



THE INTERNATIONAL MOUNTAINEERING AND CLIMBING FEDERATION
UNION INTERNATIONALE DES ASSOCIATIONS D'ALPINISME

Office: Monbijoustrasse 61 • Postfach
CH-3000 Berne 23 • SWITZERLAND
Tel.: +41 (0)31 3701828 • Fax: +41 (0)31 3701838
e-mail: office@uiaa.ch

EMPFEHLUNGEN DER MEDIZINISCHEN KOMMISSION DER UIAA

Nr. 4

Ernährung beim Bergsteigen

**Für Ärzte, interessierte Nicht-Mediziner und Trekking-
oder Expeditionsveranstalter und deren Mitarbeiter**

A. Morrison, V. Schöffl, Th. Küpper

2008

1 Einleitung

“Die Notwendigkeit angemessener Kalorien- und Flüssigkeitsaufnahme ist mindestens so wichtig wie die von Sauerstoff” [1]

Auch wenn Pugh diese Zeilen auf der Basis des Wissens der erfolgreichen Everest-expedition im Jahre 1953 schrieb, fanden wissenschaftliche Studien zum Thema “Ernährung am Berg” praktisch ausschließlich in den letzten 20 Jahren statt.

Bergsteigen mit seinen vielen Einzeldisziplinen – alpines Bergsteigen, Trekking, Expeditionsbergsteigen usw. – sind psychisch wie physisch hoch belastende Ausdauersportarten. Eine steigende Zahl von Personen sucht größere Höhen auf, sei es für Sport, Höhentraining, Erholung oder für längere Zeiträume bis zu diversen Monaten. Und wie bei jeder anderen sportlichen Aktivität steigert eine angemessene Nahrungs- und Flüssigkeitsaufnahme die Leistungsfähigkeit. Natürlich ist dies oft leichter gesagt als getan, wenn man sich in der Höhe befindet oder in einer abgelegenen Gegend mit rauher Umgebung.

Bei der Planung von Hochgebirgsaufenthalten gibt es darüber hinaus zahlreiche weitere Faktoren, insbesondere dann, wenn man sich länger in der Höhe aufhalten wird. Mit zunehmender Höhe und damit zunehmender Hypoxie treten komplexe physiologische Anpassungsmechanismen ein. Appetit und Geschmackempfinden werden beeinträchtigt werden. Körperliche Belastungen können mehr als die doppelte Energie (Kalorienaufnahme) erfordern als in Meereshöhe. Diese Kombination von Effekten kann Gewichtsverlust zur Folge haben, ebenso eine Veränderung der Körperzusammensetzung (% Körperfett und Muskulatur).

Daher liegt das Ziel dieser Empfehlung darin, in übersichtlicher Form die wesentlichen Fakten zum Thema “Ernährung am Berg “ zusammen zu fassen und Strategien aufzuzeigen, wie man Gewichtsverlust minimieren und Gesundheit und Leistungsfähigkeit optimieren kann.

2 Gründe für den Gewichtsverlust in der Höhe

Auch wenn man annimmt, daß ausreichend Nahrung mitgenommen, regelmäßig zubereitet und das Essen in relativ komfortabler Umgebung eingenommen wird, bleibt das Problem, daß genug gegessen und getrunken wird.

Appetit und Geschmackempfinden lassen in der Höhe nach. Gesteigertes Sättigungsgefühl geht mit verminderter Nährstoffmenge einher – man fühlt sich satt nach kleinen Portionen. Diese „Höhenanorexie“ kann einen beträchtlichen Gewichtsverlust verursachen. Der Effekt beginnt etwa in 3.600m Höhe für einige und ab etwa 5.000m Höhe für praktisch alle Personen. Der Gewichtsverlust kann 1-2 kg/Woche betragen [2]. Es wird vermutet, daß dies in Zusammenhang mit höhenbedingten Veränderungen von Hormonkonzentrationen steht, insbesondere von Leptin. Der Gewichtsverlust ist bei Kaukasiern (Europäer, Nordamerikaner) größer als beispielsweise bei Sherpas, vor allem oberhalb von 5.400m Höhe [3]. Während Sherpas mit 9,1% Körperfett im Basislager diesen Anteil in der Höhe konstant halten konnten, traf dies nicht für Kaukasier mit ursprünglich 18,4% Körperfett zu. In einer anderen Studie, in der

ein Everest-Trek in einer hypobaren Kammer über 40 Tage simuliert wurde, verloren die Probanden $7,4 \pm 2,2$ kg, wovon 2,5 kg auf Körperfett entfielen.

Dieser Gewichtsverlust ist völlig unabhängig von irgendwelchen Symptomen der Höhenkrankheit (acute mountain sickness, AMS), wobei die betroffene Person möglicherweise Hunger empfindet, aber wegen der Übelkeit weder essen noch trinken möchte. AMS kann im Unterschied zur "Höhenanorexie" bereits in 2.500m Höhe auftreten.

Schlechte persönliche Hygiene ist einer von vielen Gründen für Diarrhoe und wird in der UIAA Empfehlung Nr.5 behandelt. Diarrhoe wird auch zu Gewichtsverlust und Elektrolytstörungen führen, und zwar unabhängig von der Höhe (s. UIAA MedCom Empfehlung Nr.5). Eine einfache Rehydratationslösung wird auf S.6 beschrieben.

Andere Gründe, die zu einer verminderten Nährstoffaufnahme und damit zu Gewichtsverlust führen, sind fremde Nahrungsmittel, eingeschränkter Komfort oder Verhaltensweisen, oder Einsamkeit. Essen und Trinken kann auch durch äußere Einflüsse wie die Konzentration auf körperliche Anstrengung, Klettern oder Survival-situationen beeinträchtigt sein [4].

Unabhängig vom aktuellen Trainingszustand beeinflusst Hypoxie die Energiequelle, die vom Körper vorzugsweise verwertet wird (Fett oder Kohlehydrate). Dies kann geschlechtsabhängig variieren [5].

Die Zusammensetzung des Körpers verändert sich mit dem höhenbedingten Gewichtsverlust. Dies hängt vom Höhenprofil, der vorbestehenden Körperzusammensetzung und dem Geschlecht ab. Das Flüssigkeitsgleichgewicht des Körpers kann durch die Hypoxie ebenfalls beeinträchtigt werden.

Wenn ausreichend Nahrungsmittel verfügbar ist und in einer relativ komfortablen Umgebung gegessen wird, kann der Gewichtsverlust minimiert werden [6], [4], [2], [7].

3 VOR DER EXPEDITION

3.1 Wie wird entschieden, welche Nahrungsmittelrationen mitgenommen werden sollen?

Die Planung, welche Nahrung in welcher Menge mitgenommen wird, basiert auf dem Nährstoffbedarf der Teilnehmer und der Länge der Expedition. Zur unproblematischen Nahrungsaufnahme ist es notwendig, daß die Zähne vor Abreise kontrolliert und ggf. saniert worden sind.

Da es sich zeitweilig kaum vermeiden läßt weniger Nährstoffe als nötig aufzunehmen (z.B. kann die Energieaufnahme in 5.000m nur 1/3 derjenigen in Tallage betragen), ist es notwendig, daß die zur Verfügung stehende Nahrung wohlschmeckend und leicht zuzubereiten ist, um den Gewichtsverlust zu minimieren [2].

Eine sinnvolle Strategie kann es sein, eine Auswahl an hochenergetischer Nahrung und leicht verfügbarer Kohlehydrate zur Verfügung und freien Auswahl zu haben, während man unterwegs ist. Auf die Aufnahme unterschiedlicher Nahrungsmittel sollte geachtet werden. Es hat sich bewährt eine Auswahl an Gewürzen mitzunehmen,

mit denen die Teilnehmer nach eigenem Geschmack die Nahrung nachwürzen können. So wurde im Rahmen einer Expedition zum Mt. Everest beispielsweise 2,3 kg Cayenne-Pfeffer innerhalb einiger Wochen verbraucht [6].

Es sollte gewährleistet sein, daß alle Töpfe leicht zu reinigen sind, um Zeit zu sparen und die Wahrscheinlichkeit oraler Infektionen zu vermindern. Wenn man beim Kochen Deckel benutzt, wird Energie gespart. Fertiggerichte sind schnell gekocht, benötigen ein Minimum an Brennstoff und Wasser für Zubereitung und Reinigung der Kochausrüstung nach dem Essen. Daher werden sie oft bevorzugt. So war in einer Untersuchung auf einer Everestexpedition das Lager III in 45° steilem Gelände auf blankem Eis errichtet worden. Die Nahrungsaufnahme war hier limitiert auf solche Nahrungsmittel, die ohne Kochen unmittelbar gegessen werden konnten (zumeist Kohlehydrat-Konzentrate), oder die nach einfachem Verrühren mit heißem Wasser eßbar waren [4]. Zahlreiche Studien des Militärs mit sofort eßbaren Rationen untersuchten gezielt die Ernährung von Personen, die in der Höhe körperlich belastet wurden. Typischerweise wird berichtet, daß die Nahrungsmittel, die nicht gemocht werden, weggeworfen werden (meist 10-20%, aber bis zu 40%), bevor die restliche Nahrung gegessen wird. So wird ein energetisches Defizit verursacht [6]. Studien an Zivilisten kamen zum gleichen Ergebnis.

Es gibt keinerlei Argument dafür, Nahrung hinauf zu tragen, die nicht gegessen wird. Daher sollte der Bedarf und die Vorlieben und Abneigungen der Teilnehmer sorgfältig ermittelt werden. Sehr wichtig ist, daß alles einfach in Höhe und Kälte zuzubereiten ist, wenn man die Wahrscheinlichkeit vergrößern will, daß die Teilnehmer später soviel wie möglich essen werden.

Beispiele für Ernährungspläne sind in dieser Empfehlung nicht enthalten, denn die Vielzahl möglicher Lösungen dieses Problems ist einfach zu groß:

Wie ist die normale Ernährung? (Vegetarier, Ovolactovegetarier, „Allesfresser“)	Gesundheit (Magenprobleme, Diabetes) Körperlicher Trainingsstatus
Religion (strikt vegetarisch, kosher) oder eine andere Restriktion	Anteil Muskel-/Fettgewebe in der Körperzusammensetzung
Alter und Geschlecht	Vorliebe für Süßwaren oder würzigen Produkten
Nährstoffintoleranz, Allergien	Medikamente können möglicherweise mit Nährstoffen Wechselwirkungen haben

Wenn schwerwiegende Nahrungsmittelallergien bekannt sind, sollten diese Nährstoffe in keinem Essen vorkommen. Im Falle einer Anaphylaxie sollte die Notfallmedikation trotzdem sicherheitshalber mitgeführt werden (z.B. Adrenalin). Es ist darauf zu achten, daß die Notfallmedikation bei den zu erwartenden Temperaturen stets einsatzbereit ist.

Wo sollen die Nahrungsmittel eingekauft werden – daheim oder im Zielland? Die Haltbarkeit der Nahrung und die Lagertemperatur sollte beachtet werden, ebenso das Gewicht und die Verpackung und wer alles transportiert (man selbst oder Träger?). Wie / wann wird die Verpackung entsorgt?

Wenn die individuellen Erfordernisse erst einmal bekannt sind, stehen reichlich Informationsmöglichkeiten zur Verfügung, um einen Ernährungsplan für die Expedition zu erstellen. Wenn Veranstalter für die Ernährung verantwortlich sind, achte man darauf, daß sie den erforderlichen Diätprofilen der Teilnehmer nachkommen.

3.2 Teste Zubereitung und Geschmack vor der Abreise!

Die Nahrung, die auf der Expedition gegessen werden soll, sollte unbedingt vor der Abreise ausprobiert werden. Man teste das Trockenpulver von Milch, Eiern, Käse usw. Auch dehydriertes Gemüse, Brühwürfel, Trockenfrüchte und verschiedene Nüsse. Wenn Fertiggerichte gegessen werden sollen stelle man sicher, daß diese geschmacklich akzeptabel sind. Nahrungsmittel wie Linsen, Haferflocken (Müsli) und gefriergetrocknete Nahrung sollte unbedingt ausreichend gewässert werden, bevor sie gegessen wird. Ansonsten werden sie Wasser aus dem Magen-Darm-Trakt aufnehmen, was Verstopfung oder Magenbeschwerden zur Folge haben kann. Bei allem sollte man nie vergessen, daß man in der Höhe sowieso wenig Appetit hat und schlecht schmeckendes Essen kaum essen wird.

Es ist außerdem sinnvoll, einen Lagerungsversuch der Nahrung zu machen, und zwar bei den Temperaturen, die man für unterwegs zu erwarten hat. Heißes Klima kann die Konsistenz der Nahrung erheblich verändern oder gar zu schnellem Verderben führen. Extreme Kälte kann zur Folge haben, daß einige Nahrungsmittel steinhart werden und unmöglich ohne Erhitzen gekaut werden können (z.B. Karamel, Nougat). Dies kann zu zahnmedizinischen Notfällen führen (gebrochene Zähne, verlorene Füllungen).

3.3 Überprüfe den Eisenstatus vor der Expedition!

Überprüfe den Eisenstatus und korrigiere mögliche Defizite vor einer größeren Expedition. Es kann 3-6 Monate dauern, bis ein entleerter Eisenspeicher wieder ausreichend gefüllt ist. Frauen und Vegetarier haben ein erhöhtes Risiko und sollten den Eisenhaushalt vor dem Aufbruch in große Höhe überprüfen lassen.

4 WÄHREND DER EXPEDITION

4.1 Flüssigkeitsgleichgewicht und Prävention von Dehydration und Durchfall

Es wird trotz aller Wissensdefizite im Detail kaum bezweifelt, daß bei AMS, HAPE und HACE Körperwasser an den falschen Orten des Körpers eingelagert werden (siehe UIAA Empfehlung Nr.2). Dehydration kann, unabhängig davon, ob sie durch nicht ausreichenden Flüssigkeitsnachschub oder hohen Verlust eingetreten ist – erhebliche Gesundheitsprobleme verursachen. Auf Meereshöhe führt der Verlust von 2 bis 5% an Körperwasser zu Durst, Kopfschmerzen, Müdigkeit, diffusem Schwitzen, verminderter geistiger / psychischer Belastbarkeit, Mundtrockenheit, Schüttelfrost und Kaltschweißigkeit; und ein Verlust von 8% führt zum Tode. In der Höhe (z.B.

>2500m) ist die Stabilisation des Flüssigkeitshaushaltes physiologisch wesentlich komplexer und wird u.a. durch das Höhenprofil beeinflusst, und keineswegs weniger wichtig. Auch wenn man bereits ausreichende Mengen sicheren Trinkwassers hergestellt hat, um in der Höhe regelmäßig zu trinken, kann es immer noch schwierig sein zu entscheiden, ob man einen reinen Wasserbedarf hat oder zusätzlich Elektrolyte oder Kohlehydrate benötigt. Die folgenden Hinweise können hilfreich sein, seine Flüssigkeitsstrategie in der Höhe zu planen:

Der Urin sollte blaßgelb sein, wenn man ausreichend Flüssigkeit aufgenommen hat und natürlich sollte er auch ein ausreichendes Volumen aufweisen. Je dunkler gelb (oder gar bräunlich) der Urin oder je geringer sein Volumen ist, desto schwerer ist das bestehende Flüssigkeitsdefizit oder auch eine AMS.

Es ist leider unmöglich, genaue Angaben des Flüssigkeitsbedarfs pro Tag zu machen, da dieser massiv von äußeren Bedingungen wie Wetter, Intensität und Umfang der körperlichen Belastung, individuellen Unterschieden in der Schweißproduktion, dem Geschlecht usw. abhängig ist. So wurden auf einer Everestexpedition Verluste von $3,0 \pm 0,5$ l/Tag auf Rasttagen und $3,3 \pm 0,6$ l/Tag gemessen. In einer anderen Studie wurde der Wasserverlust bei konstanten Umgebungsbedingungen, aber in unterschiedlicher Höhe untersucht (5000-7000 m vs. 7000-8848 m). Dabei wurden Verluste von $3,7 \pm 0,6$ l/Tag bzw. $3,3 \pm 0,8$ l/Tag festgestellt [2].

Bei normal temperiertem Klima beträgt der Flüssigkeitsbedarf in Meereshöhe (Nahrung und Getränke) für einen durchschnittlichen Mann mit 70 kg Gewicht bzw. Frau mit 55 kg 2,5 bzw. 2,2 l/Tag oder etwa 1,2 l/Tag reine Flüssigkeit (6-8 Gläser Getränk). Allerdings steigt dieser Bedarf drastisch an, wenn körperliche Aktivität durchgeführt wird. In diesem Falle kann der Flüssigkeitsverlust über Schweiß 1-2 l/Stunde und darüber erreichen.

Bei starkem Schwitzen geht dem Körper nicht nur Wasser verloren. Schweiß enthält auch Eisen, Kalium und Salz. Wenn also jemand bei heftigem Schwitzen Salzflecken auf der Kleidung findet und Salz in den Augen brennt, dann zeigt dies den erheblichen Verlust an, der durch entsprechende Nahrung oder Getränke ausgeglichen werden sollte. Dies ist zumindest für Meereshöhe gut untersucht. Dagegen liegen keinerlei Daten dazu in großer Höhe vor. und es ist derzeit nicht möglich, eine verlässliche Empfehlung zum täglichen Salzbedarf in großer Höhe zu geben. Einige Expeditionen gingen folgendermaßen vor: Die Tagesrationen diverser Armeen für kalte Umgebungsbedingungen beinhalteten im Jahr 1994 4500 kcal an Brennwert, 4500 mg Natrium, und 90 gr. Protein. Ein medizinischer Report über die Alaskan Climbing Study führt die Erschöpfung der Teilnehmer auf die Salzdefizite unter dieser Ernährung zurück und sah keine wesentliche Ursache in der Energiezufuhr oder in möglicher Dehydration. Eine andere Studie am Mt. Everest 1989 führte keinerlei zusätzliches Salz zur Nahrung hinzu (allerdings enthielten diverse Nahrungsmittel bereits Salz) und ein anderer Bericht führt auf, daß man sich selbst dazu gezwungen hat, bis zu 4 l/Tag von einem Elektrolytgetränk zu trinken. Letzteres führte zur Erkrankung der Teilnehmer, weil ihr Schweißverlust nur minimal war und die Elektrolyte „überdosierte“ waren [6]. Pugh (2004) berichtete, daß Bergsteiger, die sich in 19000 ft (5.800m) aufhielten, 12 oz (340 gr.) pro Tag konsumiert haben [7]. Fall koffeinhaltige Getränke getrunken werden, so sollten sie evtl. ab nachmittags gemieden werden, um eine Beeinträchtigung des Nachtschlafes zu vermeiden.

Möglicherweise kann zum jetzigen Zeitpunkt folgendes Fazit gezogen werden: Trinke regelmäßig, denke daran, daß nicht spürbarer Flüssigkeitsverlust sich bei Aktivität deutlich verstärkt und dann überwiegend Wasser verloren wird. Ein elektrolytreiches Getränk kann nach starker Anstrengung oder massivem Schwitzen sinnvoll sein (zusammen mit Kohlehydraten). Trinke nicht zu viel auf einmal bzw. insgesamt übermäßig, denn dann kann es passieren, daß die Plasmaelektrolyte weiter verdünnt werden mit der Folge der Hyponatriämie.

Natürlich kann es schwierig sein, eine gute Flüssigkeitsbilanz in der Höhe beizubehalten. Die Verfügbarkeit von Wasser kann problematisch sein, beispielsweise durch die Notwendigkeit, Schnee zu schmelzen oder ausreichend Wasser zu desinfizieren, oder schlicht daran zu denken, daß ausreichend getrunken wird. Wenn unterwegs das Wasser chemisch desinfiziert werden soll, sollte man bereits daheim experimentieren, wie es schmeckt und wie man möglicherweise schlechten Geschmack z.B. durch Hinzufügen von etwas Ascorbinsäure (Vitamin C) verbessern kann. Gletscher können zwar reichlich Schmelzwasser bieten, jedoch enthält dies Gesteinsstaub, der bei empfindlichen Personen laxierend wirkt. Daher sollte man Gletscherwasser vor dem Genuß zunächst etwas „ruhen“ lassen, damit sich der Gesteinsstaub absetzen kann. Dann kann man es vorsichtig dekantieren („abgießen“).

Das Wasser von Flüssen entlang populärer Trekkingrouten kann durch Fäkalien verunreinigt sein. Die Desinfektion mit chlorhaltigen Mitteln (z.B. Puritabs^R, MultiMan^R, Mikropur^R, Certisil^R) oder Jodlösung (8 Tropfen/l) benötigt mindestens 20 Minuten Einwirkzeit (siehe UIAA MedCom Empfehlung Nr.6 „Wasserdesinfektion“).

Im Falle, daß Personen durch Diarrhoe dehydriert sein sollten, kann eine einfache **Elektrolytlösung** folgendermaßen hergestellt werden: 1 Teelöffel Salz und 1 Eßlöffel Zucker pro Liter desinfiziertes Wasser (Details siehe in UIAA MedCom Empfehlung Nr.5 „Reisediarrhoe“). Für Kinder sollte man sich gezielten Rat von einem Arzt einholen und industriell hergestellte Elektrolytlösungen bevorzugen, um eine korrekte Dosierung zu gewährleisten.

4.2 Wasserretention und Acute Mountain Sickness (AMS)

Im Mittel besteht der menschliche Körper zu 50 - 60% aus Wasser, allerdings schwankt der Wassergehalt in den verschiedenen Geweben erheblich. So beträgt der Wassergehalt in Blut, Hirn, Muskel und den Knochen etwa 91%, 81%, 76% bzw. 13%. Daher überrascht es nicht, daß sowohl die körperliche als auch die mentale Leistungsfähigkeit bei zunehmender Dehydratation beeinträchtigt wird. Daher sollte ein Sportler auf einen ausreichenden Dehydrationszustand achten, sowohl vor dem Aufbruch zu einer Bergtour als auch unterwegs im Verlauf des Tages und über Nacht (regelmäßiges Trinken).

Hypoxie kann Hormonkonzentrationen beeinflussen, Flüssigkeitsverschiebungen auslösen und wirkt diuretisch. Einige Studien weisen darauf hin, daß diejenigen, die in den ersten Stunden nach Beginn der Höhenexposition Flüssigkeitsretention aufweisen, ein höheres Risiko für AMS aufweisen (s.a. UIAA MedCom Consensus Statement No. 2).

Diejenigen, die eine AMS entwickeln, werden sowohl die Energiezufuhr als auch die Flüssigkeitszufuhr reduzieren, völlig unabhängig davon, ob man aus anderen, bereits aufgeführten Gründen Gewicht verliert. Bei der AMS besteht eine Reduktion des Körperwassers sowie der Urinproduktion. Eine Studie zeigte eine signifikante Zunahme des Gesamtkörperwassers mit einer Verschiebung von mindestens einem Liter zwischen den Kompartimenten innerhalb von 4 Tagen. In einer anderen Studie wurden 55 Erwachsenen einer Höhe von 4880m exponiert (12 Stunden, Ruhe). Von diesen hatten diejenigen ein höheres AMS-Risiko, die in den ersten Stunden eine größere Flüssigkeitsretention aufwiesen. Zahlreiche Berichte legen einen Zusammenhang zwischen Flüssigkeitsretention und AMS nahe, daher gilt in jedem Falle:

Ausreichende Akklimatisation!

4.3 Defizite an Vitaminen und Mineralstoffen

Die vorliegende Empfehlung kann nicht *alle* Vitamine, Mineralstoffe und Spurenelemente umfassend darstellen. Um sicher zu stellen, daß diese breite Palette an Stoffen in ausreichender Menge zugeführt wird, sollte die Ernährung variabel sein und ein breites Spektrum an Nahrungsmitteln umfassen. Dabei sollten nicht-raffinierte Produkte bevorzugt werden oder solche, die mit Mineralstoffen und Vitaminen angereichert sind (z.B. Cerealien). Defizite in Mineralstoffen werden oft bei Leistungssportlern gefunden, insbesondere bei Frauen und Vegetariern (Kalzium, Eisen und Zink). Die Ursache liegt zumeist in einer Restriktion der Energiezufuhr, dem Vermeiden tierischer Produkte wie Fisch, Fleisch, Geflügel oder der Kombination von Nahrungsmitteln, die die Aufnahme der genannten Nährstoffe verhindern. So wird beispielsweise Eisen schlecht in Gegenwart von Phytaten (kommen in Kleieprodukten sowie in Produkten mit raffiniertem Mehl oder Reis, Sojaprodukte) oder Kalzium (in Milch- und Molkereiprodukten), dagegen gut in Form tierischer Häm-Produkte (Fleisch, Fisch, oder in Kombination mit Vitamin C resorbiert).

4.4 Verstehen und Abschätzen des Energiebedarfs

Im Idealfall gilt:

$$\text{ENERGIEAUFNAHME} = \text{ENERGIEVERBRAUCH}$$

In der Welt der Bergsteiger, insbesondere in großer Höhe, ist die Realität leider anders:

$$\text{ENERGIEAUFNAHME} < \text{ENERGIEVERBRAUCH}$$

(...was zu Gewichtsverlust führt!)

Um abschätzen zu können, wieviel Energie man täglich benötigt, sind im Folgenden einige Erklärungen dazu nötig, wie der Energieumsatz in Meereshöhe und in großer Höhe ist. Die Abschätzung gemäß Tabelle 1 ist leicht! Viele Menschen sind zunächst überrascht, wenn sie erfahren, daß der größte Teil des Energiebedarfs dazu benötigt wird, um unseren Körper funktionsfähig zu halten und eine konstante Körperkern-temperatur zu gewährleisten. Dies kann für den Körper eine echte Herausforderung sein, wenn er kaltem Klima ausgesetzt ist.

Die **Energieaufnahme** ist die Summe der Kalorienaufnahme (kcal oder kJ) aus Flüssigkeiten und Nahrungsmitteln. Die Energieaufnahme wird vom Alter, Geschlecht, der Körperzusammensetzung (relativer Anteil an Fett bzw. Muskelmasse), der Größe, der Gesundheit, der Erbanlagen, des Body-Mass-Index und der körperlichen Aktivität beeinflusst. Jedes Kilo Körpergewicht entspricht einer Energiemenge von etwas mehr als 7.000 kcal. Ein Energiedefizit dieser Größenordnung würde also einen Gewichtsverlust von 1 kg verursachen (Wasser außer Acht gelassen). (Anmerkung: zur Umrechnung von kcal in kJ multipliziert man mit dem Faktor 4,18).

Der **Energieverbrauch** wiederum ist die Summe aller Energie, die der Körper für irgendeine Funktion oder Aktivität verbraucht. Dies ist prinzipiell in drei Bereichen möglich (tägliches Anteil in Klammern):

- Ruheumsatz (60-75%)
- Körperliche Aktivität (20-35%)
- Energiebedarf für Verdauung und Stoffwechsel (4-7%)

Diese Punkte werden im Folgenden näher erläutert, soweit sie für die Ernährung und in der Höhe bzw. in kaltem Klima von Interesse sind.

4.4.1 Ruheumsatz

Der Ruheumsatz wird vom Körper benötigt, um sich selbst in Betrieb zu halten, und zwar ohne jede weitere körperliche Aktivität (z.B. für eine konstante Körpertemperatur, zum Atmen, für Herz-Kreislauffunktion, zu Reparaturvorgängen u.v.a.). Der Ruheumsatz ist erhöht, wenn am Vortage körperliche Belastungen erfolgt sind und die Muskeln in der Regenerationsphase eine erhöhte Stoffwechselaktivität hat.

Der Ruheumsatz verbraucht normalerweise etwa 60-75% der täglichen Energieaufnahme. Man kann den Ruheumsatz genau durch den Umsatz der Atemgase messen, während die Person sich in körperlicher und mentaler Ruhe in angenehmer Umgebung mindestens 12 Stunden nach der Letzten Mahlzeit befindet. Da dies in den meisten Fällen nicht wirklich möglich ist, kann eine Schätzung durch die Benutzung von Tabelle 1 leicht durchgeführt werden.

Der Ruheumsatz ist höher bei körperlich aktiven Menschen, weil diese einen höheren Anteil an metabolisch aktivem Muskelgewebe haben. Die Zusammensetzung des Körpers ist vermutlich die wichtigste physiologische Determinante hinsichtlich der Kältetoleranz [6]. Das Verständnis und die Minimierung der Effekte der Kälte und der Unterkühlung hat unmittelbare Konsequenzen für die Ernährung: a) Periphere Vasokonstriktion begrenzt den Wärmeverlust und spart somit Energie und b) körperliche Aktivität, Zittern oder beides vergrößern die Wärmeproduktion und somit den Ener-

giebedarf [6]. In extrem kalter Umgebung kann der Ruheumsatz auf das 5-fache gesteigert werden, weil der Körper durch Zittern versucht, die Körpertemperatur konstant zu halten. In tropischem Klima ist der Ruheumsatz um 5-20% gesteigert (weitere 5% bei körperlicher Aktivität im Vergleich zu gleicher Aktivität in gemäßigtem Klima), weil die Belastung der Wärmeexposition für den Kreislauf bewältigt werden muß. Wenn eine neue Höhenstufe erreicht wird, steigt der Ruheumsatz zunächst um ca. 10-20% oder mehr. Zusammengefaßt beeinflussen also klimatische Extreme, die Körperzusammensetzung, körperliche Aktivität, Höhe (-aufstieg) und die thermoregulatorischen Reaktionen des Körpers direkt den Ruheumsatz und die Höhe des Energiebedarfs. Bei der Planung sollte nicht vergessen werden, den Mehrbedarf für Schlechtwettertage einzuplanen.

4.4.2 Abschätzung des Energiebedarfs bei körperlicher Aktivität

Körperliche Aktivität benötigt zusätzliche Energieaufnahme, die ihrerseits vom Umfang, der Art und der Intensität dieser Aktivität abhängt. Dieser Mehrbedarf (kcal) muß zum Grundumsatz hinzu addiert werden. Das Vorgehen ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Berechnung des Ruheumsatzes (nach: Department of Health, UK 1991)

	Alter (Jahre)	Formel zur Berechnung des Ruheumsatzes (MJ/Tag)	Beispiel:
Männer	10-17	$0,074 \cdot \text{KG} + 2,754$	Um beispielsweise den täglichen Ruheumsatz für einen 25-jährigen Mann mit 70 kg Körpergewicht zu berechnen, benutzt man die Formel aus der 2. Zeile der Tabelle 1: $0,063 \cdot 70 + 2,896 = 7,306 \text{ MJ/Tag}$ Um dies in kcal umzurechnen teilt man das Ergebnis durch 0,0042: $7,306 / 0,0042 = 1740 \text{ kcal/Tag}$ Diese 1740 kcal sind die Energiemenge, die dieser Mann lediglich dazu benötigt, um an einem tag ohne körperliche Aktivität und in angenehmer Umgebung am Leben zu bleiben. Jeder Mehrbedarf durch widrige äußere Umstände oder Aktivität muß hinzu gerechnet werden.
	18-29	$0,063 \cdot \text{KG} + 2,896$	
	30-59	$0,048 \cdot \text{KG} + 3,653$	
	60-74	$0,0499 \cdot \text{KG} + 2,930$	
Frauen	10-17	$0,056 \cdot \text{KG} + 3,434$	
	18-29	$0,062 \cdot \text{KG} + 2,036$	
	30-59	$0,034 \cdot \text{KG} + 3,538$	
	60-74	$0,0386 \cdot \text{KG} + 2,875$	
		KG = Körpergewicht in kg	

Das Ausmaß an körperlicher Aktivität ist in der Abschätzung nun die variabelste Komponente. Als ein Vielfaches des Grundumsatzes variiert dieser Mehrbedarf an Energie zwischen dem absoluten Minimum von 1,0 für jemanden, der sich körperlich nicht bewegt (oder ißt), über 1,5 für eine weitgehend sitzende Person bis hin zu 2,0 für aktive Menschen. Werte über 2,5 können ohne spezifische Nahrungsergänzungstoffe nicht aufrecht erhalten werden. Während einer Mt.Everest-Expedition wurden Werte von $2,2 \pm 0,3$ gefunden, ein Bereich, der hoch trainierten Ausdauerathleten

entspricht [2]. Eine andere Untersuchung bei Aufstiegen über 6000m ergab noch höhere Werte von $3,0 \pm 0,7$ [2]. In dieser Studie wurde weniger Energie zugeführt als verbrannt wurde.

4.4.3 Nahrungsinduzierter Energieverbrauch

Der nahrungsinduzierte Energieverbrauch entspricht normalerweise etwa 10% des täglichen Energieverbrauchs, vor allem durch Wärmeverlust während des Verdauungsprozesses. Allerdings ist dieser Energieverlust in Anbetracht der Tatsache, daß die meisten Personen in der Höhe sowieso eine negative Energiebilanz aufweisen, nicht relevant. Einige Studien haben gezeigt, daß dieser nahrungsinduzierte Verlust in der Höhe etwa 4-7% des täglichen Energiebedarfs entspricht [2].

4.5 Kohlehydrate, Fette und Proteine in der Höhe

Nahrungsmittel und Getränke bestehen aus einer Kombination aus Kohlenhydraten, Fetten und Proteinen (s. Tabelle 2). Das Ausmaß der Aufnahme und des Abbaus von Kohlenhydraten hängt stark von der Nahrungszubereitung ab und dies hat wesentlichen Einfluß auf das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit. Hochgradig verarbeitete Kohlehydratprodukte mit einem geringen Anteil an Vitaminen und Spurenelementen sollten gemieden und solche mit hohem oder gar erhöhtem Gehalt bevorzugt werden.

Es gibt Hinweise dafür, daß dann, wenn die Alpinisten selbst aussuchen können, was sie essen, ein relativ höherer Anteil der Energieaufnahme aus Fetten besteht. Die Annahme, daß kohlenhydratreiche Nahrung in der Höhe bevorzugt wird, wird durch Studien inhomogen beantwortet. In allen Fällen machten Kohlenhydrate jedoch deutlich mehr als die Hälfte der Energieaufnahme aus (55-65%), was auch sinnvoll ist, weil sie den bevorzugten Brennstoff für Muskeln darstellen.

Muskeln haben nur einen begrenzten Vorrat an Kohlenhydraten – in Form von Glykogen – und somit wird regelmäßiger Nachschub benötigt, wenn die Muskeln arbeiten. Trainierte Muskeln können wesentlich mehr Glykogen speichern, was ihre Effizienz wesentlich steigert. So kann ein untrainierter Muskel 13g/100g Muskulatur speichern, ein trainierter hingegen etwa 32% und ein optimal trainierter und maximal mit Kohlenhydraten beladener Muskel sogar 335-40g Glykogen. Die Erschöpfung der Muskelglykogenvorräte steht in engem Zusammenhang mit der muskulären Erschöpfung. Daher haben sich kohlehydrathaltige Snacks, die während des Trekkings oder Bergsteigens griffbereit sind, als Kohlehydratnachschub bewährt. Ein kontinuierlicher Nachschub vermeidet zudem Unwohlsein, welches dann auftreten kann, wenn große Mengen an Kohlenhydraten auf einmal gegessen werden. **Achtung:** reine Glukose (Traubenzucker) sollte vermieden werden!

Abhängig vom Trainingsstatus, der Belastungsintensität oder des Geschlechtes kann der Körper auch Fette als Brennstoff bevorzugen. Fette benötigen zum Abbau mehr Wasser und haben eine negative Wasserbilanz im Vergleich zu den Kohlenhydraten.

Der Unterhalt oder Zunahme der Muskelmasse benötigt eine gut ausgeglichene Bilanz an Wasser, Kohlenhydraten und Eiweiß, die zum richtigen Zeitpunkt gegessen werden.

Insuffiziente Muskelarbeit in der Höhe kann schlicht das Resultat einer nicht ausgeglichenen Energiebilanz sein – entweder weil grundsätzlich nicht genug gegessen wird oder weil das Mehr an körperlicher Aktivität nicht durch adäquat gesteigerte Nahrungsaufnahme ausgeglichen wird. Außerdem finden höhenbedingte physiologische Adaptationen statt, was und wieviel man isst und was der Körper als Hauptenergiequelle bevorzugt. Nicht balancierte Aufnahme bei körperlicher Leistung kann beispielsweise auftreten, wenn die Nahrung überwiegend aus Protein statt Kohlehydrate besteht. In diesem Fall wird auch Protein als Energieträger genutzt, was eine deutliche Steigerung des Wasserverlustes und damit ein erhöhtes Risiko der Dehydratation bedeutet.

In Meereshöhe ist empfehlenswert, wenn Mahlzeiten oder Snacks nach einer anstrengenden Belastung kleine Mengen an Protein und hauptsächlich Kohlehydrate enthalten, um die Glykogenspeicher wieder aufzufüllen. Dieser Kohlehydratnachschub sollte etwa 1,5 g/kg Körpergewicht in den ersten 30 Minuten nach der Belastung entsprechen und dann in gleicher Größenordnung alle 2 Stunden für die nächsten 4-6 Stunden wiederholt werden. Dies kann in der Höhe in der Umsetzung schwierig sein, weitere Empfehlungen werden in Tabelle 2 gegeben.

Wenn man die auf Meereshöhe validierten Normalwerte der täglichen Energieaufnahme für Sportler zugrunde legt, gilt folgendes: 6-10 g/kg Körpergewicht an Kohlehydraten, Protein 1,2-1,4 g/kg, aber für Kraftsport 1,6-1,7 g/kg. Es liegt kein nachweisbarer Vorteil darin, wenn der Fettanteil auf <15% reduziert wird und entsprechend liegen die Empfehlungen abhängig von der Sportart im Bereich von 15-15% [8]. Einige Studien weisen darauf hin, daß es offensichtlich nicht zu einer signifikanten Veränderung der Nahrungszusammensetzung kommt, wenn Bergsteiger ihre Nahrung selbst aussuchen. So blieb der Anteil von Fetten auf einer Everestexpedition bei 20-35%, der der Kohlehydrate bei 50-65%. Es fand sich kein Unterschied in der Leistungsfähigkeit bzw. hinsichtlich des Gipfelerfolges.

Tabelle 2. Hauptnahrungsmittel in der Höhe

Nährstoff	Menge an Energie (kcal pro gr.)	Sauerstoff-Energie-äquivalent (kJ/l)	Mittlerer täglicher Anteil in der Höhe (%)	Beispiele	Bemerkungen
<p>KOHLHYDRATE</p> <p>(notwendig zum Erhalt des Blutglukosespiegels und der Glykogenspeicher, daher ist regelmäßige Aufnahme sinnvoll. Bevorzugter Brennstoff bei mittlerer bis hoher Belastungsintensität)</p>	4	<p>21,1</p> <p>Alle Muskeln verfügen über Glykogenvorräte für intensive Belastungen. Diese benötigen regelmäßigen Nachschub.</p>	<p>Etwa 56%</p> <p>(Studienergebnisse: 50-65%)</p> <p>Achtung: exzessive Kohlenhydrataufnahme von etwa 70% kann Magenverstimnungen verursachen und in einer nicht-balancierten Ernährung enden, denn die Bioverfügbarkeit von Vitaminen und Mineralstoffen kann vermindert werden.</p>	<p>Reis, Pasta, Nudeln, Cerealien, Kartoffeln, Cracker, Brot, Getränke mit komplexen Kohlehydraten, Trockenfrüchte, Schokolade, Zucker</p>	<p>Wichtigste Energiequelle für körperliche Aktivität, wenn die Muskulatur gut mit Kohlehydraten versorgt wird. Hat die höchste Energiedichte pro Mol verbranntem Sauerstoff. Die Nahrungsmittel sollten nicht hochgradig verarbeitet und nach Möglichkeit reich an Mineralstoffen und Vitaminen sein. Man esse ausreichend Kohlehydrate vor, während und nach (>1 h) intensiver Belastung, um die Blutzuckerkonzentration stabil zu halten. Militärische Empfehlungen lauten: mindestens 400 g Kohlehydrate pro Person und Tag ([6], S.74).</p>
<p>FETT</p> <p>(ermöglicht die Aufnahme fettlöslicher Vitamine, hohe hochenergetische Ernährung; Fette sind essentielle Bestandteile aller Zellmembranen)</p>	9	19,6	<p>Etwa 28%</p> <p>(Studienempfehlungen 20-35% pro Tag)</p>	<p>Speiseöle, Margarine, raffinierte Butter, in Öl eingekelte Konserven, Erdnußbutter, Nüsse, Öl von Fischkonserven</p>	<p>Mehr Energie (kcal) pro Gramm als Kohlehydrate. Hat von allen Nahrungsmitteln den besten Geschmack, verbessert oft den Geschmack anderer Nahrungsmittel. In Meereshöhe besteht keinerlei Vorteil in einer Diät mit weniger als 15% Fettanteil. Gesättigte Fettsäuren sollten vermieden werden. Besser sind einfach oder mehrfach ungesättigte Fettsäuren (Öl).</p>

Table 2. (Fortsetzung)

<p>PROTEIN (falls andere Energieträger nicht in ausreichender Menge zur Verfügung stehen, werden Proteine als Energiequelle genutzt. Dies ist von Nachteil, weil Protein zur Muskelbildung und –reparatur sowie als Strukturprotein gebraucht)</p>	4	18,7	15%	Käse, Würste, Fleisch, Fisch und Fischkonserven, Eier, pulses, Linsen	Am meisten sättigend von allen Nährstoffen. Sollte wegen des hohen thermischen Effektes (und der Wasserbilanz wegen der Stickstoffausscheidung) nicht >15% der täglichen Energieaufnahme entsprechen.
<p>ALKOHOL</p>	7		0%		Hoher Kaloriengehalt, nachteilig für sportliche Aktivität, weil eine negative Wasserbilanz die Belastbarkeit senken kann. Als Gefäßdilator steigert Alkohol den peripheren Wärmeverlust.

References

1. Pugh, L.C.G.E., *Metabolic problems of high altitude operations*, in *Nutritional Requirements for Survival in the cold and at Altitude*, L. Vaughn, Editor. 1965, Arctic Aeromedical Laboratory: Ft. Wainwright, AK. p. 299-342.
2. Westerterp, K.R., *Energy and water balance at high altitude*. *News Physiol Sci*, 2001. **16**: p. 134-7.
3. Boyer, S.J. and F.D. Blume, *Weight loss and changes in body composition at high altitude*. *J Appl Physiol*, 1984. **57**(5): p. 1580-5.
4. Reynolds, R.D., et al., Intakes of high fat and high carbohydrate foods by humans increased with exposure to increasing altitude during an expedition to Mt. Everest. *J Nutr*, 1998. **128**(1): p. 50-5.
5. Braun, B., et al., Women at altitude: carbohydrate utilization during exercise at 4,300 m. *J Appl Physiol*, 2000. **88**(1): p. 246-56.
6. Marriott, B.M. and S.J. Carlson, *Nutritional Needs in Cold and High-Altitude Environments: Applications for Military Personnel in Field Operations*, I.o.M. Committee on Military Nutrition Research, Editor. 1996, National Academic Press: Washington D.C.
7. Pugh, L.G., Himalayan rations with special reference to the 1953 expedition to Mount Everest. 1954. *Wilderness Environ Med*, 2004. **15**(2): p. 125-34.
8. N.N., Joint Position Statement: nutrition and athletic performance. American College of Sports Medicine, American Dietetic Association, and Dietitians of Canada. *Med Sci Sports Exerc*, 2000. **32**(12): p. 2130-45.

Mitglieder der Medizinischen Kommission der UIAA (in alphabetischer Reihenfolge)

C. Angelini (Italien), B. Basnyat (Nepal, Präsident der Kommission), J. Bogg (Schweden), A.R. Chioconi (Argentinien), S. Ferrandis (Spanien), U. Gieseler (Deutschland), U. Hefti (Schweiz), D. Hillebrandt (Großbritannien), J. Holmgren (Schweden), M. Horii (Japan), D. Jean (Frankreich), A. Koukoutsis (Griechenland), J. Kubalova (Tschechische Republik), T. Küpper (Deutschland), H. Meijer (Niederlande), J. Milledge (Großbritannien), A. Morrison (Großbritannien), H. Mosaedian (Iran), S. Omori (Japan), I. Rotman (Tschechische Republik), V. Schöffl (Deutschland), J. Shahbazi (Iran), J. Windsor (Großbritannien)

Historie der vorliegenden Empfehlung

Die hier vorliegende Version ist die Übersetzung (Th. Küpper) der auf der Jahressitzung 2008 in Adršpach – Zdoňov / Tschechische Republik verabschiedeten englischen Fassung.