

DIE UNTERKÜHLUNG

Allgemeine Grundlagen

Die Körpertemperatur wird durch die Funktion des Zwischenhirns bei allen Säugetieren sehr konstant gehalten. Beim Menschen beträgt sie ca. 37,5 °C (Körper-Kern-Temperatur [KKT]). Bei Werten der KKT unter 35°C spricht man von Unterkühlung. In unseren Breitengraden muss bei jedem Verletzten der längere Zeit im Freien verbringen muss, mit einer Unterkühlung gerechnet werden. Bei schlechten Witterungsverhältnissen, Nässe und Wind wird die Möglichkeit einer Unterkühlung auch im Sommer häufig unterschätzt. Vor allen bei Unfällen im Gebirge verschlechtert die Unterkühlung die Prognose erheblich, da die Bergung und der Abtransport oft länger dauern und die Verletzten lange Zeit den Witterungseinflüssen ausgesetzt sind.

Eine Unterkühlung kann aber auch als alleiniges Verletzungsmuster auftreten, vor allem bei Suchaktionen und bei Erschöpfung.

Bei im Freien aufgefundenen Personen muss in einer Notfallsituation immer mit einer Unterkühlung gerechnet werden, auch wenn die Außentemperatur nicht unter dem Gefrierpunkt liegt.

Die Abkühlungsgeschwindigkeit hängt im Wesentlichen vom umgebenden Medium ab. Am raschesten kühlt man in kaltem Wasser ab, langsamer im Freien oder in der Lawine.

Prädisponierende Faktoren für eine Unterkühlung

Verletzungen:

Durch den Blutverlust und die Bewegungsunfähigkeit wird Unterkühlung begünstigt.

Durchnässte und schlechte Bekleidung:

Kinder unter 8 Jahren kühlen durch ein schlechteres Verhältnis von Körperoberfläche/Körpermasse deutlich schneller ab.

Verletzungen mit Bewusstseinstrübung:

Alkohol führt durch eine periphere Gefäßerweiterung und eine getrübbte Wahrnehmung des Kältereizes zu einer raschen Auskühlung.

Vorbestehende Erkrankungen und Drogeneinfluss begünstigen ebenfalls eine Unterkühlung.

Bei Exposition in Kälte, Sturz in kaltes Wasser, Lawinenunfall und dem Vorliegen eines oben genannten Unstandes muss immer mit einer Unterkühlung gerechnet werden.

Wind erhöht den Wärmeverlust durch Konvektion und erhöht die Gefahr einer Unterkühlung entscheidend.

Der Wind-Chill-Index

T °C	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
V km/h												
18	4	-2	-7	-13	-19	-24	-30	-36	-41	-47	-53	-58
36	3	-3	-9	-15	-21	-27	-33	-39	-45	-51	-57	-63
54	2	-4	-11	-17	-23	-29	-35	-41	-48	-54	-60	-66
72	1	-5	-12	-18	-24	-31	-37	-43	-49	-56	-62	-68
90	1	-6	-12	-19	-25	-32	-38	-45	-51	-57	-64	-70
108	0	-7	-13	-20	-26	-33	-39	-46	-52	-59	-65	-72
126	0	-7	-14	-20	-27	-33	-40	-47	-53	-60	-66	-73
144	-1	-7	-14	-21	-27	-34	-41	-48	-54	-61	-68	-74
162	-1	-8	-15	-21	-28	-35	-42	-48	-55	-62	-69	-75
180	-1	-8	-15	-22	-29	-35	-42	-49	-56	-63	-70	-76
198	-2	-9	-15	-22	-29	-36	-43	-50	-57	-63	-70	-77
216	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-43	-50	-57	-64	-71	-78
234	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-79
252	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-59	-66	-73	-80
270	-3	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-59	-66	-73	-80
288	-3	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-60	-67	-74	-81

Der Wind Chill Index (Defence R&D Canada, 2001) gibt für die jeweilige Windgeschwindigkeit V (Meter pro Sekunde) und Lufttemperatur T (Grad Celsius) die Temperatureinwirkung (Grad Celsius) auf die Haut an. Ab -25°C kann es zur örtlichen Erfrierung kommen. Ab -35°C tritt diese bereits in 10 Minuten, ab -60°C in 2 Minuten ein.

Physiologische Reaktionen des Körpers auf Kälteeinwirkung

Wie alle Säugetiere verfügt auch der Mensch über Mechanismen, die bei Kälteeinwirkung für ein möglichst langes Erhalten der notwendigen Körpertemperatur sorgen sollen.

Das Blut wird in den lebenswichtigen Organen im Körperinnern zentralisiert. Dadurch wird die Körperschale (Fett und Muskeln) zu einer Art Isolierschicht, die den Körperkern langsamer auskühlen lässt. Das dadurch entstandene Temperaturgefälle bleibt so lange erhalten, als es nicht durch Bewegungen des Rumpfes oder der Extremitäten zu einer Vermischung kommt und dadurch ein gesamthaftes Absinken der Körpertemperatur kommt. Bereits eine geringe Menge des kalten Schalenblutes kann bei Kontakt mit dem Herzmuskel ein Kammerflimmern auslösen.

Der Körper versucht über Muskelzittern den Stoffwechsel anzuregen und dadurch Wärme zu gewinnen. Allerdings sind die Energievorräte des Körpers begrenzt und werden bis zur Erschöpfung verbraucht.

Daneben versucht der Körper durch die Ausschüttung von Stresshormonen (Adrenalin) und Schilddrüsenhormonen die Wärmeproduktion zu erhöhen.

Bei weiterer Abkühlung tritt ein Schutzmechanismus in Kraft. Die Hibernation, ein dem Winterschlaf ähnlicher Zustand führt zu sinkendem Sauerstoffverbrauch bei weiterem Absinken der Körpertemperatur. Ab ca. 28°C KKT beginnt der Sauerstoffverbrauch zu sinken und beträgt bei 24° noch 50% und bei 20°C noch 25% der Normalwertes beträgt. Durch diesen Schutzmechanismus ist es möglich, dass tief unterkühlte Personen mit Herz-Kreislaufstillstand längere Zeit ohne hypoxischen Schaden überleben können.

Unterhalb von 20° KKT erlöschen alle Vitalzeichen. Weder klinisch (Puls, Atmung) noch mittels EKG sind Lebenszeichen festzustellen. Ebenso wenig können wir uns auf die sonst üblichen sicheren Todeszeichen wie Leichenstarre, Leichenflecken und Leichenkälte verlassen. Es besteht daher die Gefahr, dass tief unterkühlte Personen mit Herz-Kreislaufstillstand für tot erklärt werden obwohl eine reversible Hypothermie nicht ausgeschlossen werden kann. In den letzten Jahren wurden immer wieder Patienten in tiefer Hypothermie (bis 13,2°C KKT) wiedererwärmt, ohne dass neurologische Schäden aufgetreten sind.

Daher gilt seit vielen Jahren der Grundsatz von Gregory: „Nobody is dead until warm and dead.“ (Niemand ist tot, bis er warm und tot ist.) Von diesem Grundsatz darf nur

dann abgegangen werden, wenn die Verletzung oder Erkrankung eindeutig zum Tode geführt hat.

Die Frage tot oder scheintot im Stadium Hypothermie IV kann oft nicht sichergestellt werden. Die folgende Tabelle soll die wichtigsten Parameter für die Triage zusammenfassen. Grundsätzlich wird der Tod immer nur durch den Arzt festgestellt.

Triage am Unfallort	Ausschluss von tödlichen Verletzungen	
	Hypothermie Stadium IV	Hypothermie Stadium V
Klinische Zeichen	Keine Vitalzeichen Brustkorb: komprimierbar Bauchmuskulatur: weich	Keine Vitalzeichen Nicht komprimierbar Hart
EKG	Kammerflimmern – Asystolie	Asystolie
Körperkerntemperatur	Über 13°C	Unter 13°C (?)
Serumkalium (nächstes KH)	Unter 12 mmol/l	Über 12mmol/l

Bei Lawinenopfern gilt die Einschränkung: No hypothermic avalanche victim with an airpocket is dead until warm and dead. (Kein unterkühltes Lawinenopfer mit freien Atemwegen ist tot, solange es nicht wieder erwärmt und tot ist.)

Diagnose der Unterkühlung

Bei jeder Unfallsituation im Gebirge muss mit einer Unterkühlung gerechnet werden. Es ist daher notwendig, beim Verdacht möglichst am Unfallort bereits eine Einteilung nach Schweregrad zu treffen.

Die Schweizer Einteilung der Hypothermie

Stadium I:	Patient ansprechbar mit Muskelzittern (Kerntemperatur 35° - 32°C)
Stadium II:	Patient erschwert ansprechbar ohne Muskelzittern (Kerntemperatur 32° - 28°C)
Stadium III:	Patient nicht ansprechbar (Kerntemperatur 28° - 24°C)
Stadium IV:	Atem - und Herz-Kreislaufstillstand (Kerntemperatur 24° - 15°C)
Stadium V	Tod durch irreversible Hypothermie Kerntemperatur < 15°C (<9°C)

Praeklinische Diagnose und Therapie der Unterkühlung:

Stadium der Unterkühlung	Befunde	Therapie
Stadium I (35°C – 32°C) Erregungsstadium „safe zone“	Kältegefühl, Muskelzittern, beschleunigter Puls und Atmung Blutdruck erhöht Abwehrmechanismen intakt	Verabreichung warmer Getränke, Wechsel nasser Kleidung, Weitere Auskühlung verhindern (Alu- Rettungsdecke, warme Kleidung, Kopfbedeckung!!!)
Stadium II < 32° C „danger zone“	Zunehmender Verlust des Bewusstseins, schläfrig, kein Kältezittern mehr.	Schonende Bergung und Lagerung (cave after drop). Vermeidung weiterer Auskühlung Liegender Transport ins nächste Krankenhaus mit Intensivstation unter permanenter Überwachung der Vitalfunktionen (Gefahr von Herzrhythmusstörungen!!)
Stadium III < 28°C	Bewusstlosigkeit weite reaktions-lose Pupillen	Schonendste Bergung und Transport Stabile Seitenlagerung Lückenlose Überwachung mittels Monitoring (ev. EKG) Intravenöser Zugang nur wenn keine weitere Auskühlung gewährleistet ist und innerhalb kurzer Zeit (3-5 min) durchführbar ist. Notfallmedikamente meist nicht wirksam! Reanimationsbereitschaft!
Stadium IV < 24°C	Herz- Kreislaufstillstand < 20°C KKT Null- Linie im EKG („scheintot“); eine reversible Hypothermie kann nicht ausgeschlossen werden	Reanimation nach den üblichen Richt- linien, (15:2, 100 Kompr./min) bei Kammerflimmern: 3 Defibrillations versuche (200, 300 360J), (Defibrillation bei Körperkerntemp. < 28°C üblicherweise nicht wirksam.) Bei Erfolglosigkeit weiter reanimieren bis zur Übergabe an Not- arzt/Krankenhaus. Weitere Auskühlung verhindern! (irreversible Grenze)

Manche Menschen können bis 28°C< abkühlen, ohne das Bewusstsein zu verlieren. Dies kann zu einer Fehleinschätzung des Hypothermiegrades führen.

Messung der Körper-Kerntemperatur im Bergrettungsdienst.

Sie sollte bei jedem Verdacht auf eine Hypothermie erfolgen. Das geeignete Hilfsmittel ist das Ohrthermometer (Tympanothermometer) mit dem die Temperatur

am Trommelfell (Tympaon) gemessen wird. Das Tympaothermometer ist von jedem Bergretter anwendbar. Bei vorsichtigem Gebrauch können außer leichten Schmerzen keine Verletzungen stattfinden. Der Nachteil der Trommelfellmessung ist, dass oft zu niedrige Temperaturen durch verstopfte Gehörgänge (Ohrenschmalz oder Schnee) angezeigt werden. Bei sehr kalten Außentemperaturen und bei Herzkreislaufstillstand muss ein Ösophagusthermometer (Sonde in die Speiseröhre) zur sicheren Todesfeststellung verwendet werden, da die tympanale Messung keine sicheren Werte liefert.

Tympaothermometer und Wärmepackung gehören in jeden Notarztwagen / Notarztthubschrauber und in die Ausrüstung jedes alpinen Rettungsteams.

Therapie der Unterkühlung

Bei Verdacht auf das Vorliegen einer Unterkühlung müssen bereits vor dem Abmarsch/Abfahrt die notwendigen Rettungsmittel wie Tympaothermometer, Wärmepackungen und heiße Getränke bereitgestellt werden.

Die wichtigsten Maßnahmen bei der Unterkühlung sind:

Schonende Bergung: Schutz vor Witterungseinflüssen (Wind, Nässe...) Kälteschutz (Isolation)

Überwachung des Patienten:

Messung der KKT mit Tympaothermometer. Thermometer sollten grundsätzlich während der gesamten Bergungs- und Transportphase am Patienten belassen werden.

EKG, wenn möglich vor Umlagerung. Achtung: Gefahr der zusätzlichen Auskühlung!

Bergung:

So schonend wie möglich, nicht so rasch wie möglich („wie ein rohes Ei“).

Große Bewegungen sollten in allen Fällen vermieden werden, da es dabei zur Durchmischung des kalten Schalenblutes mit dem wärmeren Kernblut kommen kann und dabei Herzrhythmusstörungen ausgelöst werden können. Wenn Bewegungen unvermeidbar sind, sollten sie so langsam wie möglich ausgeführt werden. Im Stadium I sind aktive Bewegungen erlaubt.

Schutz vor Witterungseinflüssen:

Herstellen eines windgeschützten Platzes (Zelt, windgeschütztes Depot, vorgewärmtes Transportfahrzeug).

Schutz vor Nässe.

Nasse Kleidung wechseln:

Durch Aufschneiden unter Vermeidung von großen Bewegungen, falls der Unterkühlte ansprechbar ist (Stadium I und II).

Süße, heiße Getränke:

Nur wenn der Patient schlucken kann (Stadium I). 1 Liter heißes Getränk erhöht die Körpertemperatur um ca. 1°C.

Wärmepackung:

Die Wärmepackung ist eine in Mitteleuropa etablierte Methode zur präklinischen Isolation. Durch diese Maßnahme kann keine Wiedererwärmung erzielt, aber ein weiteres Abkühlen verhindert werden. Benötigt werden: 2-3 Wärmebeutel, 1 Alufolie, 2 Wolldecken, 1 Mütze. Beim bewusstlosen, nicht intubierten Patienten erfolgt die Wärmepackung in Seitenlagerung.

Vor dem Umlagern des Patienten Auflegen von 2 Wolldecken (1 Decke in der Längsrichtung, 1 Decke quer) und 1 Alufolie (quer) auf der Verletzentrage oder Akja Umlagern des Patienten unter Vermeidung großer Bewegungen.

2 - 3 chemische Wärmebeutel in Herznähe auf Brustkorb und Oberbauch (Zur Not kann auch ein in warmen Wasser getränktes Leintuch verwendet werden).

Patient in Decken und Alufolie dicht einpacken.

Wärmende Kopfbedeckung (Bis zu 50% des gesamten Wärmeverlustes gehen über den Kopf und Nacken verloren).

Inhalation von Sauerstoff:

Sauerstoff verbessert die Wärmeproduktion. Wenn möglich, angewärmten und angefeuchteten Sauerstoff verabreichen (air rewarming device: little dragon).

Reanimation (CPR):

Nach gewissenhaftem Notfallcheck (Achtung: Schwierigkeiten beim Feststellen von Puls und Atmung bei tief unterkühlten Personen – EKG verwenden) sollte eine Reanimation erst begonnen werden, wenn sie lückenlos bis ins Zielkrankenhaus durchgeführt werden kann. Man soll erst mit der CPR beginnen, wenn die Rettungskette vollständig organisiert ist und die Übergaben an das jeweils folgende Rettungsmittel ohne Verzögerung stattfinden können. Die Herzdruckmassage wird nach den gleichen Richtlinien wie bei nicht unterkühlten Opfern durchgeführt. (80 – 100 Druckmassagen/min, 15:2 Rhythmus, gleiche Drucktiefe)

Defibrillation:

Bei Kammerflimmern < 28°C ist eine Defibrillation in der Regel erfolglos. Wenn man es trotzdem versucht, unternimmt man 3 Versuche (200, 300, 360 J).

Infusion:

Der Wert einer praeklinischen Infusionstherapie wird kontrovers beurteilt. Die Wirkung vieler Notfallmedikamente ist bei Unterkühlung unsicher, daneben ist der Transport von der Peripherie zum Zentrum auf Grund der Zentralisation nicht gegeben. Auf das Legen eines venösen Zugangs kann in der Regel verzichtet werden, wenn damit ein Zeitverlust und dadurch die Gefahr einer weiteren Abkühlung gegeben ist.

Pulsoximetrie:

Da die Durchblutung der Peripherie massiv gedrosselt ist, ergibt die Pulsoximetrie keine brauchbaren Werte.

Zielkrankenhaus:

Bei einem tief unterkühlten Opfer im Stadium IV (EKG Nulllinie) stellt sich dem Arzt die Frage nach der Indikation einer Reanimation und dem Transport in ein geeignetes Zielkrankenhaus. In der Regel sind nur medizinische Zentren mit der Möglichkeit eines extrapulmonalen Kreislaufes (Herz-Lungenmaschine) in der Lage tief Unterkühlte erfolgreich wieder zu beleben. Es gibt keine Untersuchungen über eine untere Temperaturgrenze für eine Wiederbelebung (die tiefste bisher erfolgreich behandelte Temperatur sind 13,6°C). Deshalb kann die Entscheidung über eine Wiedererwärmung auch nicht am Unfallort zweifelsfrei gestellt werden. **Ein Patient im Hypothermie-Stadium IV ohne Vitalzeichen muss unter Reanimation ins Krankenhaus gebracht werden.** Allerdings muss das Krankenhaus frühzeitig alarmiert werden, da der Einsatz einer Herz-Lungenmaschine einen enormen personellen und technischen Aufwand bedeutet.

Auf eine Reanimation kann nur bei tödlichem Verletzungsmuster oder bei vollkommen verlegten Atemwegen verzichtet werden. Ein nicht tödliches Trauma stellt keine Gegenanzeige für eine Wiedererwärmung mittels einer Herz-Lungenmaschine dar.

IKAR Richtlinie für Ersthelfer zur Beurteilung, Stadieneinteilung (Staging) und Behandlung der Hypothermie:

