

# Wenn Fleisch gefriert

## Lokale Erfrierungen – Grundlagen und Prophylaxe, Teil 1

von Christoph Höbenreich

*Frei nach dem Motto „es ist einfacher aus einem guten Bergsteiger einen Arzt zu machen, als aus einem Arzt einen guten Bergsteiger“ (Diemberger, 1998), wagt sich der Bergführer Christoph Höbenreich an ein medizinisches Thema: die Gefahr von lokalen Kälteschäden beim Bergsteigen. Nicht nur bei Bergfahrten in medizinisch kaum versorgte Gebiete oder bei Expeditionen sind Vorbeugung, frühzeitige Erkennung und richtige Erstbehandlung von Erfrierungen von großer Bedeutung, sondern gerade auch im Alpenraum. Erfrierungsprozesse sind schwer wahrzunehmen und die möglichen Dauerschäden können sehr ernsthaft sein. Höbenreichs Erfahrungen und Beobachtungen auf vielen Expeditionen, die Berücksichtigung einschlägiger Literatur sowie persönliche Gespräche mit anerkannten Alpin- und Expeditionsärzten - Univ. Prof. Dr. Gerhard Flora, Univ. Prof. DDr. Martin Burtscher, Dr. Walter Treibel - bilden die Grundlage dieses Beitrages, der dem alpinen Führungspersonal bewährte Strategien und praxisnahe Vorschläge zur Vermeidung und Behandlung lokaler Erfrierungen im Rahmen der Ersten Hilfe anbieten will.*

### Physiologische Grundlagen

Wenn der menschliche Körper längere Zeit der Kälte ausgesetzt und sein Wärmeverlust größer als seine Wärmeproduktion ist, sinkt die Körperkerntemperatur unter 37° C. Der Körper versucht dann nicht nur die Wärmeproduktion zu erhöhen, sondern auch die Wärmeabgabe zu minimieren. Die Extremitäten des menschlichen Körpers haben durch ihre große Oberfläche dazu eine wichtige thermische Regulationsfunktion. Um bei einer allgemeinen Unterkühlung die Temperatur der lebenswichtigen Organe im Körperinneren (Herz, Lunge, Leber, Niere, Gehirn) möglichst lange hochzuhalten, wird bei Kälte die Durchblutung der Peripherie redu-

ziert. Der Kältereiz führt reflektorisch zu einer Engstellung der peripheren Blutgefäße, einer Drosselung der Blutzufuhr, zum Aneinanderkleben von Blutplättchen und Blutkörperchen sowie - in größeren Höhen durch den Sauerstoffmangel noch gefördert - zu einer Verlangsamung und schließlich zum Stillstand des ernährenden und erwärmenden Blutstromes. In der Peripherie steigt damit lokal die Erfrierungsgefahr. Dieser Prozess der Kreislaufzentralisation ist zwar ein wirksamer Selbstschutz des Organismus zum Überleben, das Risiko von lokalen Erfrierungen allerdings steigt.

Die allgemeine Unterkühlung ist nicht Thema des vorliegenden Artikels und sei daher nur in ihrer Relevanz für lokale Kälteschäden

erwähnt. Der Wärmeverlust des gesamten Körpers führt zu einem Absinken der Körperkerntemperatur und damit zu einer allgemeinen Unterkühlung, was eine lokale Erfrierung erleichtert. Die Vermeidung einer allgemeinen Unterkühlung ist eine wichtige vorbeugende Maßnahme für lokale Erfrierungen. Auch die Behandlung einer allgemeinen Unterkühlung in der ersten Hilfe ist prinzipiell vorrangig durchzuführen, da sie für das Leben gefährlicher als eine lokale Erfrierung ist, und gleichzeitig die grundlegende Maßnahme für eine erfolgreiche Erstbehandlung von lokalen Erfrierungen darstellt.

### Formen örtlicher Erfrierung

Eine lokale Erfrierung ist ein Kälteschaden des Gewebes, der durch ein intensives Kältetrauma zustande kommt. Der Erfrierungsvorgang ist ein lokales Ereignis, das mit Eiskristallbildung, Zellschädigung, Gerinsel- und Blasenbildung oder gar Absterben von Körperteilen verbunden ist und lokal begrenzte Durchblutungsstörungen zur Folge hat. Aufgrund der relativ großen Oberfläche, der geringeren Versorgung mit Blut und der fehlenden wärmeproduzierenden Muskelhülle sind die Spitzen der Extremitäten (Zehen und Finger), aber auch Nase, Ohren und Wangen besonders gefährdet. In den ersten Tagen nach der Erfrierung sind deren Grad und Ausdehnung

noch nicht eindeutig festzulegen. Daher können auch keine prognostischen Beurteilungen gegeben werden, denn jede Erfrierung sieht anfangs aus wie eine Erfrierung ersten Grades. Man unterscheidet drei Erfrierungsgrade:

#### Örtliche Erfrierung 1. Grades

Im Anfangsstadium werden Erfrierungen kaum wahrgenommen. Das Gewebe kühlt lokal ab und zeigt eine wachsweiße Färbung. Weitere Kennzeichen sind Kälte, Blässe, lokale Gefühllosigkeit oder auch bei Druck lokal stechende Schmerzen in der betroffenen Hautregion. Üblicherweise rötet sich bei Wiedererwärmung die Haut. Die im Anfangsstadium weiße und gefühllose Haut kann sich in den Tagen nach der Erfrierung auch rot-bräunlich färben und später von der Unterlage abheben. Es kommt aber zu keinen dauerhaften Schäden.

#### Örtliche Erfrierung 2. Grades

Erfrierungen zweiten Grades treten häufig an Zehen (insbesondere an der Großzehe) und Fingern auf. Schäden durch Erfrierungen zweiten Grades sind erst nach einigen Tagen erkennbar. Die Haut verfärbt sich oft blaurot. Es kommt charakteristischerweise zu einer starken Schwellung, Blasenbildung mit serösem Inhalt, Infektionsgefahr und Zellschädigung im Hautgewebe. Ein tendenzielles Hinweiszeichen für den Heilungsverlauf ist der Inhalt der Blasen. Nach der Wiederer-



**Grad 1: Bräunlich gefärbte Erfrierungen**  
1. Grades nach einigen Tagen ohne Folgeschäden (Sibirien 1997)



**Grad 2: Charakteristische Blasenbildung**  
bei einer Erfrierung 2. Grades (Peru 1998)  
📷 Höhenreich



**Grad 3: Abgestorbene Finger als Zeichen**  
einer Erfrierung 3. Grades nach einer Bergtour in den Pyrenäen  
📷 Flora

wärmung auftretende helle, homogene Blasen sind eher günstige Zeichen. Ein bluterfüllter Blaseninhalt kann hingegen auf eine langwierige und schwierige Heilungsphase hinweisen. Unter Umständen können als mögliche Spätfolgen lokale Durchblutungsstörungen, eine lokale Kälteempfindlichkeit oder eine erhöhte Empfindlichkeit für neue Erfrierungen bestehen bleiben.

### Örtliche Erfrierung 3. Grades

Das volle Ausmaß der Erfrierung dritten Grades ist erst nach mehreren Wochen erkennbar. Die schwerste Form der Erfrierung ist durch arterielle Gefäßverschlüsse und lokalen Gewebstod (Nekrose) mit schwarzem, eingetrocknetem und hart mumifiziertem Hautgewebe sowie völliger Gefühllosigkeit selbst nach dem Auftauen charakterisiert. An der Grenze zwischen lebendem und abgestorbenem Gewebe bildet sich in einer Abstoßreaktion eine „Demarkationsfurche“ aus. Diese irreparablen Schäden führen dazu, dass Teile der Extremitäten chirurgisch amputiert werden müssen. Betroffen sind vorwiegend jene Körperstellen, die neben dem Kälteeinfluss auch einer längerfristigen Druckeinwirkung (bei Zehen durch enges Schuhwerk oder Steigen mit Frontzackentechnik) oder einer starken Windeinwirkung (Nase oder Ohren) ausgesetzt sind.

### Ursachen der Erfrierung

Erfrierungen beim Bergsteigen oder auf Polarreisen sind auf ver-

schiedene Ursachen zurückzuführen. Dabei können unterschiedliche exogene und endogene Faktoren zu einem isoliert-lokalen Wärmeverlust exponierter Körperteile beitragen (siehe Kasten).

### Tiefe Temperaturen

Tiefe Lufttemperaturen sind die primäre Ursache für Wärmeverluste. In der Atmosphäre besteht ein Temperaturgefälle mit zunehmender Höhe. Der Temperaturgradient variiert nach Tages- bzw. Jahreszeit und Breitengrad, wobei üblicherweise von einem durchschnittlichen Temperaturgradienten von 0,65°/100 m ausgegangen werden kann. Nach dem Gesetz der Massenerhebung haben zudem isoliert aufragende Berggipfel (wie beispielsweise ideale typische Vulkane) einen größeren Temperaturgradienten und sind bei gleicher Höhe kälter als geschlossene Gebirgsmassive oder Hochplateaus. Diese Tatsache erklärt das schematische vertikale Temperaturgefälle an einem einzelnen in die Atmosphäre aufragenden Berg (Tab. 1).

### Wind

Der Einfluss des Windes spielt eine immens wichtige Rolle als Ursache für lokale Erfrierungen ungeschützt exponierter Haut wie insbesondere Nase, Wangen und Ohren. Bei sehr kaltem aber windstillem Wetter bildet sich um den Körper eine schützende Warmlufthülle. Der Wind bewirkt, dass die den Körper umgebende Luftschicht fortgeweht wird und

dadurch der Wärmeverlust steigt. Der Wind-Chill-Faktor gibt dabei an, auf welchen Temperaturwert die tatsächliche Kälte Wirkung bei zunehmender Windgeschwindigkeit gesteigert wird (Tab. 2). Auch der Wind-Kälte-Index nach Eriksson kommt zu ähnlichen Werten. Nach dem Wind-Chill-Effekt führt bereits eine geringe Windge-

schwindigkeit zu einer massiven Erhöhung des Wärmeverlustes gegenüber der Windstille. Bereits niedrige Windgeschwindigkeiten dürfen daher nicht unterschätzt werden. Es fällt jedoch auf, dass Windgeschwindigkeiten über 64 km/h nur mehr eine sehr geringe zusätzliche Wirkung erzielen. In engen, nassen Lederschuhen

## Ursachen der lokalen Erfrierung

### Exogene Faktoren

- Tiefe Umgebungstemperatur
- Hohe Windgeschwindigkeit
- Hohe Luftfeuchtigkeit
- Lange Dauer der Kälteexposition
- Große Höhe
- Geringe Funktionalität der Schutzbekleidung
- Behinderung der Blutzirkulation durch Ausrüstung (Klettergurt, Schuh, Uhr, Ring etc.)
- Verlust der Schutzbekleidung (Handschuh, Haube)

### Endogene Faktoren

- Unzureichende Bewegung
- Mangelnde Nahrungs- und Energiezufuhr
- Alkohol, Nikotin, Drogen
- Wassermangel („Dehydration“)
- Vorschädigung durch frühere Erfrierungen
- Bestehende Erkrankungen (Gefäßspasmus in den Fingerarterien, „Raynaud Phänomen“)
- Schweißhand oder Schweißfuß („Hyperhydrose“)
- Unzureichende Akklimatisation
- Geringe psychische Widerstandskraft
- Mangelhaftes Training und Kältegewöhnung
- Geringe Erfahrung im Umgang mit Kälte



**Erfrierung 3. Grades kurz nach der Besteigung der Ortler Nordwand - noch ist das ganze Ausmaß nicht abzuschätzen - und Wochen nach der Bergtour**

Flora

sind Erfrierungen der Füße nach FREUDIG und MARTIN (1995) mit Windeinwirkung sogar schon bei +6° C möglich.

**Auswirkung großer Höhen**

Extreme Höhe und große Kälte bilden eine fatale Kombination. Bekanntlich steigt die Viskosität des Blutes in größerer Höhe durch Adaptionsvorgänge an („es wird dickflüssig“), wodurch die Mikrozirkulation in den Extremitäten negativ beeinflusst wird. Das verminderte Sauerstoffangebot in sehr großer Höhe und der partielle Druckabfall im Gewebe begünstigen örtliche Erfrierungen. Somit kann es in großen Höhen bei Temperaturen, bei denen unter normalen Sauerstoffverhältnissen das Zusammenspiel von Thermoregulation und Gewebsversorgung problemlos funktionieren würde, zu Erfrierungen kommen. Bei gleichen Temperatur- und Witterungsbedingungen ist die Erfrierungsgefahr auf einem sehr hohen Berg viel größer als in polaren Breiten auf Meeresniveau! Die Verwendung von Flaschensauerstoff reduziert das Erfrierungsrisiko an den hohen Achttausendern. Nicht zu vernachlässigen ist die enorme Sonneneinstrahlung in den Hochgebirgen niederer Breiten, wo es bei Windstille und wolkenlosem Himmel selbst noch in großer Höhe tagsüber zu sehr großer Strahlungswärme kommen kann, die zumindest eine thermische Erleichterung bringt.

Auch die in großer Höhe häufig zu beobachtende Apathie und

mentale Niedergeschlagenheit sind der psychischen „Aufwärmung“ und dem Temperaturempfinden nicht gerade förderlich. Zudem ist in großer Höhe ein schnelles Bewegen zur Aufwärmung viel energieaufwendiger und ermüdender als in tiefen Lagen und durch den charakteristischen Leistungsabfall oft nur unzureichend oder gar nicht mehr möglich.

**Kleidung**

Mangelnde Funktionalität der Kleidung wie fehlende Isolation, unzureichender Windschutz oder schlechte Passform führen zu Wärmeverlusten. Zu enges Material bewirkt lokal begrenzte Durchblutungsstörungen des eingegengten Gewebes. Bei Bergschuhen ist nicht nur das Anschwellen des Fußes unter Belastung sondern auch eine Einengung durch zu viele Paar Socken zu berücksichtigen, was ebenfalls die Durchblutung behindert und Erfrierungen erleichtert. Einer Veränderung des Materialverhaltens, wie beispielsweise einer zunehmenden Materialsteifigkeit in der Kälte oder einem möglicherweise zunehmenden Volumen von Innenschuhen mit geschlossenzelligem Isolationschaum in großer Höhe, ist ebenfalls Rechnung zu tragen.

Die Feuchtigkeit in der Kleidung spielt eine große Rolle. Wasser in der Kleidung ist ein guter Wärmeleiter und ein schlechter Isolator. Feuchte oder gefrorene Kleidung führt durch den bei Verdunstung von Feuchtigkeit hervorgerufenen

Kühlungseffekt zu allgemeinen und lokalen Wärmeverlusten. Dem funktionierenden Feuchtigkeitstransport der Schutzkleidung („Dampfdurchlässigkeit“) nach außen ist daher ebenso große Beachtung zu schenken wie ihrer Fähigkeit, rasch zu trocknen, ihrer Winddichtheit und Thermoisolation.

Auch der Gefahr, ein Kleidungsstück in einem Sturm oder einer Steilwand zu verlieren, sollte vorgebeugt werden. Hauben oder Handschuhe können beispielsweise angebunden werden. Funktionelle Jacken haben für letztere am Unterarm bereits eine Befestigungsschlaufe vorgesehen. Sogar der Verlust eines Steigeisens führte in einem Fall bereits zu Erfrierungen: Um nicht auszurutschen, wurde der steigeisenlose Schuh bei jedem Schritt öfter und härter ins Eis eingeschlagen als der steigeisenbesetzte. Der betroffene Fuß musste so über längere Zeit mehr Druck aufneh-

men und erlitt dadurch Erfrierungsschäden.

**Ermüdung und mangelnde Energiezufuhr**

Der Energiezufuhr kommt neben der aktiven Bewegung eine wichtige Rolle bei der Wärmeproduktion zu. Durch das Aufbrauchen der Reserven nimmt die Wärmeproduktion durch Stoffwechsellvorgänge ab. Bei Ermüdung verlangsamt sich die aktive Bewegung, wodurch ebenfalls weniger Wärme produziert wird. Energiemangel, Leistungsabfall, Auskühlung und fehlende Wärmeproduktion bedingen sich gegenseitig nachteilig. Ist der körperliche Allgemeinzustand durch mangelnde Akklimatisation und Ernährung, Flüssigkeitsmangel, Ermüdung oder fehlende Motivation beeinträchtigt, kann es leicht auch zu Erfrierungen kommen.

**Flüssigkeitsmangel**

Sehr kalte Luft enthält einen geringen Wasserdampfanteil und ist relativ trocken. Die eingatmete Luft wird mit Feuchtigkeit angereichert, die mit der Abatmung verloren geht. Zusätzlich zur Wärmeabstrahlung kommt es damit durch die Abgabe von Wasserdampf in der Atemluft zu großen Wärme- und Flüssigkeitsverlusten. Dem Körper wird neben dem Wasserverlust durch Verdauung und Schwitzen auch durch die eiskalte Luft viel Flüssigkeit und „innere“ Wärme entzogen. Die Bluteindickung durch Wasserverlust führt zu einem langsameren Sauerstofftransport, einer schlechteren Gewebeer-

<b>8000 m</b>	ca. -37° C bis -47° C
<b>7000 m</b>	ca. -31° C bis -40° C
<b>6000 m</b>	ca. -24° C bis -31° C
<b>5000 m</b>	ca. -18° C bis -21° C
<b>4000 m</b>	ca. -11° C bis -12° C
<b>3000 m</b>	ca. - 4° C bis - 5° C
<b>2000 m</b>	ca. 2° C bis 3° C
<b>1000 m</b>	ca. 9° C
<b>0 m</b>	ca. 15° C

**Tab. 1: Schema des durchschnittlichen vertikalen Temperaturgefälles an hohen Bergen (Quelle: TREIBEL 1996, ENSA 1996)**



sorgung und zu einer erhöhten Erfrierungsgefahr.

### Feuchtigkeit

Subjektiv gesehen ist geringe, aber „feuchte“ Kälte oft viel unangenehmer als große, aber „trockene“ Kälte. Die hohe Luftfeuchtigkeit ist ein leicht wahrnehmbarer und objektiv wirkungsvoller Faktor der Auskühlung. Der Aufenthalt im Bereich des Kondensationsniveaus (d. h. im Nebel) beschleunigt den oberflächlichen Wärmeentzug aus dem Körper. Die Feuchtigkeit kondensiert nämlich an der Kleidung bzw. der exponierten Haut und entzieht dann dem Körper nach dem Kühlungsprinzip zusätzliche Wärme. Auch das Problem des Schwitzens und insbesondere eine übermäßige Schweißproduktion (Hyperhydrose) darf als Ursache für eine starke Abkühlung nicht unterschätzt werden.

### Die Problematik der Wahrnehmung

Ein lokal vorhandenes Kälteempfinden - beispielsweise in den Fingern oder den Zehen - stellt an sich noch keine Erfrierung oder ein gesundheitliches Problem dar. Es ist jedoch ein dringender Hinweis des Körpers, dass die entsprechende Stelle zu wenig isoliert bzw. bewegt ist und damit Gefahr läuft, erfrieren zu können. Vorhandene Kälteschmerzen dürfen daher nicht ignoriert werden. Denn sie sind eine Aufforderung des Körpers,

etwas gegen die drohende Erfrierung zu unternehmen.

Da mit dem anhaltenden Erfrierungsprozess eine Ausschaltung des lokalen Temperaturempfindens einhergeht, spürt man dann jedoch den eigentlichen Zeitpunkt der Erfrierung im allgemeinen nicht. Die Tatsache, dass eine lokale Erfrierung mehr oder weniger „unbemerkt“ erfolgt, macht diese Verletzung auch so heimtückisch. Sollte nämlich das Kälteempfinden aufhören (was ebenfalls selten bewusst wahrgenommen wird), ist es meist nicht ein Zeichen, dass die Durchblutung wieder voll funktioniert, sondern dafür, dass das Kälteempfinden mit Fortschreiten der Erfrierung durch ein Taubheitsgefühl ausgeschaltet wird. Die Kälteeinwirkung bleibt aber weiter bestehen. Auch wenn die Kältegegenregulation, also die Engstellung der Blutgefäße, aufgehoben ist und scheinbar ein „Wärmegefühl“ entsteht, kann der Erfrierungsprozess weiter fortschreiten. Die anhaltende Gefühllosigkeit ist damit ein erstes Warnsignal, das keinesfalls missachtet werden darf, wenn man schwere Erfrierungen vermeiden will. Eine heldenhafte „geht scho wieda, jetzt spür i nix mehr“ Mentalität ist also (nicht nur) bei Erfrierungen keinesfalls angebracht!

Sind die betroffenen Stellen zudem (unzureichend) mit Kleidung bedeckt, können die sich anbahnenden Erfrierungen auch nicht optisch vom Betroffenen

selbst wahrgenommen werden. Auch erste Erfrierungen exponierter Stellen wie Nase, Wange, Kinn oder Ohren können unbemerkt - da eben nicht gesehen - erfolgen. Der gegenseitige Partnercheck auf mögliche Erfrierungszeichen - insbesondere weiße Flecken - ist daher eine der wichtigsten Grundregeln zur Vermeidung von Erfrierungen im Gesicht.

Wohl jeder Bergsteiger hat bereits Erfahrungen mit der schwierigen Wahrnehmbarkeit und der lokalen Wirkung der Kälte gemacht. Nicht oft sind jedoch Erfrierungen so schmerzhaft wie eine Verbrennung und damit eindeutig wahrzunehmen, wie es mir an jenem Tag in der Arktis auf Franz Josef Land passiert ist, an dem ich eine bei unter  $-40^{\circ}\text{C}$  gebrochene Pickelhaue auswechseln wollte und dazu im warmen Materialzelt automatisch die Handschuhe auszog und unvorsichtigerweise den blanken, eiskalten Stahl angriff. Aber es muss nicht die Arktis oder der Himalaya sein, wo man sich lokale Erfrierungen zuziehen kann. Während weder die extremen Temperaturen am Nordpol noch jene auf einem Achttausender in meinem Gesicht zu Erfrierungen führten, waren es die feuchtkalte Luft und der Wind bei einer Schitour auf den Pirchkogel im Tiroler Kühtai, die mir unbemerkt eine wachsweiße Nase bescherten. Trotz des Wissens um die Gefährlichkeit des eisigen Windes spürte ich nichts von der Erfrierung. Das rechtzeitige Erkennen der Erfrierung

war nur der Aufmerksamkeit meiner Freundin zu verdanken.

### Vermeidung lokaler Erfrierungen

#### Kälte- und Windschutzkleidung

Der Schutz des ganzen Körpers und insbesondere exponierter Körperteile vor Kälte- und Windwirkung ist eine wichtige vorbeugende Maßnahme zur Verhinderung einer allgemeinen Unterkühlung und einer lokalen Erfrierung. Die wärmeisolierende, winddichte und atmungsaktive Schutzbekleidung ist damit ein wesentlicher Bestandteil der Bergausrüstung. Die modernen Materialien haben das Risiko von Kälteschäden auch beim hochalpinen Winterbergsteigen, auf Schitouren oder Expeditionen deutlich gesenkt. Die heute erhältliche Funktionsunterbekleidung ermöglicht einen Transport der transpirierten Feuchtigkeit von der Haut weg nach außen. Gerade für die Spitzen der peripheren Extremitäten, also Hände und Füße, bewähren sich gewalkte Wollprodukte optimal. Handschuhe sollten jedoch eine zusätzliche winddichte Membrane aufweisen - und nach Möglichkeit gegen Verlust gesichert sein.

Je dicker die Isolierung und je größer der Luftpfeilschluss, desto wärmer ist die Kleidung, was den Einsatz von winddichter und wasserdampfdurchlässiger Daunenkleidung bei anhaltend sehr tie-

Wind (km/h)	Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )																				
	4	2	-1	-4	-7	-9	-12	-15	-16	-20	-23	-26	-29	-32	-34	-37	-40	-43	-46	-48	-51
0	2	-1	-4	-7	-9	-12	-15	-16	-20	-23	-26	-29	-32	-34	-37	-40	-43	-46	-48	-54	-57
8	-1	-7	-9	-12	-15	-16	-23	-26	-29	-32	-37	-40	-43	-46	-51	-54	-57	-59	-62	-68	-71
16	-4	-9	-12	-16	-20	-23	-29	-32	-34	-40	-43	-46	-51	-54	-57	-62	-65	-68	-73	-76	-79
24	-7	-12	-15	-16	-23	-26	-32	-34	-37	-43	-46	-51	-54	-59	-62	-65	-71	-73	-79	-82	-84
36	-9	-12	-16	-20	-26	-29	-24	-37	-43	-46	-51	-54	-59	-62	-68	-71	-76	-79	-84	-87	-93
40	-12	-15	-16	-23	-29	-32	-34	-40	-46	-48	-54	-57	-62	-65	-71	-73	-79	-82	-85	-90	-96
48	-12	-15	-20	-23	-29	-34	-37	-40	-46	-51	-54	-59	-62	-68	-73	-76	-82	-84	-90	-93	-98
56	-12	-16	-20	-26	-29	-34	-37	-43	-48	-52	-57	-60	-65	-71	-73	-79	-82	-85	-90	-96	-101
64	Geringe Gefahr					Zunehmende Gefahr					Größte Gefahr										
						Fleisch gefriert in einer Minute					Fleisch gefriert in 30 Sekunden										

Tab. 2: Wind-Chill-Faktor - Abhängigkeit der „hautwirksamen“ Lufttemperatur von Umgebungstemperatur und Winstärke (Quelle: CARINTHIA 2000) Lesebeispiel:  $-9^{\circ}\text{C}$  Lufttemperatur führem bei einer Windgeschwindigkeit von  $40\text{ km/h}$  zu einer hautwirksamen Kälteeinwirkung, die einer Temperatur von  $-29^{\circ}\text{C}$  entspricht!

## Alpines Winter- und Schibergsteigen:

- Q Bildung eines Problembewusstseins
- Q Vorausschauende Touren-, Zeit- und Ausrüstungsplanung sowie Besteigungstaktik
- Q Ausreichende Akklimatisation
- Q Winddichte, atmungsaktive, mehrschichtige, leicht trocknende und nicht einengende Funktionskleidung
- Q Lederbergschuhe mit Wachs imprägnieren
- Q Dunkle Kleidung absorbiert zusätzliche Strahlungsenergie
- Q Schwitzen in der Kälte durch angepasste Wahl der Kleidung vermeiden
- Q Feuchte Kleidung im Gelände durch trockene Ersatzkleidung austauschen
- Q Warme Kopfbedeckung - auch im Schlafsack!
- Q Dünne Fingerlinge eignen sich als Unterziehhandschuhe und für alle Feinarbeiten
- Q Handschuhe durch Anbinden vor Verlust schützen: kleine Karabiner oder Schnüre am Unterarm oder in der Achsel, Handschuhverbindungsschnüre durch Ärmel
- Q Steigeisen mit Kipphebelbindung statt einengender Riemensteigeisen
- Q Wo immer möglich Schuhe mit flexibler Sohle verwenden
- Q Nicht zu viele Socken verwenden, die den Fuß einengen und die Blutzirkulation behindern
- Q Beim Gehen kalte Finger und Zehen bewegen
- Q Bei auftretender Gefühllosigkeit Arme und Beine aktiv schwingen oder schnell kreisen bis ein pulsierendes Gefühl stechender Nadeln („Hoarnigl“), ein schmerzhaftes jedoch positives Zeichen der funktionierenden Durchblutung, in die Extremitäten zurückkehrt
- Q Atmen unter dem hochgezogenen Schutzkragen der Jacke
- Q Erschöpfung vermeiden (richtiges Gehtempo!)
- Q Windgeschützte Position bei Pausen (Biwaksack, Schneehöhle etc.)
- Q Bei Biwaks auf Rauchen verzichten
- Q Flüssigkeits- und Energiespeicher des Körpers auch während der Aktivität auffüllen (fettreiche Energieriegel, gezuckertes Getränk in Thermosflasche)
- Q Notfallausrüstung (Biwaksack, Alufolie, Reservehandschuhe)
- Q Eine ca. 80 x 30 cm große, faltbare Isolationsschicht in der Rucksackinnenwand dient als Liegefläche bei Biwaks, während Kopf und Beine auf Rucksack oder Seil liegen können
- Q Säckchen mit Aktivkohle sowie Benzin- oder Kohle-Taschenöfen ermöglichen die Erwärmung kalter Extremitäten, funktionieren jedoch nur bei genügend Sauerstoffzufuhr
- Q Kurze (Teleskop)-Skistöcke verwenden, da bei zu langen Stöcken und „Langlaufhaltung“ der Arme die hochgehaltenen Hände noch schlechter mit Blut versorgt werden
- Q Bei langanhaltender Stützpickeltechnik den Pickelkopf mit Tape, einem Stück Schlauch oder industriell gefertigtem Kälteschutzgriff isolieren
- Q Einfetten der exponierten Haut mit feuchtigkeitsfreier (Kälteschutz-)Creme

## Methoden

## und „Tricks“ der

## Erfrierungsprophylaxe

### Außeralpine Expeditionen:

- Q Große Isolationskleidung mit dicker Luftschicht (z.B.: Daunenkleidung)
- Q Expeditionsbergschuhe mindestens eine Nummer größer als normale Schuhgröße
- Q Kunststoffbergschuh mit geschlossenzelligem Thermoinnen-schuh nimmt kaum Feuchtigkeit auf und trocknet rasch
- Q Isolationsgamaschen oder Kunststoffexpeditionsschuhe mit integrierter Gamasche
- Q Isolationseinlage in sehr großen Schuhen
- Q „Dampfsperrsocken“ verhindern Schweißaufnahme in das Innenschuhfutter. Alternativ aber ebenfalls sehr wirkungsvoll kann auch ein Plastiksack in Fußform oder einfach ein reißfester Müllbeutel zwischen einem dünnen Synthetik- und einem dicken Wollsocken angezogen und damit ein Durchfeuchten der Isolationsschichten verhindert werden
- Q Einpudern der Füße verringert die Entstehung von Feuchtigkeit
- Q Feuchte Wäsche und Innenschuhe nachts im Schlafsack trocknen
- Q Morgens trockene Wäsche (Handschuhe und Socken!) anziehen - insbesondere vor einem Gipfelgang
- Q Innenschuhe morgens im Zelt über dem Kocher vorwärmen
- Q Pelzbesatz am Kapuzenrand schützt wirkungsvoll vor Wind und bildet einen wärmenden Luftpolster
- Q Stirband aus „Windstopper“-Material über der Nase (!) schützt diese, und ermöglicht die freie Atmung durch den Mund. Vollgesichts- oder Neoprenmasken vereisen und behindern die in großer Höhe ohnehin erschwerte Atmung
- Q Pinkelflaschen ersparen es, das Zelt zu verlassen, und sind zudem - gefüllt und dicht verschlossen (!) - ein guter „Heizkörper“ (37° C warm!) im Fußbereich des Schlafsacks
- Q Häufiges Waschen vermeiden, da die Eigenfettung der Haut unterbrochen wird
- Q Bei Sturmgefahr rechtzeitig Schneehöhle graben oder Iglu bauen (mehr Wärme als Zelt)



fen Temperaturen legitimiert. Kleidung nach dem Zwiebelprinzip lässt jedoch mehr Flexibilität zu und ist daher in den meisten Fällen vorzuziehen. Dazu bieten sich unterschiedliche Materialien unter dem einheitlichen Grundprinzip der Mehrschichtigkeit an. Als Eigenschaften einer hohen Funktionalität moderner Bergsportbekleidung sind atmungsaktive aber winddichte Materialien (GoreTex, Windstopper etc.), ein funktioneller Schnitt (große Kapuze, Latzhose) oder spezielle Öffnungen für Lüftung und „wichtige Geschäfte“ zu nennen. Kleidung, Kunststoffschalenschuhe und Isolationsmaterial können ihre Funktion jedoch nur dann erfüllen, wenn sie dem Kälteeinsatz entsprechend gewählt und nicht einengend dimensioniert sind. Damit kommt auch der richtigen Verwendung der Ausrüstung eine wichtige Vorbeugungsfunktion zu. Das Atmen unter dem hochgezogenen und geschlossenen Schutzkragen der Jacke beispielsweise befeuchtet und erwärmt die Atemluft, was den Wasserdampf- und Wärmeverlust über die Atmung reduziert – und zudem den typischen Höhenhusten lindert, der wahrscheinlich eine Folge der anhaltenden Schleimhautschädigung durch die Einatmung eiskalter und trockener Luft ist (SCHAFFERT 1998).

### Kopfbedeckung

Der Wärmeschutz des Gehirns spielt indirekt eine Rolle zur Vorbeugung lokaler Erfrierungen, denn über den unbedeckten Kopf und Nacken gibt der Körper viel Wärme ab. Richtigerweise fordert ja bereits die bauernregelhafte Weisheit, „bei kalten Händen eine Kopfbedeckung aufzusetzen“, den Wärmeschutz des Gehirns zur indirekten Vorbeugung peripherer Erfrierungen. Um auch den ruhenden Körper vor Auskühlung zu schützen, empfindet es sich, selbst im Schlafsack bei Kälte eine Mütze aufzusetzen. Bergsteiger mit dichtem, langen und damit gut isolierendem Haar haben hier einen gewissen Vorteil, vermute ich. Der Kopf ist andererseits wiederum jener Körperteil, der bei Erhitzung als erster entkleidet werden soll.

### Bergschuhe

Ein Grundübel beim Winter- und Schibergsteigen ist, dass man meistens mit steigeisen- und bindungsfesten, d. h. also starrohligen Schuhen unterwegs ist. Gerade die fehlende Biegsamkeit der Plastikberg- und Tourenschuhsolen verhindert jedoch, dass der Fuß bei jedem Schritt durchgeknetet, bewegt und damit erwärmt wird. Daher ist es notwendig, die starren Bergschuhe durch Expeditionsgamaschen zusätzlich zu isolieren oder spezielle dreilagige Expeditionsbergschuhe zu verwenden. Da jedoch primär die Beweglichkeit eine Erhaltung der Wärme im Fußbereich ermöglicht, sind – wo immer in extrem kalten Gefilden möglich – flexible Schuhe vorzuziehen. Bereits gut isolierte Telemarschuhe gewähren dem Fuß mehr Beweglichkeit im Vorfußbereich als konventionelle Tourenschuhschuhe. Und selbst in der inneren Antarktis beispielsweise bewähren sich bei Temperaturen deutlich unter  $-40^{\circ}\text{C}$  leichte, in alle Richtungen biegsame Mukluks („Eskimostiefel“ aus Baumwolle, Filz und Naturkautschuk) besser als alle starren und noch so gut isolierten Hightech-Kunststoffbergschuhe.

### Akklimatisation, Ernährung und Erfahrung

Nicht zu unterschätzen ist die Wirkung der Akklimatisation und Ernährung zur Vermeidung eines lokalen Kälteschadens. Erst ein gut akklimatisierter, ausreichend ernährter, ausgeruhter und gesunder Körper kann sich der Kälte anpassen und ihr widerstehen. Es ist daher zur Vorbeugung von lokalen Erfrierungen ratsam, in der Kälte dem Körper regelmäßig und ausgiebig warme Getränke zuzuführen. Eine ausreichende Ernährung und Energiezufuhr vor und während der alpinsportlichen Betätigung ist notwendig für die Wärmeproduktion durch Verdauung und Bewegung. Bei der Verdauung insbesondere von eiweiß- und fettreicher Nahrung wie Milchprodukten oder Fleisch fällt viel Wärme an (TREIBEL 1999). Expeditionen in Polargebiete verwenden daher



📷 Tichy (1955)

**Helmut Heuberger betreut die erfrorenen Hände von Herbert Tichy während der Erstbesteigung des 8.201 m hohen Cho Oyu im Jahre 1954. Heißer Tipp: Rauchen ist dem Heilungsprozess nicht förderlich, da Nikotin die Blutgefäße verengt.**

zur Wärmeproduktion vorrangig energie-, und dabei in erster Linie fettreiche Nahrungsmittel.

Mitbestimmend für eine Erfrierung sind letztlich auch die Erfahrung, die mentale Vorbereitung und die psychische Einstellung auf die zu erwartenden Verhältnisse sowie die Motivation und die geistige Widerstandskraft gegen Kälte. SCHAFFERT (1998) erwähnt in diesem Zusammenhang, dass durch eine anhaltende Kälteexposition mit vermindertem Blutfluss auch der Stoffwechsel im Hirn gedrosselt wird, wodurch Denk-, Konzentrations- und Koordinationsleistungen sowie die Motivation abnehmen. Dem richtigen Verhalten in der Kälte kommt damit eine wichtige Bedeutung zu. Kälteresistenz lässt sich zu einem gewissen Grad auch „trainieren“ wie durch Aufenthalte und Exposition in der Kälte sowie Saunabesuche und kalte Duschen zur Optimierung der Kapillarisation und Durchblutung. Es ist sogar möglich, durch langanhaltende Kälteaufenthalte eine erniedrigte Körperkerntemperatur zu tolerieren.

### Medikamente und Kälte

Obwohl es noch keine fundierten Daten gibt, bestehen Hinweise, dass die Einnahme von Diamox (ein beim Höhenbergsteigen teilweise zur Vermeidung der akuten

Höhenkrankheit prophylaktisch verwendetes Medikament) ein erhöhtes Erfrierungsrisiko mit sich bringen kann. Diesbezügliche Probleme können nach BURTSCHER (mündl. Mitteilung) insbesondere dann auftreten, wenn der einhergehende Flüssigkeitsverlust nicht entsprechend ersetzt wird und so eine zusätzliche Tendenz zur Blutverdickung erfolgt. Ein Verzicht auf Diamox dürfte daher helfen, Erfrierungen zu vermeiden. Eine prophylaktische Gabe eines schwach wirksamen Aggregationshemmers (z. B. Acetylsalicylsäure/Aspirin) hingegen erscheint durchaus sinnvoll (FLORA 1998), wenngleich ebenfalls keine kontrollierten Studien darüber vorliegen.

### Christoph Höbenreich

*Mag. Christoph Höbenreich sammelte als staatl. gepr. Berg- und Schiführer Kälteerfahrung in der Arktis, Sibirien, Anden, Himalaya und Karakorum und friert zur Zeit in der Antarktis*

*Ein besonderer Dank geht an Univ. Prof. Dr. Gerhard Flora, der viel Zeit zur Beantwortung offener Fragen opferte und sein Archiv für Berg&Steigen zur Verfügung stellte.*

**Hinweis:** Teil 2 erscheint in der nächsten Ausgabe und beschäftigt sich mit den Behandlungsmöglichkeiten im Rahmen der Ersten Hilfe.