufgenommen, weswegen die Lufttemperatur durchschnittlich um etwa 6,5°C/ km Höhe abnimmt. In trocken - adiabatischen (wolkenlosen) Abschnitten beträgt der Temperaturabfall im Durchschnitt 1°C/ 100 m, im feuchten – adiabatischen (wolken- & nebelreichen) Raum ~ 0,6°C/ 100 m (vgl. Schönwiese, 2003). Dies gilt nur als Anhaltspunkt, da die tatsächliche Temperatur von Windgeschwindigkeit [=Windchill (siehe Anhang C)], Luftfeuchtigkeit, Reflexion und Sonneneinstrahlung abhängig ist (Bernett/Zintl, 1987, S.11).

2.1.3 Wasserdampfgehalt: Der Wasserdampfgehalt in der Atmosphäre, besonders in der Wetterschicht wird als Luftfeuchte bezeichnet und kann einen Anteil von 4 Vol.%

erreichen. Wie viel Luftfeuchtigkeit besteht, ist abhängig von der Lufttemperatur und dem darin enthaltenen Wasserdampfgehalt, sowie von der Höhe und den Wetterlagen. Bei geringer Lufttemperatur kann die Luft nur wenig Wasserdampf, bei hoher hingegen viel Wasserdampf aufnehmen. Die Wasserdampfsättigung gibt an, zu wie viel Prozent die Luft mit Wasserdampf bei einer bestimmten Temperatur gesättigt ist (vgl. Hans-Jürgen Blum, 2001, S. 30). Luft bei 0°C enthält fast kein Wasser, ab -10°C ist sie so gut wie feuchtfrei. Die Reduzierung des Wasserdampfdrucks in der Luft wirkt sich nur in Ausdauersportarten aus und beeinträchtigt die Leistungsfähigkeit (Hollmann, 2005, S. 462). Herrscht trockene Luft, so muss der Organismus die nötige Flüssigkeit zur Wasserdampfsättigung der Einatemluft, die immer auf Körpertemperatur erwärmt die Lungenbläschen erreicht, selbst aufbringen. Je kälter es nun ist und ohne merkbares Schwitzen können in Extremfällen bei intensiverer Atmung Wasserverluste von 5 – 7l/ 24 Stunden entstehen (vgl. Bernett/ Zintl, 1987).

2.1.4 Luftdichte: So wie der Druck, die Temperatur und der Wasserdampfgehalt, so sinkt auch die Dichte der Luft mit zunehmender Höhe, d.h. sie wird dünner. Sie nimmt in einer Höhe von 1850 m um 20% ab und in 2240 m ist sie um 26% vermindert. Der Abfall der Dichte hat eine Veränderung der Atemmechanik zur Folge (vgl. Hollmann, 2005). Die gewechselte Luftmenge kann bis auf einen maximalen Atemgrenzwert (max. ventilatorisches Leistungsvermögen pro Minute) von 120 – 170l Luft/ min. gesteigert werden (vgl. Bernett/ Zintl, 1987; Faller & Schünke, 2004). Das ist in etwa das 20- bis 25fache der Vitalkapazität, d.h. der maximalen ventilierbaren Luftmenge. Sie ist ein Maß für das maximale Atemvolumen und ist abhängig von Alter, Geschlecht, Körperbau und Trainingszustand (vgl. Faller & Schünke, 2004). Bei einer Untersuchung in Merida in Venezuela in 4100m Höhe wurde ein um 20% vergrößerter Wert beobachtet. Der Grund ist dem geringeren Strömungswiderstand der dünneren Luft zuzuschreiben (vgl. Bernett/ Zintl, 1987).

2.1.5 Strahlung: Alle Menschen sind seit ihrem Bestehen einer ständigen „*natürlichen Strahlung*“ ausgesetzt, die aus unterschiedlichen Quellen stammt. Die *terrestrische Strahlung* geht von Strukturen in der Erdoberfläche aus und wird mit zunehmender Höhe geringer. Durch den Zerfall von Radionukleiden (z.B. Uran, Thorium) und ihre Tochterprodukte in der Erdkruste entstehen *ionisierte Strahlen*. In der Luft befinden sich die Radionukleide Tritium, Kohlenstoff und v.a. die Edelgase Radon aus der Zerfallsreihe

von Radium. Die natürliche Strahlung wirkt also von außen über Radionukleide und über radioaktive Gase oder Stäube von innen auf den menschlichen Organismus ein. Zur inneren Strahlung werden auch noch die durch Nahrung und Trinkwasser aufgenommene Aktivität und die im Menschen selbst entstehenden Spaltprodukte hinzu gezählt. Wichtig beim Wassergebrauch im Gebirge auf mehrwöchigen Touren oder Expeditionen. Dabei ist die Strahlenbelastung durch die Aufnahme von erhöht radioaktivem Quellwasser eher zweitrangig. Die natürliche Radioaktivität ist zwar abhängig vom Mineraliengehalt im Erdboden, diese kann aber sowohl im Gebirge als auch in tiefen Lagen erhöht sein, wie z.B. im Gasteinertal (vgl. Lafenthaler, 2007; Bartlomé & Marty).

Ein Teil der Gesamtstrahlung auf der Erdoberfläche wird als *kosmische Strahlung* bezeichnet, die zum Teil aus hochenergetischen Teilchen besteht. Der Ursprung dieser Partikel ist zum einen die Sonne, *solare Strahlung*, zum anderen stammt diese *Primärstrahlung* aus fernen Sternensystemen im Weltall. Die Intensität der solaren Strahlung ist abhängig von der Sonnenaktivität. Die Sonnenstrahlung ist aus Protonen, Alphapartikel und Atomkernen wie Kohlenstoff, Sauerstoff, Magnesium und Eisen zusammengesetzt. Diese hochenergetische Ladung prallt auf Sauerstoff und Stickstoff und andere Bestandteile der Atmosphäre und löst Interaktionen aus, die zur „*Sekundärstrahlung*“ führen. Diese löst wiederum weitere Reaktionen aus. Es handelt sich um ein Drei - Kaskadensystem, sodass nur noch ein kleiner Teil der kosmischen Strahlen auf die Erde auftrifft, die mit zunehmender Höhe ansteigt. (vgl. Draeger/ Kriebel, 2002).

Inwiefern sich nun radioaktive und ionisierte Strahlung auf ein Leben oder Aufenthalte in größeren Höhen bzw. im Gebirge auf den Organismus auswirken ist bis heute noch nicht genau erforscht. Fest steht jedoch, dass Trinkwasser- und Nahrungsversorgung eine Rolle dabei spielen.

**2.1.5a Ultraviolette Strahlung:** Das Sonnenlicht besteht aus einer Mischung elektromagnetischer Strahlen unterschiedlicher Wellenlänge, von der langwelligen infraroten Strahlung bis zur kurzwelligsten, der ultravioletten Strahlung (UVS). Die UV – Strahlung besteht aus UVA-, UVB-, und UVC – Strahlen. Die UVC – Strahlen werden vollständig in der Ozonschicht der Stratosphäre resorbiert, UVA und UVB erreichen die Erdoberfläche. Die UV – Menge, die die Erde erreicht ist abhängig von: Ozon in der Stratosphäre; Tageszeit - um die Mittagszeit am größten, da die Strahlen hier den kürzesten Weg haben; Jahreszeit – im Sommer am größten; Witterungsbedingungen – Strahlen dringen zwar durch die Wolkenschicht durch, jedoch in abgeschwächter Form;

geografische Breite – Strahlen am intensivsten am Äquator. Für den Bergsportler am wichtigsten sind Höhe und Reflexion. Mit zunehmender Höhe werden die Strahlen intensiver, da sie einen kürzeren Weg durch die Schichten der Atmosphäre haben und absorbierende Dunstschichten wegfallen (vgl. Holick, Jenkins, 2005). Die geringere Dichte und ein dünnerer Filter an Staubteilchen bewirken, dass z.B. in Mont – Blanc – Höhe nur etwa 6% dieser Strahlung abgeschirmt werden (Bernett/ Zintl, 1987, S.11). Kurzwellige UV – Strahlung unterliegt einer höhenbedingten Zunahme von 20%/ 1000 Hm (vgl. Dickhuth, 2007).

Bestimmte Oberflächen wie Schnee und Eis im Hochgebirge reflektieren die UV – Strahlung und steigern deren Intensität selbst noch im Schatten. (Holick, Jenkins, 2005) Die Reflexion bei Neuschnee verstärkt die UV – Exposition bis zu über 80%. Durch Höhe und Reflexion kann die Strahlenbelastung im Hochgebirge 200- bis 400 - mal höher als normal, auf Meeresniveau, steigen. Die kumulative UV – Exposition kann Veränderungen der Haut bewirken und zu Krebs führen (vgl. Dickhuth, 2007).

Hier noch einmal eine kurze Darstellung, wie Höhe, Luftdruck und Temperatur zusammenhängen:

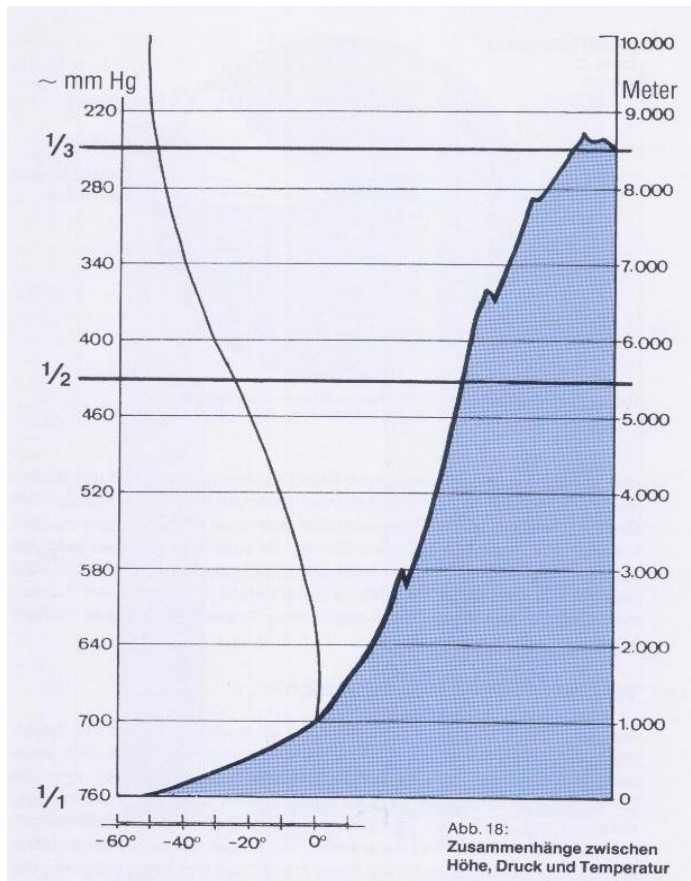


Abbildung 2: Zusammenhänge von Höhe, Luftdruck und Temperatur (Berghold, 1987, S.104)

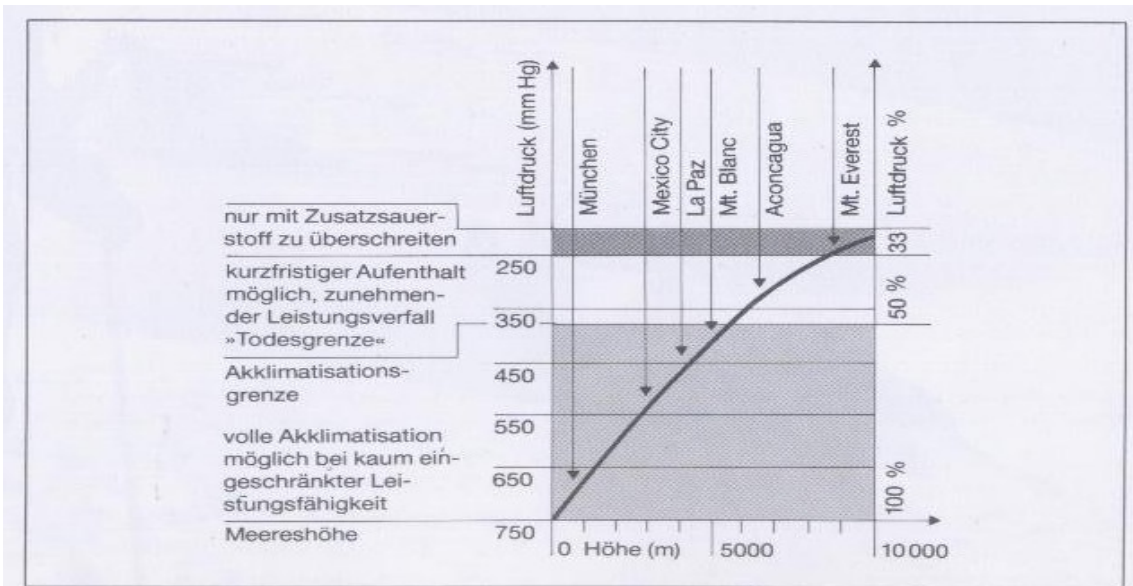


Abb. 1 Abnahme des Luftdrucks und damit auch des Sauerstoffteildrucks mit zunehmender Höhe.

Abb 3:  
Luftdruck  
und Höhe

Bernett/  
Zintl, 1987,  
S.10)

### 3. Physiologische Mechanismen beim Bergsteigen

Kurz zusammengefasst ist die sportliche Leistungsfähigkeit in der Höhe durch 3 wesentliche Charakteristika geprägt: verringerte Luftdichte, reduzierten Wasserdampfdruck und herabgesetzten Sauerstoffpartialdruck. Der Faktor Höhe wirkt dabei wie eine Steigerung der Belastungsintensität (vgl. Hollmann, 2009). Bergsteigen bedeutet also intensive Ausdauerbelastung, wobei der verminderte O<sub>2</sub> – Druck in der Luft in Zusammenhang mit einer reduzierten O<sub>2</sub> – Transportkapazität des Blutes den begrenzenden Faktor darstellt (vgl. Berghold, 1987). Bei rascher Höhenexposition kann es bereits ab 1500 Hm zu messbaren Funktionseinschränkungen kommen. Zwischen 1500 – 7000 Hm treten vermehrt Sinnesstörungen, Krämpfe bis hin zur Bewusstlosigkeit auf. Ab 7000 Hm werden ~80%, auf 8848 Hm praktisch alle Menschen innerhalb von 2 – 3 Minuten bewusstlos und sterben kurz darauf. Plötzliche Höhenexposition ist immer lebensbedrohlich. Die Reaktion des menschlichen Organismus auf hypobare Hypoxie ist zeitabhängig. Sofern eine langsame Exposition an Höhenlagen erfolgt, besteht eine Möglichkeit zur Anpassung an die subakute Hypoxie (vgl. Berghold/ Schaffert, 2009). Im Körper kommt es zu verschiedenen Kompensationsmechanismen, um genügend Sauerstoff für die Lebensprozesse und die Energiegewinnung aufzubringen. Diese Mechanismen werden in Phasen eingeteilt, die nacheinander ablaufen und sich teilweise überlappen (vgl. Berghold, 1987).

#### 3.1 Akklimatisationsmechanismen

*Akklimatisation* ist der Prozess, mittels dessen sich der Mensch allmählich der Hypoxie (=Sauerstoffmangel im Gewebe) in Höhen anpasst. Dieser Vorgang umfasst eine Reihe von Reaktionen über einen Zeitraum von Stunden bis Monaten, je nach Höhenlagen (vgl. Pollard/ Murdoch, 2007).

*Deterioration* ist ein Zustand, der bei längerem Höhengenaufenthalt auftritt (nach Wochen oberhalb von 5500 m und nach Tagen oberhalb von 8000 m). Er ist gekennzeichnet durch Appetitlosigkeit, Gewichtsverlust, Lethargie, Urteilstrübung und eingeschränktes Denkvermögen und kann zum Tod führen (vgl. Berghold/ Schaffert 2009).

Adaption sind physiologische Veränderungen über Generationen, die Höhenbewohnern anderen gegenüber Vorteile für das Leben in der Höhe verschaffen (vgl. Pollard/ Murdoch, 2007).

Die Höhenakklimatisation setzt sofort mit dem Erreichen einer neuer Höhenlage ein. Es kommt zu Akutreaktionen des Organismus, unter denen der Körper nur vermindert belastbar ist. Man spricht von der Sofortanpassung (Adaptionsphase), der eigentliche Akklimatisationsvorgang. Die Phase der Sofortanpassung ist für den Alpinisten der kritische Bereich. Kommt es zu keinen Anpassungsstörungen (Maladaptationen), kann die Sofort – Adaptionsphase stufenlos in die Akklimatisation übergehen. Die Funktionsänderungen des Körpers beruhigen sich, nähern sich dem Normalzustand an und es kommt zur dauerhaften Anpassung. Nach der erfolgreichen Akklimatisation ist der Bergsteiger wieder voll belastbar für die jeweilige Höhe. Die Zeitspanne zwischen der Sofortanpassung und der Akklimatisation wird als Akklimatisationsdauer bezeichnet. (vgl. Berghold, 1987). Die Fähigkeit zur Höhenakklimatisation unterliegt stark interindividuellen Schwankungen. Manche Menschen sind sogar unfähig zur dauerhaften Höhenanpassung (vgl. Pollard/ Murdoch, 2007). Ein verlässliches und leicht zu messendes Zeichen für erfolgreiche Akklimatisation, ist die Rückkehr des erhöhten Ruhepulses in den Bereich des individuellen Ausgangswertes, wie die nachstehende Tabelle zeigt:

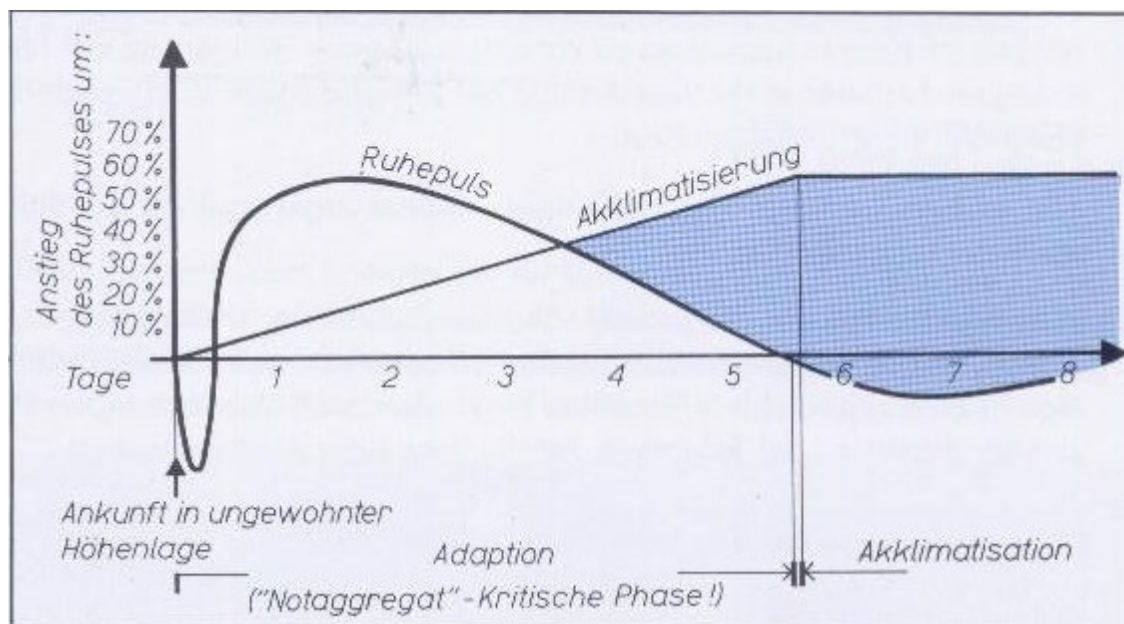


Abb.4: Die Sofortanpassung wird nach erfolgreicher Akklimatisation von der dauerhaften Anpassung abgelöst. (Berghold, 1987, S. 105)

Eine vollständige Akklimatisation ist nur bis zu einer Höhe von 5300 Hm möglich. Die Leistungsfähigkeit des Alpinisten ist dabei von der jeweiligen Schlafhöhe abhängig. Oberhalb von 5300 Hm geht der biologische Sofortmechanismus nicht mehr in eine Akklimatisation über, deshalb kommt es selbst in Ruhe zu einem fortschreitenden Substanz- bzw. Leistungsverlust und dieser ist umso stärker ausgeprägt, je höher man

kommt. Dem Menschen sind somit höhenbedingte Grenzen mit leistungsbiologischen Einschränkungen gesetzt. In 6000 Hm ist es noch möglich, einige Wochen beschwerdefrei zu leben. Ab 7000 Hm ist das Überleben selbst im Liegen nur mehr wenige Tage möglich. Das ist auch der Grund, warum auf Vorkriegsexpeditionen im Himalaya einige Bergsteiger den Höhentod (Höhendeterioration) starben, während sie auf günstiges Wetter warteten.

Wie schon erläutert ist die Adaption, die sofort einsetzende Reaktion des Körpers auf neue Höhenlagen. Im folgenden eine kurze Aufzählung, was im Körper geschieht:

- Ab einer Höhe von 1500 m kommt es zu einer Zunahme der Ventilation. (vgl. Pollard/ Murdoch, 2007). Die Atemtätigkeit und das Atemzugsvolumen (AZV) verstärken sich, um mehr Sauerstoff ins Blut und die Zellen zu transportieren, gleichzeitig wird auch mehr Kohlendioxid abgeatmet. Durch den verminderten Sauerstoff kann es auch zu einem Anstieg des Laktatspiegels kommen. Es kommt zu biochemischen Veränderungen im Blut (siehe unter 3.1.3).
- Durch die gesteigerte Atmung folgt auch eine Steigerung des Herzminutenvolumens (HMV), insbesondere der Herzfrequenz (vgl. Berghold, 1987). In extremer Höhe nähern Ruhe- und Maximalfrequenz einander an (Pollard/ Murdoch, 2007)
- Der Ruhepuls steigt um 10 – 40% in Abhängigkeit vom bewältigten Höhenunterschied an. Je größer die Höhe, desto niedriger ist die Pulsobergrenze bei Belastung.
- Es kommt zu einem Druckanstieg in der Ateria pulmonalis, im Lungenkreislauf.
- Bis zur vollständigen Akklimatisation kann es zur Vermehrung der Erythrozyten kommen, die bei der Höhenanpassung eine untergeordnete Rolle spielen.
- Erhöhte Blutviskosität durch große Flüssigkeitsverluste: Durch Schwitzen können bis zu 3l/ Std. und durch die Abatmung bis zu 6l/Std. Flüssigkeit verloren gehen.
- Verstärkter (unökonomischer) Fettabbau in großen Höhen. Bei Expeditionen betrug der tägliche Gewichtsverlust bis zu 7,7% vom Ausgangswert innerhalb von 12 Std. Bei einem durchschnittlich 70 kg schweren Menschen sind das etwa 5kg Abnahme, trotz forciertem Trinken (vgl. Berghold, 1987). (siehe unter 4.2).

Die Organfunktionen sind also eng an eine adäquate Sauerstoffversorgung des Organismus gebunden. Kompensationsmechanismen sind nur in einem begrenzten Rahmen wirksam (Domej/ Schwabberger, 2005).

Nun eine Beschreibung der physiologischen Vorgänge des Organismus beim Bergsteigen im Detail:

### 3.1.1 Atmung

Die Atmungsorgane haben die Aufgabe, dem Organismus unter wechselnden Bedingungen Sauerstoff zur Verfügung zu stellen und das durch den Stoffwechsel entstehende Kohlendioxid wieder abzuatmen. Zusammen mit der Niere wird der Säure – Basen – Haushalt geregelt. Die Atmungsorgane werden in die luftleitenden (obere und unteren Luftwege) Atemwege und in die Alveolen (Lungenbläschen), die dem Gasaustausch dienen, unterteilt. Voraussetzung für den Gasaustausch zwischen den Alveolen und dem Blut ist die Ventilation, die Belüftung der Lunge. Durch den rhythmischen Wechsel zwischen Inspiration (Einatmung) und Expiration (Ausatmung), gelangt  $O_2$  – reiche Luft in die Lungenbläschen und  $CO_2$  aus den Alveolen in die Umgebung. Bei Ruhe und normaler Atmung werden ~7,5l Luft/ Minute gewechselt. Bei körperlicher Aktivität und zunehmender Höhe kann das Volumen einen Atemgrenzwert, pro Minute maximal ventilierbares Volumen, von bis zu 120 – 170l/ min. erreichen. Die Diffusion dient dem Gasaustausch im Kapillargebiet und ist abhängig vom Sauerstoffpartialdruck in den Alveolen und im Blut. Bei der Perfussion spricht man von der Durchblutung der Lungen, die durch die Bluteindickung in der Höhe herabgesetzt sein kann. (vgl. Faller, 2004).

Durch Hypoxie bedingt setzt ab einer Höhe von ~ 1500 m einer der wichtigsten Anpassungsvorgänge ein, die Hyperventilation (HVR). Bei Höhenexpositionen setzt diese Reaktion nach Sekunden ein, nimmt stetig zu und erreicht nach etwa 2 Wochen ihre volle Ausprägung – ventilatorische Akklimatisaion (vgl. Berghold/ Schaffert, 2009). HVR führt zu Hypokapnie (verminderter  $CO_2$  - Gehalt) und respiratorischer Alkalose, wodurch keine weitere Steigerung der Ventilation möglich ist (vgl. Pollard/ Murdoch, 2007). Die respiratorische Alkalose wird durch verminderte  $HCO_3^-$  - (Bikarbonatpuffer) - Resorption in der Niere kompensiert (vgl. Silbernagel, 2005).

Durch die verstärkte Atmung wird die  $O_2$  - Versorgung erhöht und es kommt zu einer Hämoglobinaufsättigung des Blutes. Dies erleichtert die Diffusionskapazität in der Lunge, die in mittleren und großen Höhen ein leistungsbegrenzendes Moment darstellt (vgl. Hollmann, 2005).

Die Hyperventilationsreaktion ist individuell unterschiedlich stark ausgeprägt. Es besteht der Verdacht, dass diese Unterschiede angeboren, also genetisch determiniert sind.

Jedoch konnte nachgewiesen werden, dass Alpinisten, die an einem Höhenlungenödem (siehe 3.3) erkrankten, eine verminderte Empfindlichkeit der Atemrezeptoren auf Hypoxie aufweisen. Tibeter weisen eine fast 2 mal so große HVR auf als Andenhochlandbewohner und auch die Ventilation in Ruhe ist bei den Tibetern noch höher (vgl. Berghold/ Schaffert, 2009).

### 3.1.2 Kreislauf

Das Herz – Kreislauf – System nimmt beim Bergsteigen als Ausdauersport eine zentrale Rolle ein. Das gesunde und trainierte Herz kann selbst durch extreme sportliche Belastung nicht überfordert werden, selbst in großen Höhen nicht, da körpereigene Bremsmechanismen einer Überbelastung entgegenwirken. Gefährlich kann es nur für ein völlig untrainiertes Herz – Kreislauf – System, sowie ein bereits vorgeschädigtes Herz werden (vgl. Berghold, 1987). Menschen mit Koronarerkrankungen müssen jedoch nicht auf die Berge verzichten, sollten sich aber nicht über 3000 m Höhe aufhalten. Zusätzliches Risiko besteht dann aber bei starker Kälte, Stress und Angst (vgl. Schrag, 2006). Während oder unmittelbar nach fieberhaften Erkrankungen und Infekten sollte auf körperliche Belastung und Höhengaufenthalte verzichtet werden (vgl. Berghold, 1987). Das Herz dient als Druck- und Saugpumpe zur Versorgung des Organismus. Im arteriellen Teil des Kreislaufs werden alle Organe mit Sauerstoff und Nahrung versorgt und die entstandenen Stoffwechselprodukte über das venöse System abtransportiert (Bernett/ Zintl, 1987, S.19).

Sowie die Atmung reagiert auch das Herz auf den erniedrigten  $O_{2\text{-part}}$  mit einer Anpassungsreaktion. Es kommt zu einer sympathikotonen Erhöhung des Herzminutenvolumens (Schlagvolumen \* Herzfrequenz/ min.), was sich in einer Erhöhung der Herzfrequenz äußert (vgl. Berghold/ Schaffert, 2009). Dazu kommt es bei körperlicher Belastung immer. In der Höhe kommt es zu einer Viskositätszunahme des Blutes, dies führt zusätzlich zu einer gesteigerten Herzarbeit (vgl. Hollmann, 2005). Ruhe- und Belastungspulsfrequenzen liegen in der Anfangsphase der Höhenadaption deutlich über den Normalwerten. Die Pulsfrequenz kann Werte bis zu 120/ min. erreichen. Gleichzeitig kommt es durch den Sauerstoffmangel zu einer Vasodilatation (Gefäßerweiterung), was einen Anstieg des arteriellen Blutdrucks verhindert. Nach längerem Aufenthalt in einer Höhenlage kommt es wieder zu ökonomischen Herzleistungen (vgl. Bernett/ Zintl, 1987). Die Zeitdauer ist dabei von individuellen und situationsbedingten Faktoren abhängig. Die absolut erreichte Höhe, der relativ bewältigte Höhenunterschied, die Geschwindigkeit des

Aufstiegs, die örtliche Klimasituation, der momentane Gesundheitszustand, die Erbfaktoren und Hormone sind einige dieser Einfluss nehmenden Faktoren (vgl. Berghold, 1987).

### 3.1.3 Blut

Das Blut ist ein flüssiges Transportmedium zum Erhalt wichtiger Körperfunktionen. Somit erfüllt es wichtige Aufgaben wie Gasaustausch von Sauerstoff und Kohlendioxid, Nährstofftransport, Ausscheidung (exkretorisch) von Stoffwechselabbauprodukten, Regulierung des pH – Wertes ( $\sim 7,4$ ), Termoregulation, Hormontransport und Abwehrfunktion körperfremder Stoffe. Durch die Höhenexposition und die damit verbundene Veränderung der Atemtätigkeit kommt es zur Milieuveränderung im Blut. Bis zur Akklimation in mittleren Höhen besteht eine geringfügige Vermehrung der Erythrozyten (rote Blutkörperchen), die für die Höhenanpassung selbst eine geringe Rolle spielen. Wenn man bei Blutuntersuchungen in dieser Höhe dennoch mehr Blutkörperchen als Blutflüssigkeit findet, dann ist das nicht auf die Vermehrung der Erythrozyten sondern auf die Verminderung der Blutflüssigkeit durch allgemeinen Flüssigkeitsverlust (Hämokonzentrationspolyglobulie) zurückzuführen. (vgl. Berghold, 1987). Zur eigentlichen Hämoglobulie (absolute Vermehrung der Erythrozyten) kommt es erst nach 2 – 3 Wochen Höhengedächtnis und diese erreicht nach etwa 6 Monaten ein Gleichgewicht (vgl. Berghold/ Schaffert, 2009).

Durch den Höhenanstieg wird die Produktion der Erythrozyten stärker stimuliert. Damit erhöhen sich der Hämatokrit (Verhältnis von festen und flüssigen Bestandteilen) und die Hämoglobinkonzentration, was eine Zunahme der Viskosität des Blutes zur Folge hat, d.h. das Blut wird dicker (vgl. Pollard/ Murdoch, 2007). Normalerweise befindet sich der Hämatokrit in einer Größenordnung von 45 – 48%. Der Hämatokritwert nimmt in großen Höhen,  $\sim 4000$  m, um 7% zu, während der Hämoglobingehalt nur um 2% ansteigt und kann auf Werte bis 70% steigen. Dies wird durch die Schwellung der Erythrozyten verursacht, was gleichzeitig zur Abnahme der zellulären Hämoglobinkonzentration führt (vgl. Hollmann, 2005).

Die überschießende Polyzythämie (Vermehrung der Zellen) behindert den  $O_2$  - Transport im Blut (vgl. Pollard/ Murdoch, 2007). Das verminderte Plasmavolumen, bedingt durch die Höhendurese (vermehrte Urinausscheidung) und vergrößertem Erythrozytenvolumen erhöht zwar die  $CO_2$  - Pufferung, führt aber zu einer verschlechterten Laktatbindung, was vermutlich Folge eines schlechten Trainingszustandes ist. Die Beziehung zwischen  $HCO_3$

und Laktat ergibt einen steileren Abfall in der Höhe. Dieser Effekt wird verstärkt durch die Plasmavolumenabnahme und den Bikarbonatverlust.

Der verringerte Sauerstoffpartialdruck in der Einatemluft und das verstärkte Atemminutenvolumen können zu einer Alkalose (gesteigerte  $\text{HCO}_3^-$  - Konzentration = Basenüberschuss) des Blutes führen, die zu einer verschlechterten  $\text{O}_2$  - Versorgung des Gewebes führt. Die Niere hat die Aufgabe, der Alkalose durch vermehrte Ausscheidung von Bikarbonatpuffern entgegenzuwirken.

Durch die Bluteindickung kann es in den Mikrogefäßen zu einem Fließstopp kommen, ohne dass sich Thrombosen bilden, der jedoch zu örtlichen Erfrierungen führt. (vgl. Hollmann, 2005).

Muskuläre körperliche Beanspruchung und der Aufenthalt in größeren Höhen sowie die veränderten Umweltbedingungen stellen an den Organismus erhöhte Anforderungen. Es kommt zu hormonellen Veränderungen, sogenannten Stressreaktionen (vgl. Bernett/ Zintl, 1987). Diese bewirken eine Erhöhung der Blutplasmakonzentration an Hormonen wie Katecholaminen, Glukagon, Kortisol und Wachstumshormonen. Das konnte man auch nach der Höhenadaption, sowie bei dauerhaften Höhenbewohnern beobachten. Die Schilddrüsenhormone, insbesondere  $\text{T}_3$ , steigen in der Höhe an, während es bei der Aldosteronkonzentration zu keiner signifikanten Zunahme kommt. Das könnte daran liegen, dass die Schilddrüse unter anderem durch Kälte aktiviert wird. (vgl. Hollmann, 2005).

#### 3.1.4 Nierentätigkeit

Die Niere ist ein wichtiges Ausscheidungsorgan: Sie entfernt Abfallprodukte aus dem Eiweißstoffwechsel, regelt zugleich den Wasser- / Elektrolythaushalt und wirkt auf die Aufrechterhaltung des Blut – pH ein, um nur die wichtigsten Funktionen zu nennen (vgl. Bernett/ Zintl, 1987).

Seit längerem ist bekannt, dass Diurese und Natriurese Teile der physiologischen Antwort auf Hypoxie sind, wobei die hormonelle Regulation noch weitgehend ungeklärt ist. Studien belegen nur, dass das Auftreten von Höhendiurese (HDR) und weiteren höhenbedingten Erkrankungen mit einer Dysregulierung im Flüssigkeitshaushalt zusammenhängen. HDR ist ein Zeichen für erfolgreiche Höhenanpassung. (vgl. Haditsch/ Rössler, 2005).

Eine weitere Reaktion auf Hypoxämie stellt die Erythropoetinsekretion dar, da diese die Produktion der Erythrozyten stimuliert um mehr Sauerstoff aufnehmen zu können.

Weiters kommt es durch die oben erwähnte Alkalose bzw. Azidose zur renalen

Kompensation durch Exkretion bzw. vermehrte Rückresorption von Bicarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ). (vgl. Pollard/ Murdoch, 2007).

Die Niere ist also ein zentrales Organ bei den Anpassungsvorgängen und wesentlicher Regulierer beim Aufenthalt des Menschen in Höhen, jedoch noch zu wenig genau erforscht bzw. beschrieben, um näher in dieser Arbeit darauf einzugehen.

### 3.1.5 Haut und UV - Index

Die Haut bildet als Hautdecke (Integumentum commune) die äußere Körperoberfläche und ist über den verschiedenen Körperregionen unterschiedlich differenziert (Faller, 2004). Die Hautdecke hat eine Fläche von 1,5 – 2 m<sup>2</sup> und ein Gewicht von 3,5 – 10 kg und ist das größte Organ des menschlichen Körpers. Im Bereich der Körperöffnungen geht die Hautdecke in die Schleimhäute der inneren Oberflächen über. Die Haut setzt sich aus drei Schichten zusammen: aus Oberhaut (Epidermis) - äußerste Schicht, Lederhaut (Dermis) und der untersten Schicht, der Unterhaut (Subcutis). (vgl. Huch/ Jürgens, 2007).

Die Haut hat vielfältige Funktionen:

- Schutz vor mechanischen, thermischen und chemischen Schäden
- Regulierung der Körpertemperatur
- Schutz vor Flüssigkeitsverlusten
- Sinnesorgan in Form von Schmerz-, Temperatur-, Druck- und Tastrezeptor
- Immunfunktion und Kommunikation z.B. Erröten und Erblassen

(vgl. Faller, 2004)

Die *Epidermis* ist an den meisten Körperstellen 0,3 – 0,4 mm dick und kann an mechanisch beanspruchten Hautpartien bis zu 2 mm dick sein. Die Oberhaut wird aus einem mehrschichtigen verhornten Plattenepithel gebildet, das hauptsächlich kernhaltige Keratinozyten enthält. Diese Zellen geben Keratin ab, das Wasser abweist, eine schützende Schicht bildet und der Haut die Festigkeit verleiht. In der Oberhaut befinden sich Melanozyten, Pigmentzellen, diese produzieren Melanin, den Hautfarbstoff, der die tieferen Hautschichten vor den UV – Strahlen schützt. Außerdem enthält die Epidermis dendritische Zellen, antigenpräsentierende Zellen, die beim Eindringen von z.B. Infektionserregern rasch eine Immunantwort einleiten. (vgl. Huch/ Jürgens, 2007).

Die *Lederhaut* (Dermis) verleiht der Haut ihre Reißfestigkeit und ihre Verformbarkeit. Sie

besteht aus einem Geflecht von kollagenen und elastischen Fasern und enthält Blut- und Lymphgefäße, Nervenfasern, Bindegewebszellen und Zellen zur Abwehr. Sie wird in die Papillarschicht und die Geflechtschicht eingeteilt. Die Papillarschicht grenzt unmittelbar an die Epidermis und ist mit ihr durch Bindegewebspapillen verbunden. (vgl. Faller, 2004). Die *Unterhaut* (Subcutis) ist aus lockerem und fettreichem Bindegewebe aufgebaut und stellt die Verbindung zur oberflächlichen Körperfaszie her. Sie ermöglicht die Verschiebbarkeit der Haut. Das Unterhautfettgewebe ist verschieden ausgeprägt und dient als Fettspeicher.

Die Haut bildet gemeinsam mit den Extremitäten die Körperschale, die eine besonders wichtige Funktion bei der Temperaturregelung hat : Die Wärme wird über den Blutstrom im Organismus an die Körperschale verteilt. Weit gestellte Gefäße sorgen für eine hohe Wärmeabgabe. In der Haut befinden sich viele Blutgefäße und Schweißdrüsen, daraus ergeben sich 2 Mechanismen zur Wärmeabgabe: die Veränderung der Hautdurchblutung und die Schweißsekretion. Über die Schweißverdunstung, sogenannte Perspiratio insensibilis, geht nicht nur Wärme, sondern auch Wasser und Salz verloren. Bei starker körperlicher Betätigung kann der Schweißverlust bis zu 1l/ Std. betragen. (Bernett/ Zintl, 1987).

Wie unter 2.1.5 erwähnt, nimmt die Intensität der UV – Strahlung mit der Höhe zu. Diese ist besonders gefährlich für die ungeschützte Haut. Es werden verschiedene Hauttypen unterschieden, die bei einem gegebenen UV – Index Sonnenschutzmittel mit unterschiedlich starkem Lichtschutzfaktor anwenden sollen.

Der *UV – Index* ist eine Maßzahl für die Intensität der sonnenbrand- oder erythemwirksamen UV – Strahlung. Der Begriff UV – Index und seine Definition sind weltweit einheitlich. Er wird auf einer nach oben offenen Skala dargestellt und nimmt Werte zwischen 1 und 8, in den Bergen auch bis zu 9 an. In den Tropen können Werte bis 12 erreicht werden. Der UV – Index bezieht sich immer auf den Tageshöchstwert der UV – Strahlung, wenn die UV – Strahlen am gefährlichsten sind. Je höher der UV – Index, desto kürzer ist die Eigenschutzzeit der Haut beim Bräunen.

([www.uibk.ac.at/projects/uv-index](http://www.uibk.ac.at/projects/uv-index))

Die nachstehende Tabelle zeigt den jeweilig empfohlenen Lichtschutzfaktor für unterschiedliche Hauttypen und UV – Index:

UV-Index	Bewertung	Empfohlener Lichtschutzfaktor			
		für Hauttyp			
		I	II	III	IV
0 bis 1,9	minimal	3	2	2	1
2,0 bis 3,9	niedrig	6	4	3	2
4,0 bis 6,9	mäßig	11	8	5	4
7,0 bis 8,9	hoch	14	10	7	5
über 9,0	sehr hoch	18	12	8	7

Tab.3.1: UV-Index und empfohlener Lichtschutzfaktor (Quelle: [www.uibk.ac.at/projects/uv-index](http://www.uibk.ac.at/projects/uv-index))

Tabelle 1: UV-Index und Hauttypen

*Hauttyp I* = Keltischer Typ: sehr helle Haut, rötliches oder hellblondes Haar, blaue, graue oder hellgraue Augen, sehr helle Brustwarzen, keine Bräunung, bekommt Sommersprossen und sehr schnell Sonnenbrand, die Haut schält sich nach schmerzhaftem Sonnenbrand

Eigenschutzzeit der Haut beträgt 5 - 10 Minuten

*Hauttyp II* = Nordischer Typ: helle Hautfarbe, blonde oder hellbraune Haare, blaue, graue oder grüne Augen, mäßig braune Brustwarzen, kaum Bräunung, manchmal Sommersprossen, meistens schmerzhafter Sonnenbrand, die Haut schält sich nach schmerzhaftem Sonnenbrand

Eigenschutzzeit der Haut beträgt 10 - 20 Minuten

*Hauttyp III* = Mischtyp: mittlere Hautfarbe, hellbraun, hellbraunes oder dunkelbraunes, manchmal auch dunkelblondes oder schwarzes Haar, gut pigmentierte Brustwarzen, meist braune oder graue Augen, manchmal aber auch blau oder grün, gute Bräunung, selten Sonnenbrand, wird relativ schnell braun, keine Sommersprossen

Eigenschutzzeit der Haut beträgt 20 - 30 Minuten

*Hauttyp IV* =Mediterraner Typ: braune bis olivfarbene Haut, braune Augen, dunkelbraune bis schwarze Haare, dunkle Brustwarzen, wird schnell braun, selten Sonnenbrand

Eigenschutzzeit beträgt ca. 45 Minuten.

([www.menzl.com](http://www.menzl.com) am 20.09.10)

### 3.1.6 Augen

UV – Strahlen sind, wie oben erwähnt, nicht nur für die Haut schädlich, sondern auch für ein weiteres wichtiges Sinnesorgan: Das Auge.

9. Sonne & Schnee = UV – Strahlen & Helligkeit \* 10

+ im Gebirge eine Zunahme der UV – Strahlung um 20%/ 1000 Hm

Ohne den geeigneten Sonnenschutz erleiden viele Bergsportler die sogenannte Schneebblindheit, einem schmerzhaftem Reizzustand des Auges, der mit einer Zeitverzögerung von bis zu 8 Stunden auftreten kann (vgl. Bergauf, 02/ 2010, S.39).

Primär sind in der Höhe die Hornhaut (Kornea) und die Netzhaut (Retina) des Auges betroffen:

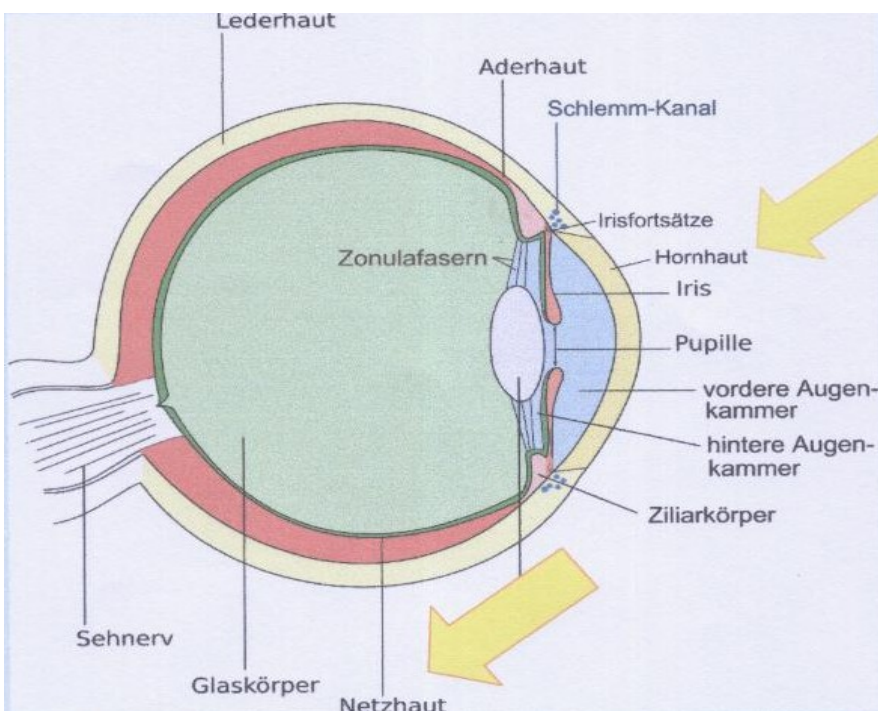


Abbildung 5: Auge  
(Krakher T.-E., 2007)

Die *Hornhaut* wird beim Sport genauso belastet wie die Muskulatur. Bei Schnelligkeitsausdauerbelastung, häufiger beim Höhenttraining als beim Bergsteigen, kann es zur Ansammlung von Laktat in Muskulatur, Blut, Gewebe und in der Hornhaut kommen. Dieses saure Milieu erschwert den normalen Ablauf des Hornhaut – Stoffwechsels. Extreme Ausdauerbelastung, wie es beim Höhenbergsteigen der Fall ist, führt zu einem erhöhten Stoffwechsel, ansteigender Körpertemperatur, vermehrtem Schwitzen und zu Glukosemangel der Hornhaut, wenn die Fettreserven aufgebraucht sind. Weiters führt der verminderte  $O_2$ - Partialdruck zu einer verminderten  $O_2$ - Konzentration in der Hornhaut. Es kommt zur Hornhauttrübung. Auf etwa 8450 Hm kommt es nach ~ 6 Stunden durch den

starken Druckabfall zu Hornhautödemen . Nicht nur die körperlichen Reaktionen bei sportlicher Belastung in der Höhe haben Auswirkungen auf die Kornea, sondern auch die vorherrschenden Umweltbedingungen. Der zunehmende Wind und die Kälte in der Höhe bewirken eine Mehrsekretion der Tränenflüssigkeit. Das Auge wird feucht und verschleiert den Blick – erhöhte Sturzgefahr. Bei anhaltendem Wind trocknen die Augen aus. Dies wird durch die geringe Luftfeuchtigkeit begünstigt. Die Augenbindehaut wird rot und schmerzt v.a. bei Kontaktlinsenträgern. Vermehrt abgesonderter Schweiß der Haut kann ins Auge rinnen. Durch den Säuregehalt wird ein starkes Brennen verursacht, das bis zur Bindehautentzündung führen kann. Durch verstärktes Tränen wird der Säuregehalt verdünnt und neutralisiert.

Durch die Höhensonne und auf Gletschern bei verstärkter UV – Exposition werden die Epithelzellbrücken der Hornhaut durchbrochen und legen die Nerven frei. Durch die Schädigung des Hornhautepithels entsteht die Schneeblindheit (Aktinische Keratitis/ Keratitis photoelectrica), vergleichbar mit einem Sonnenbrand im Auge:



Abbildung 6: Verblitztes Auge



Abbildung 7: Schneeblindheit

Besonders acht geben sollten Kontaktlinsenträger. Durch die Kontaktlinse kommt es zu einer mechanischen Belastung der Hornhaut, einem verringerten  $O_2$  – Angebot, die Wärmeabgabe des Auges wird eingeschränkt und der Abtransport von Stoffwechselabfallprodukten wird erschwert. Dadurch ist das Risiko einer Übersäuerung und einer Wärmezunahme und damit einer Quellung der Hornhaut erhöht, was zu einer Verschlechterung des Sehvermögens führt.

Die Netzhaut des Auges ist ektodermalen Ursprungs, wie das Gehirn. Veränderungen des cerebralen Kreislaufes bei Höhengedächtnissen betreffen auch das Auge. Der erniedrigte  $O_2$  – Partialdruck führt zu einem erhöhten retinalen Blutfluss und Blutvolumen. Bei körperlicher Anstrengung kommt es zur Pressatmung und ev. zu einem Höhenreizhusten,

um den ungewohnten Druck im Auge auszugleichen (Valsalva Manöver). Der erhöhte intrathorakale Druck und der venöse Rückstau schädigen die schon hypoxiegeschädigten Kapillaren der Netzhaut. Folge sind punkt- und flächenartige Netzhautblutungen (HARH – High Altitude Retinal Haemorrhage). Oberhalb von 5000 Hm sind ~ 56% der Bergsteiger davon betroffen. Ein HARH kann jedoch auch unbemerkt bleiben und ohne weitere Komplikationen verlaufen. Es kann aber auch zu akuten Zirkulationsstörungen in der Retina kommen, mit bleibenden Skotomen (= Erblindung), die erst Wochen nach der Rückkehr aus der Höhe reversibel sind.

(vgl. Krakher, 2007)

### **3.2 Geschlechtsunterschiede**

Aus sportmedizinischer Sicht sind Frauen im Allgemeinen den Männern gegenüber etwas im Nachteil z.B durch hormonelle Schwankungen oder bezüglich ihrer maximalen Leistungsfähigkeit. In zwei alpinen Disziplinen sind sie den Männern jedoch überlegen: zum einen betrifft das die Feinkoordination beim Klettern und zum anderen sind Frauen besser in der Lage, psychische Energiereserven in Krisensituationen aufzubringen. (vgl. Treibel W., 2006). Darüber hinaus können Frauen auch bessere Resultate bei Ausdauerbelastungen erzielen. Dieser Unterschied könnte darin liegen, dass Frauen einen höheren Fettanteil (6 - 9% mehr Körperfett) und einen geringeren Muskelanteil im Vergleich zu Männern haben. Ebenfalls haben Frauen mehr intramuskuläre Triglyzeride als Männer, kleinere Muskelfasern und mehr Typ I – Fasern. Bei Frauen liegt der totale Fettgehalt in der Muskulatur bei 58 g Fett pro kg gegenüber 23 g Fett pro kg bei Männern. Bewiesen wurde auch, dass Frauen mehr Energie aus Fett beziehen, unter Belastung eine geringere Kohlenhydratoxydation aufweisen und bei höheninduzierter Hypoxie schneller zu einer Fettsäureverwertung wechseln (vgl. Knechtle B., 2002). Grund dafür könnte eine Verschiebung weg von Kohlenhydraten zu Fettsäuren als Energiesubstrat durch vermehrte Katecholamin- und Kortisolproduktion in Stresssituationen (z.B.Höhenexposition) sein.

Bei der Sauerstoffaufnahme haben Frauen eine geringere maximale Sauerstoffaufnahme ( $VO_2max$ ) gegenüber Männern, d.h. Frauen können unter Belastung weniger Sauerstoff maximal pro Minute verwerten.  $VO_2max$  ist also ein Indikator dafür, wie viel  $O_2$  aus der Atemluft maximal in die Arbeitsmuskulatur transportiert werden kann. Sie ist das Maß für die  $O_2$  – Zufuhr über die Atmung, den  $O_2$  – Transport im Herz – Kreislauf - System, sowie die  $O_2$  – Verwertung in der Muskelzelle. Je höher  $VO_2max$ , desto größer ist die Ausdauerleistungsfähigkeit. (vgl. Moosburger K. A. , 1994). Forschungsergebnisse

konnten jedoch keine Unterschiede zwischen Männern und Frauen bei der Atemakklimatisation während eines Höhengaufenthalts feststellen.

Es lässt sich nun ableiten, dass die geschlechtsspezifischen Unterschiede unter Höhenbedingungen auf einem unterschiedlichen Muskel- und Fettstoffwechsel basieren, der auf Meeresebene ebenfalls Unterschiede zwischen Männern und Frauen aufweist.

### 3.2.1 Anti-Baby-Pille und Schwangerschaft in der Höhe

Es konnten bis dato noch keine nachteiligen Wirkungen, wie z.B. erhöhtes Risiko für Höhenkrankheit oder Thrombosen oder andere Kontraindikationen durch die Einnahme der Anti-Baby-Pille bei Höhengaufhalten durch Studien nachgewiesen werden. Im Gegenteil in einer Studie von Sandoval & Matt über den Einfluss der Antibabypille während Belastungen in der Höhe wurde evaluiert, dass Frauen während der Pillenphase ein besseres Leistungsvermögen bei Ausdauerbelastungen haben als in der Nicht-Pillenphase.

Die Menstruation in Höhen kann, aus noch nicht geklärter Ursache, abnormal verlaufen und Anti-Baby-Pillen haben sich daher beim Bergsteigen als wirksames Zyklusregulierungs- bzw.- verschiebungsmittel erwiesen (vgl. Berghold & Schaffert, 2009). Auch während einer komplikationslos verlaufenden Schwangerschaft spricht dem Bergsport nichts entgegen. Frauen mit einer Risikoschwangerschaft bzw. in der Frühschwangerschaft sollten jedoch im Tal, d.h. in Kliniknähe bleiben.

3000 m für maximal zwei Wochen wird jedoch als allgemeine Sicherheitsgrenze, auch für gesunde, nichtrauchende, schwangere Aktivbergsteigerinnen empfohlen. Außerdem sollte zusätzlich besonderes Augenmerk auf die Ernährung und genügend Flüssigkeitszufuhr gelegt werden (vgl. Berghold & Schaffert, 2009 und Treibel W., 2006).

## 4. Ernährung

Wenn es um die Ernährung geht gibt es heutzutage schon sehr viele Meinungen darüber wie, was, wann, vor allem wie viel man an Nahrung und Flüssigkeit zu sich nehmen soll. Sowohl der Gesundheitsexperte als auch der Diätologe wird eine Ernährungsempfehlung nach den 10 Regeln der DGE (Deutsche Gesellschaft für Ernährung) [siehe Anhang A] aussprechen. Der Sportmediziner wird dafür sorgen, dass die Ernährung so zusammengesetzt wird, dass der Sportler möglichst leistungsfähig bleibt. Sogar die eigene Mutter wird einem immer wieder sagen, „iss deine Suppe auf oder iss mal einen Apfel!“

Jeder Bergsportler wird beim Wirt auf der Hütte nach einer gelungenen Tour nur sagen: „A Bier bitte und a Brettljaus'n mit am guadn Speck!“

Alle sind sich jedoch einig darüber, dass sich jeder gesund und ausgewogen ernähren sollte, aber welche Ernährung für den Bergsport unter dem Einfluss der Höhe und der Belastung wirklich sinnvoll ist wird im Folgenden Aufschluss geben. Die richtige Ernährung beim Bergsteigen ist auf alle Fälle dadurch gekennzeichnet, dass sie das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit des Körpers erhält (vgl. Merschnik , 2004).

### 4.1 Energiestoffwechsel unter Akklimatisationsbedingungen und Hypoxie

Abhängig von Alter, Größe und Trainingszustand hat jeder einen individuellen Energiespeicher mit dem er auskommen muss. Um sich auf einer Tour wohl und sicher zu fühlen ist einerseits das Gehtempo entscheidend und andererseits für eine adäquate Energiezufuhr zu sorgen, um nicht die Reserven anzugreifen. Diese Devise gilt bei allen Unternehmungen im Gebirge, jedoch stark zum Tragen kommt dies ab Höhen von 5000 m, da es in dieser Höhe oft auf ein „Vergessen“ von Essen und darüber hinaus zu einer verstärkten Appetitlosigkeit und vermindertem Durstgefühl kommen kann.

Die Nahrungs- und Flüssigkeitszufuhr kann die Akklimatisation nicht fördern, umgekehrt kann der Akklimatisationsvorgang die Nahrungsaufnahme jedoch erschweren. Es ist auch nicht möglich, das Auftreten einer AMS (Acute Mountain Sickness) zu verhindern. Höhenödeme hängen auch nicht mit dem Salzgehalt der Nahrung zusammen.

Somit ist eine optimale Energiezufuhr nicht als Ersatz für mangelndes Training, unzureichende Höhenanpassung und Erkrankungen durch die Höhe zu sehen, aber ausschlaggebend für die Leistungsfähigkeit im alpinen Raum (vgl. Berghold & Schaffert, 2009). Die Ernährung spielt also in der Belastungsphase selbst und in der Regeneration nach der Belastung für die optimale Erholung eine wichtige Rolle (vgl. Bernett & Zintl, 1987).

„Man isst und trinkt nicht am Berg, um Hunger und Durst zu stillen, sondern um die Leistungsfähigkeit zu erhalten!“ - Dies stammt von einem Bergsteiger und ist altbewährt v.a. unter Expeditionisten.

Im folgenden Kästchen eine Auflistung der ernährungsabhängigen leistungslimitierenden Faktoren nach Knechtle B., 2002:

- |  |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"><li>10. erschöpfte Glykogenspeicher in der aktiven Muskulatur</li><li>11. Hypoglykämie (Unterzuckerung)</li><li>12. Dehydratation (Entwässerung)</li><li>13. Hyponatriämie (Salzarmut)</li><li>14. gastrointestinale Probleme (Verdauungsstörungen)</li><li>15. andere, die zentrale Ermüdung betreffende Faktoren</li></ol> |
|--|

Tabelle 2: Ernährungsabhängige leistungslimitierende Faktoren

Wie unter 2.1 schon beschrieben sind die physikalischen Bedingungen in der Höhe etwas verändert, dadurch und durch intensivere Belastungen kommt es mit zunehmender Höhe auch zu einem steigenden Energieverbrauch. Im Basislager einer Everest – Exposition beträgt der Verbrauch in etwa das Dreifache des Ruhebedarfs auf Meeresebene. Ein weiterer Punkt ist auch die zunehmende Kälte mit zunehmender Höhenlage. Auf Grund einer Studie in Alaska konnten ein Verlust an Körpergewicht, eine Ketonurie und Proteinurie unter Kälteexposition nachgewiesen werden. Dies lässt darauf schließen, dass es unter Kältebedingungen zu einem gesteigerten Fett- und Eiweißabbau kommt. (vgl. Knechtle B., 2002, S.105). Die zunehmende Kälte verzögert auch die Magenentleerung und Darmperistaltik (wellenförmige Darmbewegung) und verlangsamt die Magensäure- und Pankreassekretion (vgl. Bexmed, 2010).

#### Kohlenhydrate vs. Fette:

In der Höhe werden bevorzugt Kohlenhydrate statt Fette verwertet, aufgrund des vorherrschenden Sauerstoffangebots und weil die benötigte Energie viermal schneller zur Verfügung steht als bei Fetten. Unter Hypoxie kommt es zu einer Verschiebung des respiratorischen Quotienten in Richtung verstärkter kohlenhydratreicher Ernährung. Da Kohlenhydrate etwa 5 – 10% weniger Sauerstoff zur Energiegewinnung benötigen als Fette, versucht der Körper so Sauerstoff zu sparen und den Mangel auszugleichen.

Während Sauerstoff eingespart wird, wird vermehrt Kohlendioxid produziert, was den Atemantrieb fördert und die Akklimatisation erleichtert (vgl. Bergthaler, 2009, S.37). Die arterielle Sauerstoffsättigung nimmt im Vergleich zum Fettmetabolismus deutlich zu. Dies kann beim Bergsteigen von Vorteil sein, weil dadurch die Leistungsfähigkeit positiv unterstützt wird und AMS-Symptome scheinbar weniger häufig auftreten. Die verstärkte Glykolyse (Kohlenhydratabbau) führt zu einer schnelleren Entleerung der Glykogenspeicher (Kohlenhydratspeicher). Deshalb kommt es zur vermehrten Glukoneogenese (Glukoseneubildung) und hierfür werden verstärkt Proteine, darunter auch körpereigene, verwendet. Eine bedarfsangepasste und kohlenhydratreiche Ernährung spielt dabei eine wesentliche Rolle, um dem Proteinkatabolismus (Eiweißabbau) entgegen zu wirken.

Bernett & Zintl (1987, S.53) sehen einen Anteil von 65% Kohlenhydraten am Gesamtenergiebedarf wesentlich für eine bedarfsgerechte Energiebereitstellung beim Bergsteigen. Berghold & Schaffert (2009, S.53) empfehlen sogar eine Kohlenhydrataufnahme von bis zu 75% in großen und extremen Höhen, wie beim Expeditionsbergsteigen. Täglich sollten mindestens 7g Kohlenhydrate pro Kilogramm Körpergewicht (kg KG) aufgenommen werden.

Der erhöhte Glukosestoffwechsel gemeinsam mit einer verstärkten Laktatakkumulation (Salz der Milchsäure, die beim Abbau von Glukose ohne freien Sauerstoff entsteht) im Gewebe und Laktatverstoffwechslung unter Hypoxie, deuten ebenfalls auf einen erhöhten Kohlenhydratbedarf hin (vgl. Bergthaler, 2009).

#### **4.2 Höhenbedingter Gewichtsverlust**

Auch bei optimaler Höhenanpassung und hochkalorischer Ernährung kommt es während Aufenthalt oberhalb von 5000 m zu Gewichtsverlusten von bis zu 10 Prozent des Körpergewichts. Es handelt sich dabei um rund 70 Prozent Fettverluste und um eine Reduktion der Muskelmasse auf Grund einer negativen Stickstoffbilanz (=höhere Stickstoffausscheidung als Aufnahme im Organismus). (vgl. Berhold & Schaffert, 2009). Bei einer Studie, die 1984 durchgeführt wurde, wurde der Körperfettanteil mittels Hautfaltenmessung ermittelt und es hat sich gezeigt, dass bei einem durchschnittlichen Gewichtsverlust von 4 kg auf 6300 m auch ein Muskelmasseverlust von 73% möglich ist. Dies lässt annehmen, dass in großen Höhen Hypoxie mit dem Proteinstoffwechsel interferiert und es dadurch zu einem Abfall der Muskelproteinsynthese kommen kann (vgl. Bergthaler, 2009, S.24). Gewichtsverluste unterhalb von 5000 m sind nicht

ernährungsbedingt. Darüber hinaus gibt es noch keine Beweise, dass bis zu einer Höhe von 5000 m Malabsorptionen auftreten könnten.

Die Ursachen für höhenbedingte Gewichtsverluste sind multifaktoriell und größtenteils noch ungeklärt. Die anfängliche Gewichtsabnahme ist auf die vermehrte Flüssigkeitsabgabe über Lunge und Niere zurückzuführen, bis die Akklimation vollständig eintritt. Zusätzlich kommt es zu Verlusten von Fett- und Muskelmasse, wobei dies vom Aktivitätenlevel abhängt. Je höher die Aktivität, desto eher bleibt die Muskelmasse erhalten, wobei wiederum mehr Fettmasse verloren geht. Vorrangig beim Körpergewichtsverlust sind Bilanzdefizite und ungünstige Stoffwechselprozesse. Einer meist intensiven körperlichen Beanspruchung im Gebirge steht auch häufig eine eingeschränkte, qualitativ und quantitativ inadäquate Ernährung gegenüber (vgl. Berghold & Schaffert, 2009). Alle diese Umstände führen zu einer negativen Energiebilanz, die aufgrund von vermindertem Appetit, Verdauungsstörungen, sowie schwierigen Bedingungen für Essenszubereitung und Nahrungszufuhr noch verstärkt wird (vgl. Bergthaler, 2009).

Pollard & Murdoch (2007, S.64) verwenden auch noch den Begriff des Höhen – Maladaptationssyndroms, der sich auf eine allgemeine Verschlechterung des körperlichen Zustands und das Ausbleiben einer weiteren Akklimation nach längeren Aufenthalten bezieht. Gewöhnlich tritt es erst ab Höhen über 5500 m auf. Der zu Grunde liegende Mechanismus ist noch unbekannt, jedoch kann das Maladaptationssyndrom durch eine hypobare Hypoxie ausgelöst und durch andere Faktoren wie Dehydratation und Nahrungsmangel verstärkt werden.

Major und Doucet führten 2004 eine Studie zur Energieaufnahme während eines Himalaya -Treks durch. Die Ergebnisse zeigten eine reduzierte totale Energieaufnahme von – 17% in Höhen zwischen 3500 und 5200 m, die nach der Rückkehr auf unter 2500 m wieder anstieg. Gründe dafür könnten sein, dass nur kleine Mahlzeitenportionen gut toleriert werden und die Speisen zu sättigend und zu energiearm waren. Eine weitere Erklärung könnte der Einfluss der Hypoxie auf bestimmte gastrointestinale Peptide (Hormone des Magen-Darm-Trakts) sein. Es kam zum Hormonanstieg von Leptin und Cholecystokinin (CCK) unter Höhenexposition, die zu einem verminderten Hungergefühl und zu vorzeitiger Sättigung führen. Ein wichtiges Kriterium ist sicher noch der Flüssigkeitsmangel. Inwieweit noch andere Ursachen eine Rolle spielen und für eine Festigung dieser Thesen bedarf es noch weiterer Untersuchungen. (vgl. Bergthaler, 2009).

### 4.3 Flüssigkeitshaushalt beim Bergsteigen

Der Erhalt der Flüssigkeitsbalance ist generell ein wichtiger Punkt im täglichen Leben und vor allem bei körperlicher Anstrengung stark zu berücksichtigen. Speziell beim Bergsteigen kommt es durch die Höhenakklimatisation unweigerlich zu Flüssigkeitsverlusten und es besteht stets die Gefahr der Dehydratation. Bereits nach einigen Tagen eines Aufenthalts bis und oberhalb der Schwellenhöhe (2500 m) kann das Gesamtkörperwasser um 1 – 3 Liter reduziert sein (vgl. Haditsch, 2005). Berghold & Schaffert (2009, S.54) sprechen sogar von einem Flüssigkeitsbedarf von 3 – 4 Liter pro Tag bei Aufhalten über 2500 m. Die Gründe für den gesteigerten Flüssigkeitsverlust sind vielseitig. Zum Einen lässt sich dies durch erhöhte perspiratio insensibilis erklären und zum anderen ist die physiologische Höhendiurese, in Fachkreisen auch unter hypoxic diuretic response (HDR) bekannt, schuld daran. Denn schon seit längerem ist bekannt, dass Diurese (Wasserausscheidung) und Natriurese (Salzausscheidung) Teile der physiologischen Antwort auf Hypoxie darstellen, also in der Höhenadaptation eine Rolle spielen. Sie tritt schon in den ersten Tagen der Höhenexposition auf und vergeht nach einem längeren Aufenthalt wieder. Der hypoxische Reiz selbst scheint die Hauptursache für die Höhendiurese zu sein, da einerseits eine Hypoxämie der Carotiskörperchen die Diurese verstärken und andererseits eine Natriurese durch Hemmung der renalen tubulären Natrium-Rückresorption auslösen. Weitere Ursachen können Hypokapnie, Alkalose und vermehrte Katecholaminausschüttung sein. (vgl. Haditsch, 2005).

Beträgt die Urinmenge innerhalb von 24 Stunden weniger als einen Liter kann dies ein Zeichen für eine schlechte Akklimatisation sein, wobei eine Zunahme der Urinmenge für eine gute Höhenanpassung spricht (vgl. Berghold & Schaffert, 2009).

Beobachten und kontrollieren des Körpergewichts, sowie der 24-Stunden-Urinmenge und Urinfarbe geben Aufschluss über die erfolgreiche Akklimatisation. Normal beträgt die Urinmenge 1,5 Liter pro Tag, weniger als 1 Liter sind bedenklich und weniger als 0,5 Liter bedrohlich (vgl. Bexmed, 2010).

Wie schon weiter oben im Text erwähnt spielt auch die perspiratio insensibilis verstärkt eine Rolle. Damit sind Flüssigkeitsverluste über das Schwitzen und die Atmung gemeint.

Normalerweise gehen nur 0,3 Liter Flüssigkeit pro Tag über die Atmung verloren. Bei zunehmender Kälte und Trockenheit in der Luft, wie es in der Höhe der Fall ist, muss mehr Flüssigkeit aufgewendet werden (vgl. Haditsch, 2011). Bei jedem Atemzug muss die Luft aufgewärmt werden und bei jeder ausgeatmeten Luft gehen Flüssigkeit und Hitze verloren, man spricht von insensible water loss – unmerklichen Flüssigkeitsverlusten (nicht dazu

zählen Verluste über Harn, Schweiß und Verdampfung über die Haut). In einer Studie von McKean wurde bei Männern ein insensible water loss von fast 2 Litern während eines Aufenthalts von 3 Wochen in einer Höhe von 4300 m unter Bewegung festgestellt. Frauen zeigten geringere Verluste als Männer (vgl. Bergthaler, 2009, S.28). Bei einer Luftfeuchtigkeit von 15% werden über die Atmung schon 2 l/Tag in Ruhe benötigt. Unter Belastung kann der Flüssigkeitsverbrauch auf bis zu 6 l/Tag ansteigen und das allein über die Atmung.

Der Flüssigkeitsverlust über den Schweiß birgt noch ein zusätzliches Gefahrenpotenzial. Der normale Verlust beträgt in etwa 0,6 Liter Flüssigkeit pro Tag. Bei extremer Belastung kann dieser auf bis zu 1 Liter pro Tag ansteigen, wobei gut Trainierte eine höhere Toleranz bei der Anpassung gegenüber Flüssigkeitsverlusten zeigen (vgl. Bexmed, 2010). Schweiß ist eine hypotone Flüssigkeit und besteht aus Wasser und Elektrolyten und durch vermehrtes Schwitzen kommt es auch zu größeren Verlusten von Kalium, Magnesium, Kalzium und auch Eisen. Im Vergleich zum Untrainierten haben Trainierte aufgrund einer größeren Anzahl an Schweißdrüsen einen erhöhten Schweißverlust, die Elektrolytkonzentration im Schweiß ist jedoch geringer, was erklären könnte, warum Trainierte bei Flüssigkeitsdefiziten weniger Leistungseinbusen verspüren (vgl. Meschnik, 2004). Die Verluste von Elektrolyten können Muskelzittern, Muskelkrämpfe, Unlust, Müdigkeit und allgemeine Leistungseinbusen zur Folge haben (vgl. Bexmed, 2010). Schwitzen allein jedoch gibt noch keine Hinweise auf den tatsächlichen Flüssigkeitsbedarf (vgl. Berghold, 1987).

Als eine weitere Ursache für gesteigerte Flüssigkeits- und Elektrolytverluste darf das „Vergessen“ und ein vermindertes Durstgefühl in größeren Höhen angesehen werden, wobei eine Elektrolytsubstitution bei Kurzaufenthalten und Eintagesetappen nicht notwendig ist. Um diesen Verlusten entgegen zu wirken wird nun empfohlen, durchschnittlich alle zwei Stunden Flüssigkeit und Nahrung zuzuführen. Zu enthusiastisches Trinken, vor allem von mineralsalzlosen Getränken wie z.B. Schnee- und Schmelzwasser oder Tee, wie es auf Bergtouren üblich ist, kann zu einer weiteren Flüssigkeitsverarmung des Körpers führen. Es kommt „oben rein und unten wieder heraus“. Weitere Folgen wären Hyponatriämie (zu niedriger Natriumspiegel im Blut) und im schlimmsten Fall eine Wasservergiftung. Übelkeit, Erbrechen, Kopfschmerz, Schwäche, Teilnahmslosigkeit, Muskelkrämpfe, Fieber, Kollaps und Verwirrungszustände sind die allgemeinen Folgen, was es schwierig gestaltet diese von einer AMS abzugrenzen. Weiters sind kohlenensäurehaltige Getränke eher schlecht, da diese eine Aufblähung des

Magens bewirken und der Magen dann gegen das Zwerchfell drückt. Folge sind eine gestörte Atmung und eine erschwerte Herztätigkeit. (vgl. Berghol, 1987 und Berghold & Schaffert, 2009).

#### 4.4 Auswirkungen der Flüssigkeitsdefizite

Der Wassergehalt des Menschen ist von Alter, Größe, Geschlecht und Fettanteil abhängig und schwankt zwischen 46 – 75% des gesamten Körpergewichts. Flüssigkeitsverluste von:

- 2% haben eine Verminderung der Ausdauerleistung,
- 3-4% haben eine Verringerung des Kraftvermögens, Müdigkeit, Appetitlosigkeit und ein deutliches Leistungsdefizit,
- 5-6% haben Erschöpfung, starkes Durstgefühl, Reizbarkeit und Übelkeit,
- > 6% haben Koordinationsstörungen und psychische Veränderungen zur Folge.
- >10% bedeuten schon erhebliche Lebensgefahr!!!

Tabelle 3: Folgen von Flüssigkeitsverlusten

Weitere mögliche Folgen der negativen Flüssigkeitsbilanz wären Dehydration und damit einhergehende Kreislaufstörungen, mit Leistungseinbußen bis hin zur Erschöpfung. Durch das Defizit kommt es laut Berghold & Schaffert (2009) zur Bluteindickung, die zu einer Verlangsamung des venösen Blutstromes führt. Zusätzlich mit der kalten Temperatur wirkt das begünstigend auf die Thromboseentstehung, wobei das Risiko für Thrombosen und Thrombembolien speziell ab 6000 m ohnehin erhöht ist. Beachtenswert ist auch, dass die PAE (Pulmonalarterienembolie) die häufigste nicht traumatische Todesursache in großen Höhen ist. Durch Dehydratation treten auch vermehrt Perfusionsstörungen auf, die im schlimmsten Fall zu Erfrierungen unterschiedlichster Grade bis zur Amputation von Zehen, Fingern und Nasenspitze führen können. Wird der Flüssigkeitsmangel nicht ausgeglichen, ist er von langer Dauer und tritt wiederholt auf, kann es als Spätkomplikation auch zur Bildung von Nierensteinen kommen. (vgl. Berghold & Schaffert, 2009).

#### 4.5 Bedeutung der Versorgung mit Makro- und Mikronährstoffen

Wie nun schon im oberen Teil geschildert, verändern sich die Stoffwechselprozesse des Körpers unter den veränderten Bedingungen im alpinen Raum. Es kommt zu einem vermehrten Flüssigkeitsdefizit und zu einem erhöhten Energiebedarf bei gleichzeitig

mangelndem Appetit und mangelndem Durstgefühl, was zu steigenden Leistungseinbußen führt. Deshalb ist es von Nöten ein besonderes Augenmerk auf eine bedarfsangepasste Nahrungs- und Flüssigkeitszufuhr zu legen. Dazu zählt nun eine optimale Versorgung mit Makro- und Mikronährstoffen, nur bedingt abhängig von der Höhe in der man sich befindet.

#### Makronährstoffe:

Zu den Makronährstoffen zählen die Kohlenhydrate, Fette und Proteine (Eiweiß). Gemeinsam sind sie die Energie liefernden Nahrungsbestandteile, auch Haupt- und Grundnährstoffe genannt. Aus der Sicht des Energienachschubs wären die drei Nährstoffe theoretisch gegenseitig ersetzbar. Da sie jedoch spezifische Aufgaben zu erfüllen haben, die von den jeweils anderen nicht übernommen werden können, ist ein Verzicht auf einen der Grundnährstoffe in der Praxis nicht durchführbar. Zur Energiebereitstellung werden überwiegend Kohlenhydrate und Fette verwendet. Eiweiße dienen als Baustoffe für den Körper und werden nur in Ausnahmefällen zur Energiebereitstellung angegriffen (vgl. Merschnik, 2004; Bernett & Zintl, 1987, S.52).

Kohlenhydrate: Sie sind die wichtigste Energiequelle des Menschen und der Hauptbrennstoff in der Höhe. Die Energieausbeute beim Abbau von Kohlenhydraten beträgt in etwa 5 kcal pro Liter Sauerstoff und ist größer als bei der Fettsäureoxydation (Fettabbau) mit rund 4,5 kcal/ Liter Sauerstoff. Verantwortlich hierfür ist der höhere intramolekulare Sauerstoffgehalt der Kohlenhydrate (vgl. Merschnik, 2004). Glukose wird selbst nach längeren Höhengaufenthalten noch um 25 % rascher verbraucht. Deshalb kann es auch schneller zu Hypoglykämien (Unterzuckerung) kommen als unter derselben Belastung auf Meeresniveau.

Wichtig ist jetzt nicht nur die Menge, sondern auch die Qualität der Kohlenhydrate, also deren Zusammensetzung und Energiedichte. Kohlenhydrate liefern gleich wie Proteine 4,1 kcal/g KH. Im Vergleich liefern Fette 9,3 kcal/g. Das bedeutet, dass man einerseits mehr essen müsste, um auf die gleiche Energiemenge zu kommen und andererseits mehr Nahrung zu schleppen hätte (vgl. Bergthaler, 2009). Bevorzugt werden sollten komplexe (Oligo- und Polysaccharide) gegenüber den niedermolekularen Kohlenhydraten (Monosaccharide). Einerseits sorgen komplexe Kohlenhydrate für einen konstanten Blutzuckerspiegel und besitzen andererseits einen hohen Anteil an Ballaststoffen, die förderlich für die Darmfunktion sind. Weiters liefern Lebensmittel, die reich an komplexen

Kohlenhydraten sind, wichtige Vitamine und Mineralstoffe (vgl. Merschnik, 2004). Polysaccharide haben außerdem eine niedrigere Osmolarität als Fette oder Proteine, d.h. sie wirken sich kaum auf den Wasserhaushalt aus (vgl. Bergthaler, 2009, S.30).

Mono- und Disaccharide (Ein- und Zweifachzucker) sind eher geeignet, schnell einer Unterzuckerung entgegen zu wirken, da sie rasch Zucker zur Verfügung stellen. Mehrfach- und Vielfachzucker brauchen zwar länger, um ins Blut zu gelangen entfalten ihre Wirkung jedoch über einen längeren Zeitraum hinweg (vgl. Bernett & Zintl, 1987).

Im Folgenden eine Tabelle mit günstigen Kohlenhydraten bei der Bergsporternährung:

<b><i>Kohlenhydratdichte Nahrungsmittel (NM)</i></b>
Honig, Marmelade Sportnahrungsriegel und Energiegel Sportgetränke (in Pulverform, auch streubar über Frühstückscerealien usw.) Trockenfrüchte Nudeln, Reis und Kartoffeln Brot und Kuchen
<b><i>Kohlenhydratdichte, flüssigkeitsreiche NM</i></b>
Smoothies (z.B. Fruchtsmoothie) Kommerzielle Kohlenhydratdrinks Joghurts (z.B. aromatisierte Fruchtjogurts) Dosenfrüchte in Fruchtsüße

Tabelle 4: Kohlenhydratdichte Nahrungsmittel

**Fette:** Sie stellen den größten Energiespeicher des menschlichen Organismus dar. Verbindungen von Fettsäuren und Glycerin sind die eigentlichen Fette, man nennt sie auch Triglyceride oder Neutralfette (vgl. Bernett & Zintl, 1987, S.55). Unterteilt werden Fette im Körper in Depotfett, ca. 10 kg bei Männern und 12 kg bei Frauen und in Unterhautfettgewebe, ca. 50% des Fettanteils und liegen subkutan vor. Das Fett in den Speichern enthält in etwa das 50-fache an Energie als diese in Form von Glykogen gespeichert werden kann. Dies ermöglicht eine stunden- bis tagelange Ausdauerleistung bei niedriger Intensität, da der Energiebedarf nur begrenzt über Kohlenhydrate gedeckt werden kann (vgl. Meschnik, 2004). Grund dafür ist die begrenzte Aufnahmefähigkeit des Magen-Darm-Traktes (vgl. Bergthaler, 2009, S. 31).

Fette werden langsamer in Energie übergeführt und benötigen bei ihrer Verstoffwechslung mehr Sauerstoff als Kohlenhydrate. Trotzdem sind sie in der Sporternährung nicht wegzudenken, da Fette essentielle Fettsäuren (z.B. Linolsäure, Linolensäure) enthalten und wichtige Träger von fettlöslichen Vitaminen A, D, E und K

sind. Zudem erfüllen Fette eine wichtige Funktion beim Aufbau von Zellmembranen und bieten einen mechanischen Schutz für Organe (vgl. Meschnik, 2004). Prinzipiell sollten pflanzliche Fette (Öle), jenen tierischen Ursprungs (Butter, Schmalz, Talg) vorgezogen werden. Besonders empfohlen werden pflanzliche Fette mit einfach und mehrfach ungesättigten Fettsäuren (z.B. Distelöl, Sonnenblumenöl) und Omega – 3 – Fettsäuren (Kaltwasserfische wie Lachs, Hering, Makrele) [vgl. Bergthaler, 2009, S.31].

Proteine (Eiweiß): Proteine setzen sich aus Polypeptidketten zusammen. Ihre Bausteine sind Aminosäuren, die dem Körper von außen zugefügt werden müssen (sind essentiell) [vgl. Bernett & Zintl, 1987]. Eiweiß ist sowohl in tierischen als auch in pflanzlichen Lebensmitteln enthalten. Zu den eiweißreichsten Lebensmitteln gehören Fleisch, Fisch, Eier, Milch und Milchprodukte, Getreide und Hülsenfrüchte. Bei körperlicher Belastung erfolgt die Energiebereitstellung zwar überwiegend aus der Oxydation von Kohlenhydraten und Fetten, der Eiweißbedarf steigt während der Belastung jedoch um 10 – 15% an. Bei unzureichender Glukosebereitstellung kommt es zum Abbau der Eiweißspeicher in der Muskulatur. Die Hauptfunktion der Proteine liegt also im Baustoffwechsel, wobei sie bei lang andauernder körperlicher Belastung vor mentaler und muskulärer Ermüdung schützen und zur Stabilität des Immunsystems beitragen (vgl. Meschnik, 2004).

#### Mikronährstoffe:

Sowohl Vitamine als auch Mineralstoffe und Spurenelemente zählen zu den Mikronährstoffen, die teilweise essentiell für den menschlichen Körper sind und über die Nahrung zugeführt werden müssen. Durch die erhöhte körperliche Aktivität steigt ihr Bedarf enorm an. Bei Mängeln kommt es allgemein zu einer Leistungsminderung und in manchen Fällen sogar zu Krankheitssymptomen. Überdosen können hingegen keine direkte Leistungssteigerung bewirken und im Falle von fettlöslichen Vitaminen kann es zu negativen Erscheinungen kommen. Im Vergleich zu den Makronährstoffen zählen sie nicht zu den Energielieferanten, sondern sind als Biokatalysatoren und Enzyme an sämtlichen Stoffwechselvorgängen beteiligt (vgl. Meschnik, 2004; Bernett & Zintl, 1987; Bergthaler, 2009).

Vitamine: Vitamine sind organische Verbindungen, die essentiell für den menschlichen Organismus sind. Ähnlich wie essentielle Amino- und Fettsäuren müssen sie dem Körper, manchmal auch als Vorstufe (=Provitamine) zugeführt werden. Ausnahmen sind die

Vitamine D und K, die in geringen Mengen vom Körper selbst freigesetzt werden können (vgl. Meschnik, 2004). Bei körperlicher Anstrengung, je nach Umfang und Intensität kann der Bedarf auf das 3 – 4-fache ansteigen (vgl. Bernett & Zintl, 1987, S.61).

Nach ihrer Löslichkeit unterscheidet man wasserlösliche Vitamine (C, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, Niacin, Folsäure, Pantothersäure, Biotin, B<sub>12</sub>) und fettlösliche Vitamine (A, D, E, K). Sie wirken im Energiestoffwechsel, auf das Nervensystem, das Immunsystem und den Knochenstoffwechsel. Einige von ihnen wirken auch als Antioxidantien (= Radikalfänger, wie die Vit. C, E und Provitamin A) [vgl. Meschnik, 2004].

### **Exkurs: Oxidativer Stress und freie Radikale**

Bei körperlicher Aktivität entstehen durch die Belastung und eine erhöhte Stoffwechselrate freie Radikale. Radikale sind aggressive Sauerstoffverbindungen mit mindestens einem ungepaarten Elektron, die reaktionsfreudig sind. Sie gelangen über externe Quellen in den Körper oder entstehen bei gewöhnlichem Metabolismus (Stoffwechsel). Neben der endogenen (inneren) Radikalbildung dominieren beim Bergsteigen vor allem die exogenen Einflüsse, wie höherer Anteil an ultraviolettem Licht, zusätzlicher Stress aufgrund des geringeren Sauerstoffpartialdrucks und der gesteigerten Stoffwechselrate bei Höhengaufenthalten. Diese freien Radikale greifen bei fehlender oder ungenügender Inaktivierung die körpereigenen Strukturen (z.B. Proteine, Nukleinsäuren) an oder zerstören sie völlig. Wenn die Produktion der Radikale gegenüber deren Inaktivierung überwiegt, spricht man von oxidativem Stress. Besteht dieser Stress über einen längeren Zeitraum hinweg, kann dieser chronische Erkrankungen auslösen und den Alterungsprozess vorantreiben (vgl. Meschnik, 2004; Bergthaler, 2009).

Beim Bergsteigen und besonders bei längeren Höhengaufenthalten kommt es zu einem erhöhten oxidativen Stress, der eine ausreichende Zufuhr an Vitaminen unabdingbar macht. Vor allem die Vitamine der B – Gruppe, das sind B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, Niacin und B<sub>12</sub>, Vit. C und E spielen eine entscheidende Rolle (vgl. Meschnik, 2004; Bergthaler, 2009).

Aus diesem Grund sollte erhöhtes Augenmerk auf eine vollwertige Ernährung geworfen werden. Unter Vollwertkost versteht man Lebensmittel, die sowohl Makro- als auch Mikronährstoffe enthalten. Vitamine sind natürlich v.a. auch reichlich in frischem Obst und Gemüse enthalten (vgl. Bernett & Zintl, 1987, S.63). Beim Trekking und auf Expeditionen kann unter Umständen sogar eine Substituierung mit Multivitamin-tabletten sinnvoll sein (vgl. Berghold, 1987 & 2005; Bergthaler, 2009; Meschnik, 2004; Bexmed, 2010).

Mineralstoffe und Spurenelemente: Mineralstoffe sind Ionen, also elektrisch geladene Teilchen, die zusammen mit dem Wasserhaushalt ihre Funktionen erfüllen (vgl. Bernett & Zintl, 1987). Die für den Bergsteiger wichtigsten Mineralstoffe sind Kalzium, Magnesium, Natrium, Kalium und Spurenelemente wie Phosphor und Eisen, da es über Schweiß und Urin sowie Erbrechen und Durchfall zu einer erhöhten Ausscheidung kommt (vgl. Bernett & Zintl, 1987; Meschnik, 2004; Bergthaler, 2009). Diese Mikronährstoffe sind bedeutsam für die Reizleitung im Nervensystem (v.a. an Muskeln), regulieren den osmotischen Druck, den Säure-Basen-Haushalt und sie dienen zusätzlich der Steuerung von Enzymen. Außerdem sind Mineralstoffe Bestandteile von Knochen und Zähnen (vgl. Meschnik, 2004). Phosphor und Kalksalze spielen eine wesentliche Rolle bei der Kohlenhydratverwertung (vgl. Berghold, 1987).

#### **4.6 Allgemeine Ernährungsempfehlung beim Bergsport**

Durch den erhöhten Bedarf an Nährstoffen, Vitaminen, Mineralstoffen und Spurenelementen, unter Berücksichtigung des verminderten Appetits und des mangelnden Durstgefühls sollten Nahrungsmittel gewählt werden, die man gewohnt ist, die einem schmecken, die gut gewürzt, leicht verdaulich und kohlenhydratreich sind:

1. Es sollten mehrere kleine Mahlzeiten über den Tag verteilt, je nach Belastungsdauer und -intensität zu sich genommen werden. Dies wirkt förderlich auf die Verdauung und ermöglicht einen konstanten Blutzuckerspiegel und daraus resultierende gleich bleibende Leistungsfähigkeit. Für Zwischendurch bieten sich Trockenfrüchte, Bananen, Äpfel, Fruchtschnitten, Müsli- und Energieriegel sowie Brot an.
2. Die Nahrungsmittel sollten möglichst kohlenhydratreich sein.
3. Auf üppige und fette Speisen (Speck, Wurst, Käse) sollte verzichtet werden, da diese eine längere Verweildauer im Magen haben und Hyperlipidämie (zu viele Fettteilchen im Blut) die Strömungswiderstände in den Blutkapillaren herabsetzen und Störungen im peripheren Gasaustausch hervorrufen kann.
4. Durch eine vielfältige Nahrungsauswahl sollte auf individuelle Vorlieben und Abneigungen geachtet werden.
5. Eventuelle Appetit anregende Nahrungsmittel bzw. Geschmacksstoffe mitführen.
6. Trinken bevor ein Durstgefühl entsteht (z.B. alle 150Hm oder jede ½ Std. einen Schluck trinken).
7. Keine zu großen Mengen auf einmal zu sich nehmen. Darauf achten, dass die

Getränke ausreichend an Mineralstoffen sind.

8. Warme Flüssigkeiten bevorzugen, da sie dann nicht erst durch den Körper erwärmt werden müssen und Energie gespart werden kann.

(vgl. Bergthaler, 2009)

- Reichlich, aber leichte Kost zum Frühstück.
- Bei Snacks darauf achten, dass man sie verträgt und sie einem schmecken.
- Das Mittagessen soll nach der Belastung leicht, kohlenhydratreich und eiweißhaltig sein z.B. Riegel, Cerealien mit Jogurt oder Teigwaren.
- Da Abends mehr Zeit bleibt, sollte man eine entsprechende Hauptmahlzeit zu sich nehmen. Aber auch beim Abendessen auf genügend Kohlenhydrate und Eiweiß achten.
- Hauptsache ist, dass man sich beim Essen wohl fühlt und Lust darauf hat.

(vgl. Merschnik, 2004; Treibel 2006)

## 5. Risiko und Gefahren in der Höhe

Bergsteigen ist einerseits ein „Gesundheitsbrunnen“ und andererseits als „Gesundheitsrisiko“ zu sehen. In großen Kreisen der Bevölkerung gilt es generell als gefährlich und einige sind auch davon überzeugt, dass das Ausüben von alpinen Disziplinen gefährlicher sei als Autofahren (vgl. Würtl, 2009; Stückl & Sojer, 1996). Zum einen Teil hat diese Meinung auch ihre Berechtigung und Gültigkeit, wenn man Bergunfallstatistiken anschaut. Dabei muss jedoch in Betracht gezogen werden, dass es in den Alpenländern keine einheitliche und meist unvollständige Unfalldokumentation gibt. Dies erschwert den Vergleich der Länderstatistiken. Aus Frankreich und Italien fehlen teilweise jegliche Angaben. Laut einer Statistik des Deutschen Alpenvereins geschehen rund 5000 Bergunfälle pro Jahr, wobei jeder fünfte tödlich verläuft. Das heißt, es gibt jährlich rund 1000 Bergtote – diese Zahl ist vergleichbar mit den jährlichen Verkehrsopfern in Österreich. Im Vergleich zur Bergstatistik des DAV verzeichnete der ÖAV ca. das Zehnfache an Unfällen, wovon nur rund 10% Alpenvereinsmitglieder sind. Jährlich erhöht sich die Zahl der Betroffenen, die besonders in den letzten 20 Jahren massiv angestiegen ist. Dies ist darin begründet, dass die Zahl der Mitglieder jährlich wächst und sich alpine Disziplinen zum Trendsport und Massentourismus entwickelten (vgl. Brämer, 2002).

Arten der Unfälle aus der Bergunfallstatistik des DAV von 2006 – 2007:

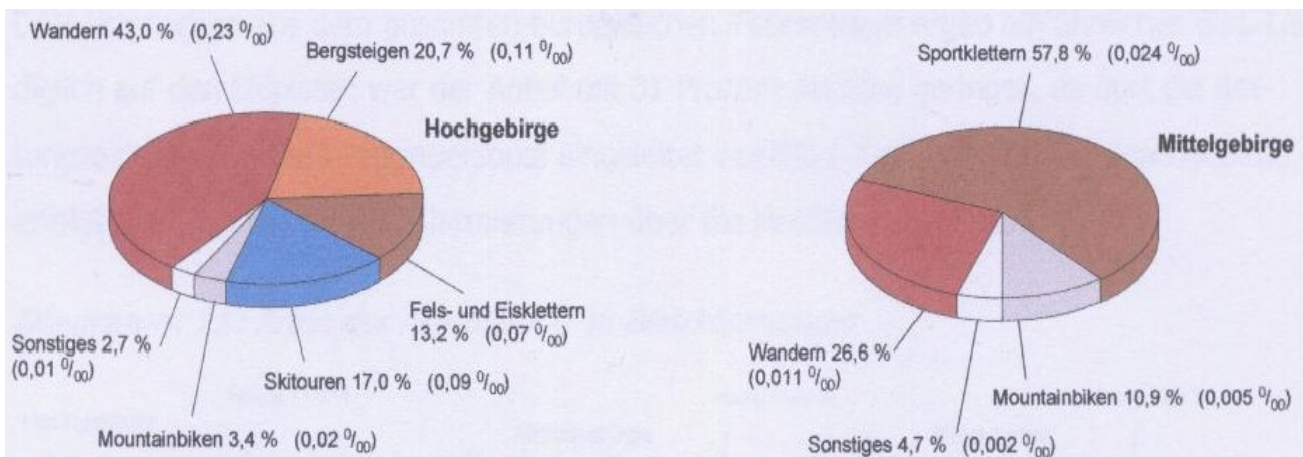


Abbildung 8: Bergunfallstatistik, 2006-2007 des Deutschen Alpenvereins; Download vom 20.09.2010

Wie nun ersichtlich sind Wanderer mit einem Anteil von über 50% betroffen. In rund der Hälfte der Fälle ist Ausrutschen oder Stolpern die Ursache für Unfälle. Rund 20% der Alpinisten verirren oder versteigen sich und in mehr als jedem 10ten Vorfall ist ein überforderter Kreislauf schuld am Missgeschick.

Der einflussreichste Faktor scheint jedoch die Höhe zu sein, da sich nur ca. ¼ der Unfälle unter 1400 m ereignen, ein weiteres ¼ über 2000 m und rund die Hälfte dazwischen. Das ergibt eine mittlere Unfallhöhe von 1600 m (vgl. Brämer, 2002; Würtl, 2009).

## 5. 1 Allgemeine Gefahren im alpinen Raum

Aufgrund des doch scheinbar erheblich erhöhten Gesundheitsrisikos beim Bergsport ist es wichtig, näher auf Ursachen für Unfälle und Unglücke im alpinen Raum einzugehen.

Grundsätzlich sind zwei Kategorien von Gefahren zu unterscheiden:

16. Subjektive Gefahren: Es ist unumstritten, dass die meisten Unglücke durch menschliches Versagen hervorgerufen werden. Darunter fallen fehlende Erfahrung, die man erst im Laufe der Zeit gewinnt oder aus Büchern und von erfahrenen Begleitern erhält. Mangelnde Kondition und unzureichendes Können in Kombination mit gesteigertem Übermut führen häufig dazu, dass man in Notsituationen gerät. Oft ist es auch so, dass Menschen die sich ins Gebirge begeben, eine falsche oder nur unzureichende Ausrüstung mit sich tragen. Ein gutes Beispiel hierfür ist, dass man schon viele Touristen in den höheren Lagen wie z.B. am Dachstein vorfindet, die mit der Gondel anreisen und dann am Gletscher mit Sandalen spazieren gehen.
17. Objektive Gefahren: Sind Gefahren der Natur und der Umwelt, die dem Alpinisten gegenüber stehen. Die meisten Wanderer und Bergsteiger machen sich bei gutem Wetter auf ins Gebirge und bedenken oft nicht, dass es rascher zu einem Wetterumschwung kommen kann. Stärkere Sonneneinstrahlung und gleichzeitig die Gefahr von Kälte, Nässe und häufig auch starker Wind erschweren manche Bergtouren. Nicht nur das Wetter stellt eine Herausforderung dar, sondern auch erhöhte Steinschlaggefahr oder im Winter Eisschlag oder Lawinenabgänge und im Frühjahr können sich einige Bäche aufgrund der Schneeschmelze, zu mitreißenden Flüssen entwickeln oder es sind an manchen Stellen noch Schneefelder vorhanden. Eine weitere Gefahr kann auch die Dunkelheit sein, da es am Berg im Sommer, wie auch im Winter schneller dunkel wird und man dies in seiner Tourenplanung unbedingt berücksichtigen muss.

(vgl. Stückl & Sojer, 1996; Würtl, 2009)

Die folgende Grafik soll noch einmal kurz veranschaulichen, in welchem Maß die Gefahren bei der Ausübung von alpinen Disziplinen eine Rolle spielen :

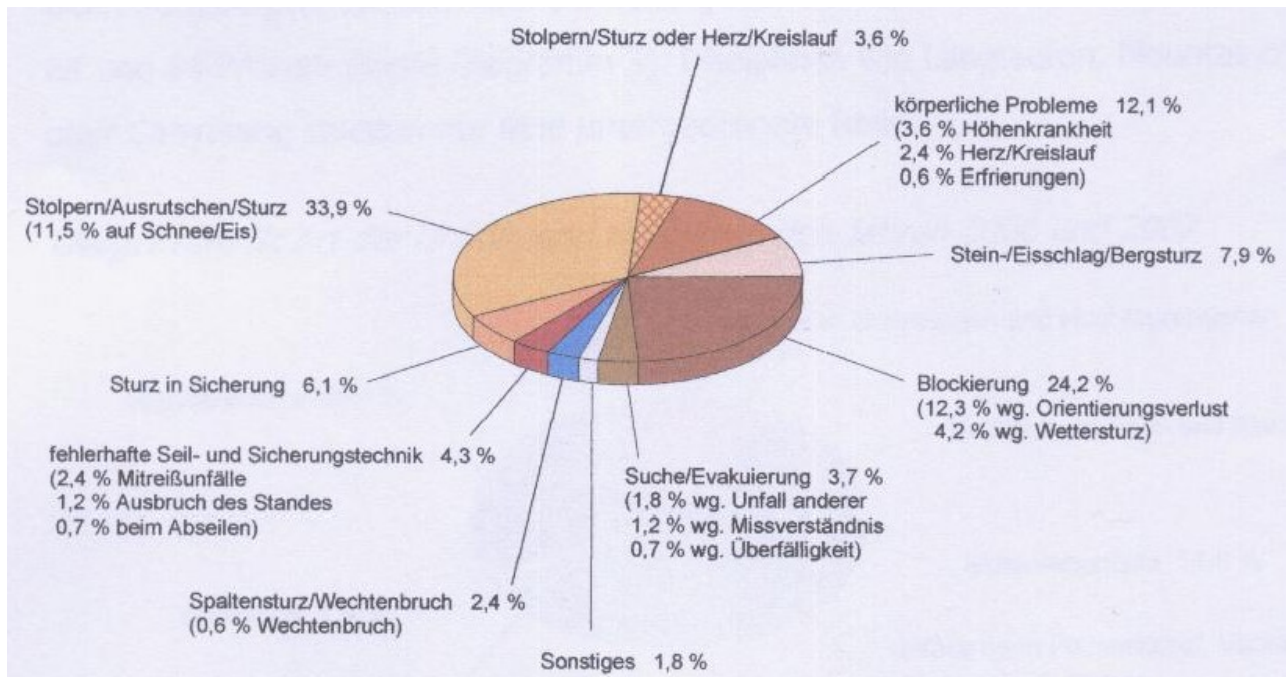


Abbildung 9: Bergunfallstatistik 2006-2007 des Deutschen Alpenvereins

Diese Grafik zeigt, dass der Mensch nun zum Großteil selbst verantwortlich für sein Gesundheitsrisiko am Berg ist. In mehr als 70% sind die Betroffenen selbst am Unfall schuld.

Doch nicht nur durch Fehlverhalten und objektive Gefahrenquellen können Probleme entstehen, die in weiterer Folge zu Unfällen oder sogar zum Tod führen.

Wie schon weiter oben im Text erwähnt, spielt anscheinende die Höhe selbst, u.a. der verminderte Sauerstoffpartialdruck, die größte Rolle bei körperlichen Gebrechen. Bei Höhenaufenthalten versucht der Organismus, sich den ständig wechselnden Bedingungen anzupassen. So kann es auch sein, dass es zu Adaptionsschwierigkeiten kommt und deswegen oder zusätzlich andere Krankheiten auftreten.

Erwähnenswert sind dabei die vier Höhen typischen Hypo's:

- Hypoxie (siehe unter 2.1.1)
- Hypothermie (unter 4.2.2)
- Hypohydration (unter 5.3)
- Hypoglykämie (unter 5.5)

## 5.2 Gesundheitsschäden durch Höhengaufenthalte

Durch die Höhenexposition kann es zu vielen negativen Auswirkungen auf den menschlichen Organismus kommen. In dieser Arbeit ist es aber nicht möglich, auf alle möglichen Folgen einzugehen, deshalb werden nur die häufigsten erläutert.

Beginnend mit der Höhenkrankheit, da sich die Höhenstufen aus medizinischer Sicht aus den Erfahrungsberichten von Höhenerkrankungen abgeleitet haben.

### 5.2.1 Höhenkrankheit

Die Höhenkrankheit ist eine, durch hypobare Hypoxie hervorgerufene Störung und umfasst fünf verschiedene Formen:

- AMS – akute Höhenkrankheit (acute mountain sickness)
- HACE – Höhenhirnödem (high altitude cerebral edema)
- HAPE – Höhenlungenödem (high altitude pulmonary edema)
- HALE – lokale Höhenödeme (high altitude local edema)
- HARH – Netzhautblutungen (high altitude retinal haemorrhage)

Teilweise ist es sehr schwer, die einzelnen Syndrome voneinander zu unterscheiden, da sie ähnliche Symptome aufweisen. Abgesehen von Höhen bedingtem Kopfschmerz erleiden ca. 30 -50% der Bergwanderer bzw. Bergsteiger eine AMS ab einer Höhe von 2500m. In 0,3 % der Fälle entsteht ein HACE und in 0,7% der Fälle entwickelt sich ein HAPE bei einem weiteren Anstieg über 3000m. Erstaunlich ist, dass schon Fälle bekannt sind, bei denen ein HAPE auf einer Höhe von 1400m (Schöckelhöhe) aufgetreten ist. Das niedrigste HACE entwickelte sich auf Dachsteinhöhe. Die genauen pathophysiologischen Mechanismen für die Entstehung der Höhenkrankheit sind noch unbekannt. Allen Syndromen gemeinsam ist jedoch, dass es sich um fehlende bzw. mangelhafte Akklimatisation handelt. Fakt ist, jeder kann höhenkrank werden, sofern er nur schnell genug höher steigt! (vgl. Berghold, 2009)

Die Hauptsymptome sind Kopfschmerz, Schwindel, Übelkeit, Erbrechen, Anorexie (=Appetitlosigkeit), Erschöpfung und Schlafstörungen. Im Falle einer HACE kommen noch Ataxie (=Störungen der Bewegungskoordination), Verhaltensänderungen, Halluzinationen, Desorientiertheit, Verwirrtheit, Bewusstseinseinschränkungen bis Koma hinzu. Weitere Symptome bei einer HAPE wären Dyspnoe, verminderte Belastbarkeit, trockener Husten,

blutig tingiertes Sputum, Rasselgeräusche bei der Auskultation (vgl. Pollard & Murdoch, 2007).

J. Milledge sagte einmal dazu: „Nobody dies from mild AMS, but many wish they could.“

Allen Formen der Höhenkrankheit ist jedoch gemeinsam, dass es meist zu einer Abnahme der Urinproduktion auf weniger als 0,5 Liter/ 24 Stunden kommt (siehe auch 5.2). Als allgemeine Maßnahmen werden Erholung, d.h. das Verweilen auf einer Höhenstufe und bei starker Ausprägung der Symptome, der sofortige Abstieg mit eventuell medizinischer Betreuung empfohlen. Die Höhenkrankheit kann sofort mit dem Erreichen einer individuellen Höhengrenze auftreten, häufig entwickelt sie sich in den ersten Tagen nach Ankunft in einer bestimmten Höhenlage. Wenn man beim Auftreten einer AMS die allgemeinen Maßnahmen berücksichtigt, sollte sie sich nach wenigen Tagen wieder legen.

### 5.2.2 Hypothermie

Unter Hypothermie versteht man das Absinken der Körperkerntemperatur unter 35°C. Liegt die Körperkerntemperatur zwischen 35°C und 32°C spricht man von einer leichten Hypothermie, sinkt sie unter 32°C handelt es sich um eine schwere. Hypothermien können akut, z.B. durch Stürzen in kaltes Wasser oder chronisch, dauert Stunden oder Tage nach Kälteexposition, auftreten. Häufig gehen chronische Hypothermien auch mit lokalen Erfrierungen einher, da sie auch unter Kälteexposition entstehen und schneller bemerkbar sind. Am häufigsten sind Finger, Zehen, die Nase und die Ohren betroffen. Nicht nur die Kälte allein, sondern auch Hypoglykämie und Dehydratation können die Ursache für eine Hypothermie sein. Die Auswirkungen sind Koordinationsstörungen, Bewusstseinsstörungen, Kältezittern, ataktische Gangstörungen. Unterhalb von 30°C endet das Kältezittern und die Muskeln werden starr. Das Gedächtnis nimmt ab, Apathie bis hin zum Koma kann als Folge eintreten. Wichtig ist bei Betroffenen, einen weiteren Wärmeverlust zu verhindern und möglichst schnell die normale Körperkerntemperatur wieder herzustellen. (vgl. Pollard & Murdoch, 2007, S.87).

### 5.2.3 Schneeblindheit

Schneeblindheit entsteht durch mangelnden UVA & UVB – Schutz in verschneitem oder vergletschertem Gelände. Pro 1000Hm nimmt die UV-Strahlung um ca.10% zu, wobei das Albedo (=Rückstrahlungsvermögen) unbedingt miteinbezogen werden muss. Die

Reflexstrahlung auf Schnee & Eis beträgt rund 95%, was v.a. für die Augen ein Problem darstellt. Die Schneeblindheit kann man sich vorstellen wie einen Sonnenbrand der Augen. Es kommt durch die Strahlung zur Schädigung der Hornhaut und der Bindehaut und das führt zu einem Fremdkörpergefühl und Schmerzen in den Augen. Meisten ist eine Schneeblindheit innerhalb weniger Tage reversibel, außer es kommt zu einer außerordentlichen Schädigung, dann kann die Heilung bis zu einigen Wochen dauern. Behandelt wird die Schneeblindheit mit Analgetika, Salben und kalten Kompressen (vgl. Pollard & Murdoch, 2007, S. 106).

## 6. Zusammenfassung

Wie nun in den vorangegangenen Kapiteln erläutert, kommt es bei Aufhalten in der Höhe zu einigen Veränderungen der Umwelt, die der Auslöser für körperliche Veränderungen sind. Der Luftdruck, v.a. der Sauerstoffpartialdruck sinkt mit zunehmender Höhe. Die Temperatur, der Wasserdampfgehalt und die Luftdichte nehmen ebenfalls ab. Der Organismus versucht, sich den ständig wechselnden Bedingungen anzupassen und gegebene Defizite auszugleichen. Diesen Vorgang nennt man Akklimatisation. Die Atemtätigkeit verstärkt sich und das Herz – Kreislauf – System wird angeregt. Durch die gesteigerte Atmung nimmt das Herzminutenvolumen, insbesondere der Herzfrequenz zu und der Ruhepuls steigt. So versucht der Körper die Zellen mit genügend Sauerstoff zu versorgen, da alle Organfunktionen auf eine adäquate Sauerstoffversorgung angewiesen sind.

Während der Druck, die Dichte, die Temperatur und der Wasserdampfgehalt in der Höhe fallen, erhöht sich die Strahlung massiv. Vor allem die zunehmende Intensität der UV – Strahlung ist gefährlich für Haut und Augen, deshalb wird ein Sonnenschutzmittel mit hohem Lichtschutzfaktor und Sonnenbrillen mit 100%igem UV – Filter bei jedem Höhengaufenthalt empfohlen.

Der limitierende, leistungsbegrenzende Faktor beim Bergsteigen scheint die Höhe selbst zu sein, wobei der geringere Sauerstoffpartialdruck die entscheidende Rolle spielt. Nicht jeder Mensch verträgt die Höhe gleich gut und Anpassungsvorgänge können auch unterschiedlich lange dauern, sowie es auch bei jedem Höhengaufenthalt zu AMS und zu anderen Erkrankungen bzw. Unfällen kommen kann, unabhängig vom Geschlecht.

Durch die Ernährung kann die Akklimatisation weder ersetzt noch beschleunigt werden. Da es beim Bergsteigen allgemein zu einem veränderten Metabolismus kommt und im Speziellen ein hoher Energieverbrauch v.a. der Kohlenhydrate bzw. ein hoher Flüssigkeitsverlust vorliegt, ist eine Ernährungsempfehlung bei der Ausübung von alpinen Disziplinen zu empfehlen, um die Leistung zu erhalten und zu fördern. Dazu zählen erhöhte Kohlenhydrat- und Flüssigkeitszufuhr in kleinen Mengen, aber häufigeren Mahlzeiten. Dabei sollten Nahrungsmittel ausgewählt werden, die den Appetit anregen und einem schmecken. Auf eine ausreichende Zufuhr von Vitaminen, Mineralstoffen und Spurenelementen ist ebenfalls zu achten.

## 7. Diskussion

Es gibt eine Reihe an physiologischen Veränderungen, wenn sich der Mensch im alpinen Raum aufhält und der Organismus ist bemüht, sich den in der Höhe vorherrschenden Bedingungen anzupassen. Jeder Mensch verträgt und reagiert auf die Höhe anders.

Was die Ernährung beim Bergsteigen angeht, gibt es nur bedingt Empfehlungen rein zur Aufrechterhaltung der Leistung.

Persönlich hatte ich erst wenig Höhengaufenthalte, dennoch bemerkte ich Veränderungen, die Zeichen der Akklimatisation waren. Ab einer Höhe von ~2700 m erhöhte sich mein Puls, ich hatte das Gefühl kräftiger atmen zu müssen und der Körper wurde träge und schwer. Nach einer kurzen Verweildauer auf ein und derselben Höhe normalisierte sich mein Körper und ich war bereit für einen weiteren Anstieg. Nach der Tour bemerkte ich, dass ich nicht sehr viel gegessen hatte, aber dafür eine Menge Wasser getrunken habe und erst am Abend bekam ich richtig Hunger und Appetit.

In dieser Arbeit wurde neben aktueller Literatur, teilweise auf ältere Bücher (aus den 90iger Jahren) zurückgegriffen, da sie einerseits eine gute Grundlage bieten und es andererseits keine aktuelle Literatur zu einigen Themengebieten gibt ( z.B. über den Menschen in mittleren Höhen, die Nierenveränderungen, wie welche Hormone eine Rolle bei Höhengaufenthalten spielen usw.). Als generell limitierend ist zu sehen, dass einige Bereiche noch zu wenig erforscht sind, um allgemeingültige Aussagen treffen zu können.

Dennoch konnten die anfangs erwähnten Fragestellungen ausführlich erläutert werden.

## 8. Literaturliste

- Bartlomé S. & Marty B.: Radioaktivität in Luft und Wasser: Download vom 6.März 2011:  
[www.tschuege.ch/benjamin/academia/radioactivity\\_report.pdf](http://www.tschuege.ch/benjamin/academia/radioactivity_report.pdf)
- Bätzing W.: Die Alpen – Geschichte und Zukunft einer europäischen Kulturlandschaft. 1.  
TB-Ausgabe: C.H.Beck, München 1984, 3. Auflage: 2003
- Berghold, F.: Bergmedizin heute – Ratgeber für gesundes Wandern und Bergsteigen:  
Bruckmann München, 1987
- Berghold, F.& Schaffert, W.: Höhenmedizin: Blv, 1999
- Berghold, F.& Schaffert, W.:Handbuch der Höhen- und Trekkingmedizin – Praxis der  
Höhenanpassung – Therapie der Höhenkrankheit: 7. Auflage 2009: Download vom  
20.September 2010: [www.alpinmedizin.org/pdf/HandbuchTrekking.pdf](http://www.alpinmedizin.org/pdf/HandbuchTrekking.pdf)
- Bernett, P.; Zintl, F.: Bergmedizin, Ernährung, Training – Alpin-Lehrplan 7. - München:  
BLV Verlagsgesellschaft GmbH, 1987
- Bergthaler J.: Ernährung im hochalpinen Raum. VDM Verlag Dr. Müller, 2010
- Blum H.J: Doppelfassaden: Ernst & Sohn, Berlin 2001
- Brämer R.: Bergwandern gefährlicher als Autofahren. 2002: Download vom 10. Jänner  
2011
- Dickhuth H.H.; Mayer F.; Röcker K.; Berg A.: Sportmedizin für Ärzte – Lehrbuch auf  
Grundlage des Weiterbildungssystems der Deutschen Gesellschaft für  
Sportmedizin und Prävention (DGSP). Deutscher Ärzte – Verlag, 2007
- Domej W.; Schwabberger G.; Guger Ch.; Herfert J; Haditsch B.; Földes-Papp Z.; Titz G.P.:  
Alpinmedizinische Forschung in mittlerer Höhe: Aspekte und Notwendigkeit.  
Springer-Verlag. 2005
- Draeger J. & Kriebel J. : Praktische Flugmedizin. Landsberg:ecomед, 2002
- Faller A. & Schünke H.: Der Körper des Menschen – Einführung in Bau und Funktion:  
Thieme, 14. Auflage 2004
- Haditsch B; Rössler A.; Helmut G.: Adrenomedullin – ein möglicher Regulationsfaktor der  
Höhenadaption?. Springer – Verlag. 2005
- Holick M.F. & Jenkins M.: Schützendes Sonnenlicht – Die heilsamen Kräfte der Sonne.  
Haug, 2005
- Hollmann, W.: Sportmedizin. - Stuttgart: Schattauer, 2009 (5. Auflage)
- Humm T.: Alpinismus und Tod, 2009: Download vom 17.08.2010
- Kanopka P.: Sporternährung. BLV, 2001

Klotz et. al.: Hochgebirge der Erde und ihre Pflanzen- und Tierwelt. Leipzig, 1989

Knechtle B.: Aktuelle Sportphysiologie – Leistung und Ernährung im Sport. Karger, 2002

Krakher T.-E.: Das Auge in der Höhe, 2007: Download vom 26. 09. 10: [www.uni-graz.at/alpinmedizin//index.htm?page=/alpinmedizin//watzmann\\_de.htm](http://www.uni-graz.at/alpinmedizin//index.htm?page=/alpinmedizin//watzmann_de.htm)

Lafenthaler A. E.: Umwelt – Gasteinertal, 2007: Download vom 6. März 2011: [www.gastein-im-bild.info/oeko/ouradio.html](http://www.gastein-im-bild.info/oeko/ouradio.html)

Merschnik Ch.: Richtige Ernährung beim Bergsteigen. 2004: Download vom 20.09.2010: [www.bergundsteigen.at/file.php/archiv/2004/1/print/32-36%20%28ern %E4hrung %29.pdf](http://www.bergundsteigen.at/file.php/archiv/2004/1/print/32-36%20%28ern%20%29.pdf)

Miller K.: Gefährliche Strahlen. 2010: Bergauf 02-2010

Moore J.T.: Chemie für Dummies: Wiley-VCH, 2. Auflage 2008

Moosburger K. A.: Die maximale Sauerstoffaufnahme (VO<sub>2</sub>max) als Bruttokriterium für die Ausdauerleistungsfähigkeit, 1994: Download vom 6. März 2011: [www.dr-moosburger.at/pub/pub027.pdf](http://www.dr-moosburger.at/pub/pub027.pdf)

Pollard A.J. & Murdoch D.R.: Bergmedizin – Höhenbedingte Erkrankungen und Gesundheitsgefahren bei Bergsteigern: Hans Huber, 1. Auflage 2007

Rathjens, C.: Geographie des Hochgebirges 1 Der Naturraum. - B. G. Teubner Stuttgart, 1982

Schatzl P.: Geographische Aspekte des Höhenbergsteigens. 2001: Download vom 20.09.2010

Schönwiese Ch.: Klimatologie. Ulmer Verlag, Stuttgart 2. Auflage 2003

Schrag K.: Bergwandern – Trekking. Alpin – Lehrplan 1. BLV, 2006

Stückl P. & Sojer G.: Bergsteigen – Lehrbuch und Ratgeber für alle Spielarten des Bergsteigens. Bruckmann, 1997

Treibel W.: Erste Hilfe und Gesundheit am Berg und auf Reisen. Rother. 2006

Pollard A.J. & Murdoch D.R.: Bergmedizin – Höhenbedingte Erkrankungen und Gesundheitsgefahren bei Bergsteigern: Hans Huber, 1. Auflage 2007

Würtl W.: Risiko Wandern. 2009: Bergauf 02-2009

[www.bexmed.de](http://www.bexmed.de)

Bergunfallstatist 2006 – 2007 vom DAV

[www.wikipedia.de](http://www.wikipedia.de)

[www.menzl.com](http://www.menzl.com)

## 9. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis:

Abbildung 1: Höhenstufen.....	4
Abbildung 2: Zusammenhänge von Höhe, Luftdruck und Temperatur (Berghold, 1987, S.104).....	9
Abbildung 3: Luftdruck und Höhe.....	10
Abbildung 4: Sofortanpassung und Akklimatisation.....	12
Abbildung 5: Auge.....	21
Abbildung 6: Verblitztes Auge.....	22
Abbildung 7: Schneeblindheit.....	22
Abbildung 8: Bergunfallstatist, 2006-2007 des DAV.....	38
Abbildung 9: Bergunfallstatist 2006-2007.....	40
Tabelle 1: UV-Index und Hauttypen.....	20
Tabelle 2: Ernährungsabhängige leistungslimitierende Faktoren.....	26
Tabelle 3: Folgen von Flüssigkeitsverlusten.....	31
Tabelle 4: Kohlenhydratdichte Nahrungsmittel.....	33

## **Anhang A: Die 10 Regeln der DGE für gesunde Ernährung**

### **1. Vielseitig essen**

Genießen Sie die Lebensmittelvielfalt. Merkmale einer ausgewogenen Ernährung sind abwechslungsreiche Auswahl, geeignete Kombination und angemessene Menge nährstoffreicher und energiearmer Lebensmittel.

### **2. Reichlich Getreideprodukte – und Kartoffeln**

Brot, Nudeln, Reis, Getreideflocken, am besten aus Vollkorn, sowie Kartoffeln enthalten kaum Fett, aber reichlich Vitamine, Mineralstoffe sowie Ballaststoffe und sekundäre Pflanzenstoffe. Verzehren Sie diese Lebensmittel mit möglichst fettarmen Zutaten.

### **3. Gemüse und Obst – Nimm „5 am Tag“...**

Genießen Sie 5 Portionen Gemüse und Obst am Tag, möglichst frisch, nur kurz gegart, oder auch 1 Portion als Saft – idealerweise zu jeder Hauptmahlzeit und auch als Zwischenmahlzeit: Damit werden Sie reichlich mit Vitaminen, Mineralstoffen sowie Ballaststoffen und sekundären Pflanzenstoffen (z.B. Carotinoiden, Flavonoiden) versorgt. Das Beste, was Sie für Ihre Gesundheit tun können.

### **4. Täglich Milch und Milchprodukte; ein- bis zweimal in der Woche Fisch; Fleisch, Wurstwaren sowie Eier in Maßen**

Diese Lebensmittel enthalten wertvolle Nährstoffe, wie z.B. Calcium in Milch, Jod, Selen und Omega-3 Fettsäuren in Seefisch. Fleisch ist Lieferant von Mineralstoffen und Vitaminen (B1, B6 und B12). Mehr als 300 – 600 Gramm Fleisch und Wurst pro Woche sollten es nicht sein. Bevorzugen Sie fettarme Produkte, vor allem bei Fleischerzeugnissen und Milchprodukten.

### **5. Wenig Fett und fettreiche Lebensmittel**

Fett liefert lebensnotwendige (essenzielle) Fettsäuren und fetthaltige Lebensmittel enthalten auch fettlösliche Vitamine. Fett ist besonders energiereich, daher kann zu viel Nahrungsfett Übergewicht fördern. Zu viele gesättigte Fettsäuren erhöhen das Risiko für Fettstoffwechselstörungen, mit der möglichen Folge von Herz-Kreislauf- Krankheiten. Bevorzugen Sie pflanzliche Öle und Fette (z.B. Raps- und Sojaöl und daraus hergestellte Streichfette). Achten Sie auf unsichtbares Fett, das in Fleischerzeugnissen,

Milchprodukten, Gebäck und Süßwaren sowie in Fast - Food und Fertigprodukten meist enthalten ist. Insgesamt 60 – 80 Gramm Fett pro Tag reichen aus.

## **6. Zucker und Salz in Maßen**

Verzehren Sie Zucker und Lebensmittel bzw. Getränke, die mit verschiedenen Zuckerarten (z.B. Glukosesirup) hergestellt wurden, nur gelegentlich. Würzen Sie kreativ mit Kräutern und Gewürzen und wenig Salz. Verwenden Sie Salz mit Jod und Fluorid.

## **7. Reichlich Flüssigkeit**

Wasser ist absolut lebensnotwendig. Trinken Sie rund 1,5 Liter Flüssigkeit jeden Tag. Bevorzugen Sie Wasser – ohne oder mit Kohlensäure – und andere kalorienarme Getränke. Alkoholische Getränke sollten nur gelegentlich und nur in kleinen Mengen konsumiert werden.

## **8. Schmackhaft und schonend zubereiten**

Garen Sie die jeweiligen Speisen bei möglichst niedrigen Temperaturen, soweit es geht kurz, mit wenig Wasser und wenig Fett – das erhält den natürlichen Geschmack, schont die Nährstoffe und verhindert die Bildung schädlicher Verbindungen.

## **9. Sich Zeit nehmen und genießen**

Bewusstes Essen hilft, richtig zu essen. Auch das Auge isst mit. Lassen Sie sich Zeit beim Essen. Das macht Spaß, regt an vielseitig zuzugreifen und fördert das Sättigungsempfinden.

## **10. Auf das Gewicht achten und in Bewegung bleiben**

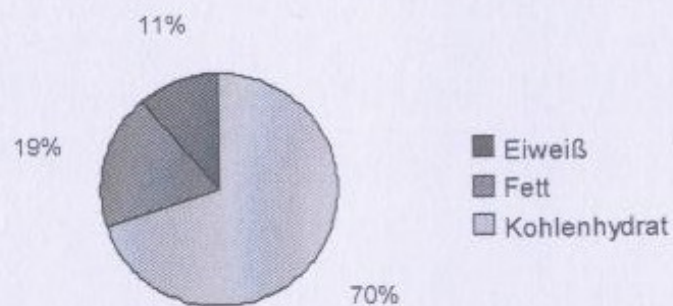
Ausgewogene Ernährung, viel körperliche Bewegung und Sport (30 bis 60 Minuten pro Tag) gehören zusammen. Mit dem richtigen Körpergewicht fühlen Sie sich wohl und fördern Ihre Gesundheit.

## Anhang B: Beispiel eines Tagesspeiseplanes

Bergsteigerin mit 60 kg (PAL 2,1) – Gesamtenergiebedarf von 3.350 kcal

Frühstück:	100g Haferflocken mit 20g Walnüssen, 10g Magermilchpulver (mehr Eiweiß, weniger Fett), 50g Trockenfrüchte Tee mit Honig (ca. 1 EL)	675 kcal
Snack:	Sportriegel (zB Harvest von PowerBar)	205 kcal
Mittagessen:	Kartoffeltopf mit Rindfleisch, gefriergetrocknet	449 kcal
Jause:	200g Vollkornbrot mit Sonnenblumenkernen	462 kcal
Abendessen:	150g Vollkornnudeln mit Tomatensauce 15g Olivenöl	649 kcal
zusätzlich Elektrolytgetränk (2 Liter), angereichert mit 180g Maltodextrin (9%ige Kohlenhydratlösung)		<u>896 kcal</u>
		<b>3.336 kcal</b>

entspricht einer **Nährstoffverteilung** von: **70% KH - 11% EW - 19% F**



(Bergthaler J., 2010, S.52)

## Anhang C: Windchill - „gefühlte Temperatur“

Windgeschwindigkeit (km/h)	Temperatur in Grad Celsius										
	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	
10	8	2	-3	-9	-14	-20	-25	-31	-37	-42	
20	3	-3	-10	-16	-22	-29	-35	-42	-48	-55	
30	1	-6	-13	-20	-27	-34	-41	-48	-55	-62	
40	-1	-8	-16	-23	-31	-38	-45	-53	-60	-68	
50	-2	-10	-18	-25	-33	-41	-48	-56	-64	-71	
60	-3	-11	-19	-27	-35	-42	-50	-58	-66	-74	
70	-4	-12	-20	-28	-35	-43	-51	-59	-67	-75	
80	-4	-12	-20	-28	-36	-44	-52	-60	-68	-76	
Höhere Geschwindigkeiten haben nur noch geringen Effekt	Keine oder nur geringe Gefahr.			Freiliegende Haut beginnt bei den meisten Menschen in Abhängigkeit vom Aktivitätsgrad und von der Sonnenenergie zu erfrieren.			Bedingungen für Aussenaktivitäten sind gefährlich. Ungeschützte Haut erfriert bei durchschnittlichen Personen in weniger als einer Minute.			Ungeschütztes Fleisch erfriert im Durchschnitt in rund 30 sec.	

[www.privatschule-eberhard.de/experimental/windchill.html](http://www.privatschule-eberhard.de/experimental/windchill.html)