

Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e. V.
(DGAUM)



Leitlinie

Arbeit unter klimatischer Belastung:

Kälte

publiziert bei:



AWMF-Register Nr.	002/041	Klasse:	S1
--------------------------	----------------	----------------	-----------



Vorbemerkung:

Die in der Leitlinie vorgeschlagenen diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen sind medizinisch notwendig und entsprechen dem allgemein anerkannten Stand der Wissenschaft.

Diese Leitlinie wird zur Anwendung für Arbeiten empfohlen, bei denen eine klimatische Belastung durch Kälte eine ausgeglichene Wärmebilanz des menschlichen Körpers gefährdet.

Beachten Sie bitte auch die für das arbeitsmedizinische Leitlinienprinzip geltenden Besonderheiten sowie die sonstigen fachgebietsrelevanten Handlungsempfehlungen.

I N H A L T

Vorbemerkung: Stand der Wissenschaft

- 1 Charakterisierung der Einwirkung**
- 2 Vorkommen und Gefährdung**
- 3 Beurteilung der Einwirkung**
 - 3.1 Einflussfaktoren
 - 3.2 Beurteilung einer Kältebelastung
 - 3.3 Erträglichkeitsgrenzen einer Kältebelastung
- 4 Präventionsmaßnahmen**
- 5 Krankheitsbilder**
- 6 Quellen**
 - 6.1 Zitierte Quellen
 - 6.2 Weiterführende Quellen
- 7 Impressum**

Vorbemerkung: Stand der Wissenschaft

Es ist das Ziel einer Leitlinie, den allgemein anerkannten Stand der Wissenschaft für die Anwendung im betrieblichen Alltag zugänglich zu machen.

Eine Abfrage der einschlägigen medizinischen Datenbanken belegt, dass die thermophysiologische Forschung z. Z. nicht im Mittelpunkt des wissenschaftlichen Interesses steht: So ergibt beispielsweise die Suche in der *Pub Med* Datenbank der U. S. *National Library of Medicine – National Instituts of Health* zum Schlagwort *occupational cold exposure* lediglich 267 Hinweise auf Veröffentlichungen in den letzten zehn Jahren.¹ Das Ergebnis zum Thema *cold stress exercise* beträgt nur 166 Nennungen.²

Diese Recherchen sowie die Überprüfung relevanter Arbeitsschutzinformationen zeigen, dass im Themenumfeld „Arbeit unter Kältebelastung“ keine wesentlichen neuen Erkenntnisse vorliegen. Entsprechend orientiert sich die vorliegende Leitlinie vorwiegend an gültigen Normen und Vorschriften sowie an dem (*Muster-*) *Kursbuch Arbeitsmedizin / Betriebsmedizin*, das von der *Bundesärztekammer* in Zusammenarbeit mit der *Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e. V.*, dem *Verband Deutscher Betriebs- und Werksärzte – Berufsverband Deutscher Arbeitsmediziner e. V.* und den *Sektionen und Akademien für Arbeitsmedizin* (2008) herausgegeben wird.

¹ Stand: April 2011; Suchfilter: veröffentl. in letzten 10 Jahre, engl. und dtsch. Sprache, Menschen ab 19 Jahre

² Zum Vergleich: Ein Thema mit höherer Aktualität, z. B. das Schlagwort *BMI*, führt zu 25.779 Arbeiten.

1 Charakterisierung der Einwirkung

Ein Klima wird allgemein durch die Kombination von vier physikalischen Klimakenngrößen beschrieben:

- Lufttemperatur
- Luftfeuchte
- Luftgeschwindigkeit
- Wärmestrahlung

Jede Kenngröße kann unterschiedlich ausgeprägt sein. Gemeinsam beeinflussen sie das Klimaempfinden des Menschen.

2 Vorkommen und Gefährdung

Arbeit unter Kältebelastung gefährdet eine ausgeglichene Wärmebilanz des menschlichen Körpers. Diese Gefährdung kann in Innenräumen, im Freien und auch unter Tage auftreten.

In Innenräumen bestehen Kälte belastete Arbeitsplätze vor allem in der Nahrungsmittelbranche; z. B.:

- Kühlhäuser
- Gefriertrockenräume
- Fleisch- und Fischverarbeitung

Im Freien können - je nach Jahreszeit - Beschäftigte durch Kälte belastet sein; das betrifft z. B.:

- Hoch- und Tiefbau
- Land- und Forstwirtschaft
- Gartenbau
- Fischerei
- Erdölförderung

Auch in untertägigen Betrieben ist Kälte von Bedeutung:

- Bergbau³, der bei geringen Fördertiefen noch keinen bedeutenden Gebirgstemperaturanstieg aufweist (z. B. Erzabbau)
- Lager- und Depoteinrichtungen

Die Gesundheit des Menschen kann bei der Unterschreitung folgender Körpertemperaturen gefährdet sein:

Die Körperkerntemperatur eines kälteexponierten Beschäftigten sollte nicht unter 36 °C absinken. Bei medizinischer Voruntersuchung, zusätzlicher Überwachung der lokalen Hauttemperatur (z. B. Hand, s. u.) und freiwilliger Exposition, etwa bei Rettungseinsätzen, kann eine kurzzeitige Unterschreitung toleriert werden (DIN EN ISO 9886).

Die Akren (Nase, Kinn, Ohrmuscheln, Finger, Zehen) sind besonders kältegefährdet; die entsprechenden lokalen Hauttemperaturen sollten nicht unter 12 °C (DIN 33403 T5) fallen. In der Praxis wird bei manuellen Tätigkeiten oft der Kälteschutz der Hände vernachlässigt. Um Einschränkungen der Fingerfertigkeit zu vermeiden, werden Handschuhe mit ausreichendem Kälteschutz häufig abgelegt oder es werden schon vorab Handschuhe mit ungenügender Isolation gewählt. Manuelle Einschränkungen sollen ab einer Hauttemperatur der Hand von 15 °C beginnen. Viele Menschen empfinden hier bereits einen Kälteschmerz (DIN EN ISO 9886). Die Expositionsgrenze ist bei 12 °C erreicht (s. o.). Bei einem weiteren Absinken der Hauttemperatur ist ab 10 °C ein ausgeprägtes Schmerzempfinden zu erwarten.

„Kontaktkälte“ stellt bei manuellen Tätigkeiten eine besondere Gefährdung da: So kann schon eine ungeschützte Berührung von tiefkalten Metallen (≤ -10 °C) bereits nach wenigen Sekunden zu lokalen Erfrierungen führen (DIN EN ISO 13732-3).

³ Die Arbeitsplätze im Bergbau werden in der vorliegenden Leitlinie nicht explizit berücksichtigt, da bei diesen eigene Vorschriften zum Schutz der Gesundheit gegen Klimaeinwirkung anzuwenden sind.

3 Beurteilung der Einwirkung

3.1 Einflussfaktoren

Zur Beurteilung der Klimawirkung sind alle Faktoren zu berücksichtigen, die die metabolische Wärmeproduktion des menschlichen Körpers und seinen Wärmeaustausch mit der Umgebung beeinflussen:

Das sind grundsätzlich:

- Energieumsatz⁴, d. h. metabolische Wärmeentwicklung (s. Tab. 1; vgl. auch Spitzer et al. 1981)
- Bekleidungsisolations (clo = clothing unit⁵; s. Abb. 1, Tab. 2)
- Expositionsdauer

Darüber hinaus sind für eine individuelle Beurteilung und Beratung noch weitere Faktoren von Bedeutung:

- Akklimatisation
- Körpergewicht, Ernährungszustand
- Konstitution, Trainingszustand
- Alter, Geschlecht
- Gesundheitszustand
- Psychosoziale Faktoren

⁴ Energieumsatz: Gesamtenergieumsatz = Grundenergieumsatz + Arbeitsenergieumsatz

⁵ 1 clo = 0,155 m² · K · W⁻¹

Tab. 1: Einordnung des Gesamtenergieumsatzes⁶
(nach DIN EN ISO 11079 bzw. nach DIN EN ISO 8996)

Klasse^x	Gesamt- energieumsatz (W · m ⁻²)	Beispiele
Ruhen	65	Ruhen, Sitzen
Sehr geringer körpereigener Energieumsatz	80	Leichte Arbeiten mit der Hand (Schreiben, Maschinenschreiben, Zeichnen), Inspektion, Montage oder Sortieren sehr leichter Materialien
Geringer körpereigener Energieumsatz	100	Arbeiten mit der Hand (kleine Tischwerkzeuge), Arbeiten mit den Armen (Fahren von Fahrzeugen unter normalen Bedingungen, Betätigen von Fußschalter oder -pedal), Bearbeiten mit Werkzeugen geringer Leistung, Schlendern
Geringer bis mäßiger körpereigener Energieumsatz	140	Arbeiten mit der Hand und den Armen mit mäßiger Geschwindigkeit, Montieren und Zusammensetzen leichter Teile
Mäßiger körpereigener Energieumsatz	165	Anhaltende Arbeiten mit der Hand und den Armen (Einschlagen von Nägeln, Feilen), Arbeit mit leichter Ausrüstung und leichten Werkzeugen, Arm- und Beinarbeit (im Gelände erfolgende Bedienung von Lastwagen, Traktoren und Bauausrüstung)
Mäßiger bis hoher körpereigener Energieumsatz	175	Arbeiten mit Armen und Rumpf, Arbeiten mit einem Presslufthammer, unterbrochenes Arbeiten mit mäßig schwerem Material, Ziehen oder Schieben leichter Wagen oder Schubkarren, Gehen mit einer Geschwindigkeit von 4 km/h bis 5 km/h; Fahren eines Motorschlittens
Hoher körpereigener Energieumsatz	230	Intensive Arbeiten mit Armen und Rumpf, Tragen schwerer Materialien, Schaufeln, Arbeiten mit Vorschlaghammer, Fällen von Bäumen mit der Kettensäge, Mähen mit der Hand, Graben, Gehen mit einer Geschwindigkeit von 5 km/h bis 6 km/h, Schieben oder Ziehen schwerer beladener Handwagen oder Schubkarren, Putzen (Meißeln) von Gussstücken, Verlegen von Betonplatten, Fahren eines Motorschlittens in schwierigem Gelände
Sehr hoher körpereigener Energieumsatz	290	Hochintensive Tätigkeiten bei schneller bis höchster Geschwindigkeit, Arbeiten mit der Axt, intensives Schaufeln oder Graben, Treppensteigen, Besteigen von Rampen oder Leitern, schnelles Gehen mit kleinen Schritten, Rennen, Gehen/Laufen mit einer Geschwindigkeit über 6 km/h, Gehen im lockeren Tiefschnee
Übermäßig hoher körpereigener Energieumsatz (bis zu 1 h bis 2 h)	400	Hochintensive anhaltende Tätigkeiten ohne Unterbrechungen, Notfall- und Rettungsarbeiten mit hoher Intensität

^x Der Gesamtenergieumsatz bezieht sich auf den Durchschnitt von 60 min während einer Schicht mit stetiger Arbeit.

⁶ Der Gesamtenergieumsatz (in W · m⁻² Körperoberfläche) bezieht sich auf Durchschnittspersonen mit einer Körperoberfläche von 1,75 m² (Mann: 30 Jahre, 70 kg, 1,75 m) bzw. 1,6 m² (Frau: 30 Jahre, 60 kg, 1,70 m).

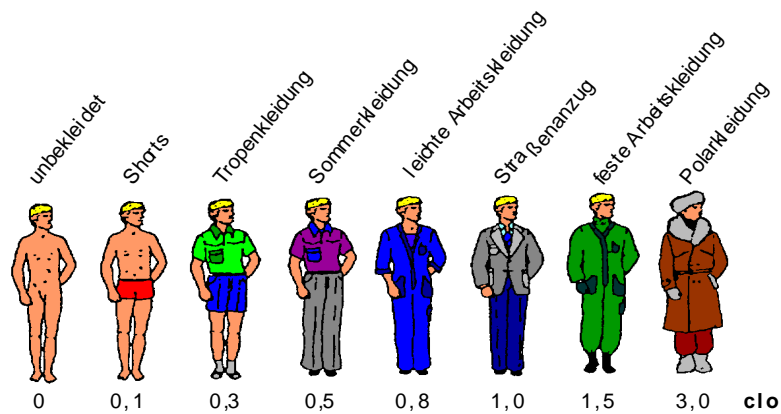


Abb. 1: Schema mit Beispielen der Bekleidungsisolierung (0 – 3 clo)

Tab. 2: Beispielhafte Werte der Bekleidungsisolierung
(Auszug aus DIN EN ISO 11079, nach DIN EN ISO 9920)

Bekleidungskombination	clo
1. Slip, Hemd mit kurzen Ärmeln, eng anliegende Hose, ¾-lange Socken, Schuhe	0,5
2. Unterhose, Hemd, eng anliegende Hose, Socken, Schuhe	0,6
3. Unterhose, Overall, Socken, Schuhe	0,7
4. Unterhose, Hemd, Overall, Socken, Schuhe	0,8
5. Unterhose, Hemd, Hose, Kittel, Socken, Schuhe	0,9
6. Slip, Unterhemd, Unterhose, Hemd, Overall, ¾-lange Socken, Schuhe	1,0
7. Unterhose, Unterhemd, Hemd, Hose, Jacke, Weste, Socken, Schuhe	1,1
8. Unterhose, Hemd, Hose, Jacke, Overall, Socken, Schuhe	1,3
9. Unterhemd, Unterhose, isolierende Hose, isolierende Jacke, Socken, Schuhe	1,4
10. Slip, T-Shirt, Hemd, eng anliegende Hose, isolierender Overall, ¾-lange Socken, Schuhe	1,5
11. Unterhose, Unterhemd, Hemd, Hose, Jacke, Überjacke, Hut, Handschuhe, Socken, Schuhe	1,6
12. Unterhose, Unterhemd, Hemd, Hose, Jacke, Überjacke, Überhose, Socken, Schuhe	1,9
13. Unterhose, Unterhemd, Hemd, Hose, Jacke, Überjacke, Überhose, Socken, Schuhe, Hut, Handschuhe	2,0
14. Unterhemd, Unterhose, isolierende Hose, isolierende Jacke, Überhose, Überjacke, Socken, Schuhe	2,2
15. Unterhemd, Unterhose, isolierende Hose, isolierende Jacke, Überhose, Überjacke, Socken, Schuhe, Hut, Handschuhe	2,6
16. Polarbekleidungskombination	3,0 bis 4,5
17. Schlafsäcke	3 bis 9

3.2 Beurteilung einer Kältebelastung

Eine klimatische Belastung durch Kälte ist nicht zwingend mit negativen Umgebungstemperaturen verbunden. Dementsprechend besteht für Kältearbeit in Innenräumen folgende Definition (DIN 33403 T5):

„Regelmäßige Tätigkeiten, bei denen die Lufttemperaturen geräte- oder verfahrensbedingt bei +15 °C und darunter liegen und bei denen der Mensch trotz des Einflusses des Arbeitsenergieumsatzes und der Kälteschutzkleidung eine negative Energiebilanz aufweist, werden als Kältearbeit bezeichnet.“

Im Freien verstärkt der Wind die Kältewirkung erheblich, da er die konvektive Entwärmung erhöht (wind chill effect).

Die Bekleidungsisolation ist in der Kälte der wichtigste Faktor zur Aufrechterhaltung einer ausgeglichenen Wärmebilanz und ist ein Kernelement des Beurteilungsverfahrens (DIN EN ISO 11079), dessen Anwendung für Kältebelastungen in Innenräumen und auch im Freien empfohlen wird (DIN EN ISO 11399).

Eine detaillierte Beurteilung einer Kältebelastung nach dieser Methode ist über einen Online-Rechner (Nilsson & Holmér) auf der Homepage des *Thermal Environment Laboratory* der *Universität Lund, Schweden*, unter der Rubrik „Tools“ mit dem Befehl „Calculate IREQ“ kostenlos und frei zugänglich (s. auch DIN EN ISO 11079):

http://www.eat.lth.se/termisk_miljoe/english/tools

Mit Hilfe dieser Internetseite kann die zulässige Expositionsdauer in Abhängigkeit der relevanten Einflussfaktoren (Eingabe von Klimakenngrößen, Energieumsatz, Isolation der tatsächlich getragenen Bekleidung) individuell ermittelt werden.⁷ In jedem Falle wird zusätzlich die notwendige Bekleidungsisolation für eine achtstündige Exposition ausgewiesen.

Die nachfolgende Tabelle enthält einen orientierenden Überblick über die entsprechenden Wirkungszusammenhänge:

⁷ Die zugrundeliegende Methode ist in der DIN EN ISO 11079 festgelegt. Diese enthält wichtige zusätzliche Informationen und weitere Anwendungsmöglichkeiten zur Beurteilung einer Kältebelastung unter Verwendung der erforderlichen Isolation der Bekleidung (IREQ).

Tab. 3: Auszug aus den Berechnungsmöglichkeiten zur Beurteilung einer Kältebelastung (DIN EN ISO 11079) [Quelle: Kalkulator, Version 4.2 (Nilsson & Holmér), auf der Homepage des *Thermal Environment Laboratory* der *Universität Lund, Schweden*]

Eingaben				Berechnung
Temperatur, Luft bzw. Wärmestrahlung °C	Wind- geschwindigkeit m/s	Energieumsatz W/m ²	Getragene Bekleidung clo	Zulässige Expositionsdauer h
5	1,4	165	1,1	> 8
5	4,2	165	1,1	1,2
0	1,4	165	1,3	>8
0	4,2	165	1,3	0,9
-5	1,4	165	1,4	1,8
-5	4,2	165	1,4	0,7
-10	1,4	165	1,6	1,5
-10	4,2	165	1,6	0,6
-15	1,4	165	2	2,4
-15	4,2	165	2	0,8
-30	1,4	165	3	>8
-30	4,2	165	3	1

Im Allgemeinen entspricht in der Kälte die Luft- der Wärmestrahlungstemperatur; auch ist die relative Luftfeuchte in der Kälte hoch. Sie wurde daher in dieser Tabelle einheitlich mit 85% angesetzt. Für die Luftdurchlässigkeit der Oberbekleidung wurde ein einheitlicher Wert von $8 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ gewählt.

3.3 Erträglichkeitsgrenzen einer Kältebelastung

So lange die Wärmebilanz des menschlichen Körpers ausgeglichen ist, wird Kälte als erträglich empfunden.

Ein akutes Wärmedefizit führt zum Kälteempfinden. Jenseits der Erträglichkeitsgrenze kann diese Empfindung so ausgeprägt sein, dass die physische und psychische Leistungsfähigkeit eines Beschäftigten massiv beeinträchtigt wird und eine Fremd- und Eigengefährdung (z. B. bei Fahr- und Steuertätigkeiten) entsteht.

Diese Gefährdung ist auch bei einer schleichenden protrahierenden Hypothermie gegeben, die bei mehrstündigen Kälteexpositionen mit geringer körperlicher Aktivität auftreten kann. In diesem Zustand ist die Wahrnehmung der kältebedingten Missempfindungen so stark verringert, dass die Betroffenen schließlich sogar die eigene Bedrohung durch Kälteerkrankungen vernachlässigen.

4 Präventionsmaßnahmen

In vielen Arbeitsbereichen kann die Kältebelastung durch technische Möglichkeiten reduziert werden. Ist dies nicht oder nicht in adäquatem Umfang möglich, können die Auswirkungen von Kälte auf den menschlichen Körper durch die nachfolgenden medizinisch orientierten Präventionsmaßnahmen begrenzt werden:

- Arbeitsmedizinische Prävention

Der Betriebsarzt sollte immer in die Gefährdungsbeurteilung (ArbSchG §5) und die Beratung der Beschäftigten aktiv einbezogen werden.

Wird bei der Gefährdungsbeurteilung festgestellt, dass eine extreme Kältebelastung (-25 °C und kälter) besteht, ist eine arbeitsmedizinische Pflichtuntersuchung notwendig (ArbMedVV, Anhang Teil 3, Abs. 1, Nr. 2).

Aussagen zur arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchung bei Kältarbeit finden sich u. a. im entsprechenden Grundsatz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV), G 21 *Kältarbeiten* (2010). Diese Untersuchung erlaubt allerdings keine sichere Prognose der Kältetoleranz, sondern wendet nur Ausschlusskriterien an.

Zusätzlich ist zu beachten, dass Personen mit vorhergehenden Kälteschäden eine erhöhte Disposition für erneute Erkrankungen aufweisen, die nicht zwingend die gleichen Körperregionen betreffen müssen.

- Akklimatisation / Adaptation

Es ist ungewiss, ob der Mensch überhaupt zu einer vollständigen Kälteakklimatisation in der Lage ist (Young 1996). Daher wird in jüngerer Zeit häufiger nur noch von einer Kälteadaptation gesprochen. Dementsprechend liegen auch keine belastbaren Angaben zur Dauer von Anpassungsvorgängen vor.

Es ist jedoch bekannt, dass sich bei wiederholter Kälteexposition der Energieumsatz und somit die metabolische Wärmebildung erhöhen und sich der Beginn dieses Prozesses ebenso wie das Kältezittern zu niedrigen Körpertemperaturen verschieben. Ebenso verringert sich die Ausprägung des Kälteempfindens.

- Energiebedarf

Der Energiebedarf in der Kälte ist maßgeblich von der körperlichen Arbeit abhängig. Laufen im lockeren Schnee, schwere Kälteschutzbekleidung, zusätzliche Winterausrüstung etc. haben einen höheren Anteil am „winterlichen“ Energieumsatz als die Umsatzsteigerung durch tiefe Umgebungstemperaturen im Rahmen der Thermogenese. Diese Umstände sind bei einer Abschätzung des Energiebedarfs zu beurteilen (Spitzer et al. 1981).

- Flüssigkeitshaushalt

Flüssigkeitsverluste entstehen durch das Schwitzen, über das Atmen und auch durch eine kälteinduzierte Diurese (CID = Cold Induced Diuresis). Nicht nur zum Erhalt der Leistungsfähigkeit, sondern auch zur Prävention von Kälteschäden ist ein ausgeglichener Flüssigkeitshaushalt erforderlich. So wird verhindert, dass bei einer Dehydration die verschlechterten rheologischen Eigenschaften des Blutes zur verminderten Perfusion der Peripherie führen.

Die Flüssigkeitsverluste über die Atmung werden oftmals unterschätzt: Sie allein können entsprechend der gesteigerten Ventilation bei schwerer körperlicher Arbeit und der geringen Wasserdampfbeladung der kalten Inspirationsluft bis zu 1,5 l pro Tag ausmachen.

Auch in der Kälte ist schon rechtzeitig, d. h. bereits vor dem möglicherweise verzögert einsetzenden Durstgefühl zu trinken, um eine Euhydration zu sichern (sog. *preventive drinking*). Die ausreichende Flüssigkeitsaufnahme ist durch die Urinfarbe kontrollierbar (je heller, desto besser).

Die Getränketemperatur sollte 25 – 30 °C nicht unterschreiten, da kältere Flüssigkeiten zu einer beachtlichen Entwärmung beitragen.

- Arbeitszeit-Pausen-Regime

Die Kältewirkung kann durch ein geeignetes Arbeitszeit-Pausenregime (DIN 33403 T5) reduziert werden. Während der Arbeitsunterbrechungen sind möglichst Aufwärmzonen aufzusuchen, in denen warme Getränke verfügbar sind und auf Nikotin aufgrund seiner vasoaktiven Wirkung verzichtet wird. Bei einem Kälteempfinden an den Extremitäten kann die Durchblutung durch leichte Gymnastik gefördert werden.

- Bekleidung

Eine angemessene Bekleidung ist unerlässlich. Sie muss mehrschichtig und die Isolation an die Klimabedingungen, die metabolische Wärmeentwicklung und das individuelle Temperaturempfinden variabel anpassbar sein. Geeignete Materialien leiten den Schweiß von der Haut bis an die Umgebung. Diese „Wirkkette“ muss von Unterwäsche bis zur äußeren Bekleidungsschicht funktionieren, um die Bildung von „Kältebrücken“ durch Schweißspeicherung und Durchnässung der Bekleidung zu vermeiden.

Die BGR 189 (Benutzung von Schutzkleidung) und auch einschlägige Normen (DIN 33403 T5, DIN EN ISO 9920, DIN EN 14058) enthalten Hinweise zur Kälteschutzbekleidung.

Der Wärmeverlust über den Kopf wird häufig vernachlässigt. Er kann durch eine Kopfdeckung und ggf. durch eine Gesichtsmaske reduziert werden. Eine großzügig konfektionierte und variabel einstellbare Kapuze kann beide Bekleidungsstücke ersetzen.

Schwieriger sind die Hände zu schützen, da die Fingerfertigkeit nur gering beeinträchtigt werden darf. Hier ist eine funktionsbezogene Ausstattung, die gleichzeitig in Anpassung an unterschiedliche Tätigkeiten hoch variabel sein muss, zweckmäßig. Mehrschichtige Handschuhkonzepte mit einem dünnen („Kontakt-“) Handschuh, der auch beim Ablegen der äußeren Schichten noch Schutz vor Kontaktkälte bietet, sind hier gut geeignet.

5 Krankheitsbilder

Kälte kann lokal begrenzte Erfrierungen und auch eine pathologische Unterkühlung des Gesamtkörpers (Hypothermie) hervorrufen.

Füße und Hände, aber auch ungeschützte Haut (Gesicht, Ohren) sind in der Kälte gefährdet, da sich der Körper vor einem zu großen Wärmeverlust durch eine periphere Vaso-
konstriktion schützt. In Extremfällen kann die Blutversorgung soweit reduziert werden, dass es zu lokalen Erfrierungen kommt. Sie werden in vier Schweregrade unterteilt.

Tab. 4: Schweregrade der lokalen Erfrierungen
(Übersetzung nach NATO 2010)

Erfrierungen 1. Grades	Erfrierungen 2. Grades	Erfrierungen 3. Grades	Erfrierungen 4. Grades
<p><u>Epidermale Schädigung:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Im Allgemeinen auf die Hautareale begrenzt, die extremer Kaltluft ausgesetzt waren oder Metallkontakt hatten (z. B. Außentürgriffe). ➤ Erfrorene Haut ist initial weiß oder gelblich fleckig. ➤ Die Haut taut schnell auf, bildet „Quaddeln“, wird rot und schmerzhaft. ➤ Die Beweglichkeit bleibt erhalten, da tiefe Gewebsschichten nicht erfroren sind. ➤ Betroffene Bereiche können geschwollen sein, es erfolgt jedoch keine Blasenbildung. Die Haut löst sich 7 bis 10 Tagen nach der Einwirkung, heilt aber anschließend klinisch vollständig aus. ➤ Neurologische Residualsymptome können zurückbleiben. 	<p><u>Schädigung der Epidermis (gesamter Querschnitt; kann auch die superfizielle Dermis betreffen):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Es kommt früh zu Bewegungseinschränkungen, da tiefere Schichten geschädigt sind. ➤ Das betroffene Areal taut rasch auf, die Beweglichkeit kehrt zurück und es entstehen Schmerzen. ➤ Blasen mit klarer Flüssigkeit bilden sich mehrere Stunden nach dem Auftauen. ➤ Obere Schichten der Dermis bleiben im Allgemeinen erhalten und ermöglichen eine rasche Reepithelialisierung nach der Erfrierung. ➤ Es kommt zu keinem permanenten Gewebsverlust; das Gewebe heilt vollständig innerhalb von 3 bis 4 Wochen aus. ➤ Neurologische Residualsymptome können zurückbleiben. 	<p><u>Betroffen sind die Dermis und das subkutane Gewebe:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Anfangs ist erfrorenes Gewebe „unauffällig“, beeinträchtigt jedoch die Beweglichkeit. ➤ Nach dem Auftauen kehrt die Beweglichkeit vorübergehend zurück, aber die betroffene Haut schwillt schnell und durch die Schädigung des dermalen vasculären Plexus bilden sich hämorrhagische Blasen. Die Schwellung schränkt die Beweglichkeit ein. ➤ Durch langsames Ablösen kommt es zum bedeutenden Hautverlust ➤ Die Heilung erfolgt langsam; es können dauerhafte Gewebsverluste entstehen. ➤ Üblicherweise bleibt eine Kälteempfindlichkeit der betroffenen Areale zurück. 	<p><u>Alle Schichten der Haut, des darunter liegenden Gewebes und sogar der Knochen sind betroffen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Initial ist das erfrorene Gewebe unbeweglich. ➤ Auftauen stellt die passive Beweglichkeit wieder her, aber eine intrinsische Muskelfunktion kehrt nicht zurück. ➤ Die Reperfusion der Haut ist nach dem Auftauen gering. ➤ Blasen und Ödeme entwickeln sich nicht. ➤ Betroffene Areale zeigen früh nekrotische Veränderungen. ➤ Das Vollbild der Schädigung entwickelt sich langsam (Wochen) und führt zum „Abstreifen“ des geschädigten Gewebes und zur Autoamputation. ➤ Ein bedeutender, dauerhafter anatomischer und funktioneller Verlust ist die Regel.

Therapeutische Maßnahmen sind der spezifischen intensivmedizinischen Literatur zu entnehmen.

Von diesen Erfrierungen (*freezing cold injuries*) werden in der englischsprachigen Literatur die non-freezing cold injuries unterschieden. Diese können bei lang anhaltender Immobilität in nasskalter Witterung mit Temperaturen um oder geringfügig über dem Gefrierpunkt entstehen, unter ungünstigen Bedingungen sogar noch bei einer Umgebungstemperatur von +10 °C. Dabei sind insbesondere die Füße durch eine Gewebserstickung infolge des Sauerstoffmangels gefährdet (*Grabenfuß* oder *Immersionfuß*).

Das komplexe Krankheitsbild der lang anhaltenden Unterkühlung des Gesamtkörpers (Hypothermie) ist in der nachfolgenden Tabelle enthalten.

Tab. 5: Unterkühlung des Gesamtkörpers (Hypothermie)
(Übersetzung nach NATO 2010)

Betroffene Systeme	Symptome
Neurologisches System	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Vermindertes Bewusstseinsniveau ➤ Ataxie ➤ Verringertes Schmerzempfinden ➤ Amnesie ➤ Initiale Hyperreflexie ➤ Anästhesie ➤ Hyporeflexie
Kardiovaskuläres System	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tachykardie ➤ Dysrhythmie ➤ Verminderte Herztöne ➤ Jugularvenöse Distension ➤ Hypotonie
Respiratorisches System	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tachypnoe ➤ Adventive Geräusche ➤ Bronchorrhagie ➤ Zunehmende Hypoventilation ➤ Apnoe
Gastrointestinales System	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ileus ➤ Constipation ➤ Unterleibsdistension ➤ Magendilatation
Urogenitalsystem	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Anurie ➤ Polyurie
Psychiatrische Zeichen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Beeinträchtigtetes Urteilsvermögen ➤ Stimmungswandel ➤ Geänderter mentaler Status ➤ Paradoxes Ablegen der Kleidung ➤ Neurosen ➤ Psychosen
Muskuloskeletales System	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Gesteigerter Muskeltonus ➤ Zittern ➤ Rigidität ➤ Kompartmentsyndrom
Dermatologische Bedingungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Erythem ➤ Blässe ➤ Zyanose ➤ Frostbeule ➤ Sclerema ➤ Kälteurtikaria ➤ Nekrose ➤ Ödem
Kopf, Auge, Ohr, Nase und Kehle	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Verminderter Lidschlussreflex ➤ warme, rötliche Haut ➤ Gesichtsoedem ➤ Rhinorrhoe

Therapeutische Maßnahmen sind der spezifischen intensivmedizinischen Literatur zu entnehmen.

6 Quellen

6.1 Zitierte Quellen

- Arbeitsschutzgesetz: Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (ArbSchG). BGBl. I S. 1246 vom 07. August 1996 i. d. g. F.
- Arbeitsmedizinische Vorsorge-Verordnung: Verordnung zur Rechtsvereinfachung und Stärkung der arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV). BGBl. I S. 2768 vom 18. Dezember 2008 i. d. g. F.
- BGR 189: Benutzung von Schutzkleidung. DGUV (Hrsg.), April 1994, aktualisierte Nachdruckfassung Oktober 2007
- Bundesärztekammer, Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e. V., Verband Deutscher Betriebs- und Werksärzte – Berufsverband Deutscher Arbeitsmediziner e. V., Sektionen und Akademien für Arbeitsmedizin (Hrsg.): (Muster-)Kursbuch Arbeitsmedizin / Betriebsmedizin. 2. Auflage (2008)
- DIN EN ISO 8996: Ergonomie der thermischen Umgebung – Bestimmung des körpereigenen Energieumsatzes (ISO 8996: 2004). Januar 2005
- DIN EN ISO 9886: Ergonomie - Ermittlung der thermischen Beanspruchung durch physiologische Messungen (ISO 9886: 2004). Mai 2004
- DIN EN ISO 9920: Ergonomie des Umgebungsklimas - Abschätzung der thermischen Isolation und des Verdunstungswiderstandes einer Bekleidungskombination (ISO 9920: 2007, Korrigierte Fassung 2008-11-01). Oktober 2009
- DIN EN ISO 11079: Ergonomie der thermischen Umgebung – Bestimmung und Interpretation der Kältebelastung bei Verwendung der erforderlichen Isolation der Bekleidung (IREQ) und lokalen Kühlwirkungen (ISO 11079: 2007). April 2008
- DIN EN ISO 11399: Ergonomie des Umgebungsklimas – Grundlagen und Anwendung relevanter internationaler Normen (ISO 11399: 1995). April 2001
- DIN EN ISO 13732-3: Ergonomie der thermischen Umgebung – Bewertungsmethoden für Reaktionen des Menschen bei Kontakt mit Oberflächen - Teil 3: Kalte Oberflächen (ISO 13732-3: 2005). Dezember 2008
- DIN EN 14058: Schutzkleidung - Kleidungsstücke zum Schutz gegen kühle Umgebungen. August 2004
- DIN 33403 T5: Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung – Teil 5: Ergonomische Gestaltung von Kältearbeitsplätzen. Januar 1997
- G 21 Kältearbeiten. In: DGUV (Hrsg.): Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen. 5. Auflage, Gentner Verlag, Stuttgart 2010
- NATO – Standardization Agency (ed.): STANAG 2588 MEDSTD (Edition 1) (Ratification Draft 1) – Prevention and management of cold weather injuries. (US Army: Technical Bulletin – Medical 508) Brüssel 2010
- Nilsson, H. O., Holmér, I.: Online-Rechner zur DIN EN ISO 11079 auf der Homepage des *Thermal Environment Laboratory* der *Universität Lund, Schweden* (http://www.eat.lth.se/termisk_miljoe/english/tools)
- Spitzer, H., Hettinger, Th., Kaminski, G.: Tafeln für den Energieumsatz bei körperlicher Arbeit. 6. Auflage, Beuth Verlag, Berlin, Köln 1981
- Young, A. J.: Homeostatic responses to prolonged cold exposure: human cold acclimatisation. In: Fregly, M. J., Blatteis, C. M. (eds.) *Handbook of Physiology*,

Section 4, Environmental Physiology. pp. 419-438, University Press, New York, Oxford 1996

6.2 Weiterführende Quellen

- Brajkovic, D., Ducharme, M. B.: Finger dexterity, skin temperature, and blood flow during auxiliary heating in the cold. *J Appl Physiol.* 95(2): 758-770 (2003)
- Castellani, J. W., Young, A. J., Kain, J. E., Rouse, A., Sawka, M. N.: Thermoregulation during cold exposure: effects of prior exercise. *J. Appl. Physiol.* 87: 247-252 (1999)
- Chen, F., Liu, Y., Holmér, I.: Hand and finger skin temperatures in convective and contact cold exposure. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 72: 372-379 (1996)
- Flouris, A. D., Cheung, S. S., Fowles, J. R., Kruisselbrink, L. D., Westwood, D. A., Carrillo, A. E. et al.: Influence of body heat content on hand function during prolonged cold exposures. *J Appl Physiol* 101(3): 802-308 (2006)
- Griefahn, B. et al.: Arbeit in mäßiger Kälte. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz – Fb 716. Dortmund 1995
- Griefahn, B.: Klimatische Belastungen. In: Landau, K., Pressel, G. (Hrsg.): Medizinisches Lexikon der beruflichen Belastungen und Gefährdungen. Definitionen – Vorkommen – Arbeitsschutz. S. 530-536, Gentner Verlag, Stuttgart 2009
- Heus, R., Daanen, H. A., Havenith, G.: Physiological criteria for functioning of hands in the cold: a review. *Appl Ergon* 26 (1): 5-13 (1995)
- Holmér, I.: Work in the cold. Review of methods for assessment of cold exposure. *Int Arch Occup Environ Health* 65: 147-155 (1993)
- Jett jr., D. M., Adams, K. J., Stamford, B. A.: Cold exposure and exercise metabolism. *Sports Med.* 30 (8): 643-656 (2006)
- Kenny, G. P., Dorman, L. E., Webb, P., Ducharme, M. B., Gagnon, D., Reardon, F. D. et al. Heat balance and cumulative heat storage during intermittent bouts of exercise. *Med Sci Sports Exerc* 41 (3):588-596 (2009)
- Kluth, K., Strasser, H.: Physiologische Reaktionen von Herzschlagfrequenz und Blutdruck beim Kommissionieren in der Kälte. *Z. ARB. WISS.* 62 (4): 239-247 (2008)
- Mäkinen, T., Gavhed, D., Holmér, I., Rintamäki, H.: Thermal responses to cold wind of thermoneutral and cooled subjects. *Eur J Appl Physiol* 81: 397-402 (2000)
- Peters, H.: Klima. In: Landau, K. (Hrsg.): Lexikon Arbeitsgestaltung. Best Practice im Arbeitsprozess. S. 715-719, Gentner Verlag, ergonomia Verlag, Stuttgart 2007
- Pilcher, J. J., Nadler, E., Busch, C.: Effects of hot and cold temperature exposure on performance: a meta-analytic review. *Ergonomics* 45 (10): 682-698 (2002)
- Savourey, G., Bittel, J.: Thermoregulatory changes in the cold induced by physical training in humans. *Eur. J. Appl. Physiol.* 78: 379-384 (1998)
- Stocks, J. M., Taylor, N. A., Tipton, M. J., Greenleaf, J. E.: Human physiological responses to cold exposure. *Aviat Space Environ Med* 75 (5): 444-457 (2004)
- Strasser, H., Kluth, K.: Physiologische Reaktionen in der Körperkern- und Fußsohlen-temperatur auf die Kälteexposition von -24°C und subjektives Kälteempfinden von Kühlhaus-Kommissionierern. *Z. ARB. WISS.* 62 (4): 249-256 (2008)
- Tipton, M. J., Pandolf, K. B., Sawka, M. N., Werner, J., Taylor, N. A.: Physiological adaptation to hot and cold environments. In: Taylor, N., Groeller, H. (eds.):

Physiological bases of human performance during work and exercise. pp. 379–400 (2008)

- Wenzel, H. G., Piekarski, C.: Klima und Arbeit. Hrsg. v. Bayerischen Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung. 2. Auflage, München 1982
- Young, A. J., Castellani, J. W., Brien, C. O., Shippee, R. L., Tikuisis, P., Meyer, L. G. Blanchard, L. A., Kain, J. E., Cadarette, B. S., Sawka. M. N.: Exertional fatigue, sleep loss, and negative energy balance increase susceptibility to hypothermia. J. Appl. Physiol. 85: 1210-1217 (1998)

7 Impressum

Copyright und alle Vertriebsrechte: Deutsche Gesellschaft für Arbeits- und Umweltmedizin e. V. (DGAUM)

Erarbeitet von: K. J. Glitz, Koblenz
W. Gorges, Koblenz
D. Leyk, Koblenz und Köln
C. Piekarski, Köln und Dortmund

Anmeldung: 06.09.2011 (DGAUM)
27.09.2011 (AWMF)

Erarbeitungsschritte: - Literaturrecherche
- Diskussion und Konsensfindung im Autorenkreis
- Vorprüfung durch DGAUM im Rahmen der Anmeldung
- Umlauf im Rahmen des Forums Arbeitsphysiologie Sept. 2011; (Dez. 2011)
- Umlauf im Rahmen des Forums Arbeitsphysiologie März/April 2012
- Verabschiedung mit Änderungsaufgaben durch Vorstand der DGAUM am 26.06.2012

Erarbeitungsstand: 02.07.2012

Hinweise senden Sie bitte an: Geschäftsstelle der Deutschen Gesellschaft für
Arbeits- und Umweltmedizin
Institut für Arbeitsmedizin und Sozialmedizin
Universitätsklinikum Aachen
Pauwelsstraße 30
D-52074 Aachen

Erstellungsdatum: 07/2012

Nächste Überprüfung geplant: 07/2017

Die "Leitlinien" der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften sind systematisch entwickelte Hilfen für Ärzte zur Entscheidungsfindung in spezifischen Situationen. Sie beruhen auf aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen und in der Praxis bewährten Verfahren und sorgen für mehr Sicherheit in der Medizin, sollen aber auch ökonomische Aspekte berücksichtigen. Die "Leitlinien" sind für Ärzte rechtlich nicht bindend und haben daher weder haftungsbegründende noch haftungsbefreiende Wirkung.

Die AWMF erfasst und publiziert die Leitlinien der Fachgesellschaften mit größtmöglicher Sorgfalt - dennoch kann die AWMF für die Richtigkeit des Inhalts keine Verantwortung übernehmen. **Insbesondere bei Dosierungsangaben sind stets die Angaben der Hersteller zu beachten!**

© Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin
Autorisiert für elektronische Publikation: AWMF online