

Arbeiten in kalter Umgebung

Bewertung und Maßnahmensetzung
Zusammenfassende und ergänzende Bemerkungen



Impressum

MedieninhaberIn, VerlegerIn und HerausgeberIn:
Bundesministerium für Arbeit (BMA)
Sektion II - Arbeitsrecht und Zentral-Arbeitsinspektorat
Titelbild: © Fotolia
Favoritenstraße 7, 1040 Wien
arbeitsinspektion.gv.at
Wien Jänner 2016

Inhalt

1 Allgemeines - Grundlagen	5
2 Kältearbeit - Regeln der Technik	6
2.1 ÖNORM EN ISO 15743 – Risikobewertung und Risikomanagement hinsichtlich der Kälte	6
2.2 ÖNORM EN ISO 11079 - Erforderliche Isolation der Bekleidung - IREQ	11
3 Beispiele	17
4 DIN 33403-5 – Kältearbeit in Innenräumen	19
5 Zusätzliche Normen	21

1 Allgemeines - Grundlagen

Arbeiten in kalter Umgebung sind Arbeiten unter Bedingungen, die unangenehme Empfindungen der Kühle oder Kälte hervorrufen. Nach dem Stand der Technik beginnt Kältearbeit, je nach herangezogener Norm, im Bereich von +15 °C bis +10 °C. Die geringfügigen Unterschiede im Stand der Technik ergeben sich daraus, wie körperliche Belastung und „übliche“ Kleidung berücksichtigt werden.

Bei längerdauernder Kälteeinwirkung können gesundheitliche Schäden entstehen. Um dies zu verhindern, beinhalten die Arbeitsschutzbestimmungen, insbesondere das ArbeitnehmerInnenschutzgesetz (ASchG), die Arbeitsstättenverordnung (AStV) und die Bauarbeiterschutzverordnung (BauV), besondere Regelungen zur sicheren Arbeit unter Einwirkung physikalischer Belastungen.

Gemäß § 66 Abs. 1 ASchG sowie § 17 Abs. 3 BauV haben Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber unter Berücksichtigung des Standes der Technik die Arbeitsvorgänge und Arbeitsplätze so zu gestalten und alle geeigneten Maßnahmen zu treffen, dass das Ausmaß von physikalischen Einwirkungen auf den menschlichen Körper, möglichst geringgehalten wird. Zusätzlich sind die im § 7 ASchG festgelegten Grundsätze der Gefahrenverhütung einzuhalten, insbesondere ist der Vorrang des kollektiven Gefahrenschutzes vor dem individuellen Gefahrenschutz zu beachten. Im Sinne des „TOP-Prinzips“ - zuerst technische, dann organisatorische und zuletzt personenbezogene Maßnahmensetzung - wäre natürlich die effektivste Maßnahme, keine Arbeiten in kalter Umgebung durchführen zu müssen. Es gibt jedoch Arbeitsplätze, bei denen es aus technischen Gründen nicht möglich ist, die Arbeitsräume auf die geforderten Temperaturen (z.B. gem. § 28 AStV je nach körperlicher Belastung zwischen 12°C und 25°C) zu erwärmen, wie bei Arbeiten in Kälte- und Kühlräumen.

Lassen sich gesundheitsgefährdende oder sonstige besondere Belastungen nicht durch andere Maßnahmen vermeiden oder auf ein vertretbares Ausmaß reduzieren, so ist eine Verringerung der Belastungen durch geeignete organisatorische Maßnahmen zu gewährleisten. Dazu zählen unter anderem die Beschränkung der Beschäftigungsdauer, Arbeitsunterbrechungen (Pausen) oder die Einhaltung von Erholzeiten (§ 66 Abs. 3 ASchG).

Besonders bei Arbeitsplätzen im Freien, die nicht der Regelung der Arbeitsstättenverordnung unterliegen, wie bei auswärtigen Arbeitsstellen und auf Baustellen, sind Arbeiten in kalter Umgebung meist nur mehr mit persönlicher Schutzausrüstung, d. h. Kälteschutzkleidung gem. § 16 Abs. 1 und Abs. 2 Z 9 der Verordnung Persönliche Schutzausrüstung (PSA-V) und einer entsprechenden Pausengestaltung als Maßnahme zum Schutz der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer möglich.

2 Kältearbeit - Regeln der Technik

Die aktuellen **Regeln der Technik** zu Arbeiten in kalter Umgebung werden im Folgenden näher erläutert: Für Arbeiten in kalter Umgebung mit zusätzlichen Einflussfaktoren, wie Wind, Nässe und/oder Kontakt mit kalten Oberflächen wird in der Literatur auf verschiedene Regeln der Technik (Normen) verwiesen. Unter anderem sind zwei dieser Normen, die sowohl für Arbeiten in Innenräumen als auch für Arbeiten im Freien gelten und die die Grundlage für den Erlass „Bewertung von Arbeiten in kalter Umgebung; Maßnahmensetzung“ bilden, vorrangig zu nennen:

ÖNORM EN ISO 15743

- Ergonomie der thermischen Umgebung – Arbeitsplätze in der Kälte – Risikobewertung und Management (Ausgabe: 2008-11-01)

ÖNORM EN ISO 11079

- Ergonomie der thermischen Umgebung – Bestimmung und Interpretation der Kältebelastung bei Verwendung der erforderlichen Isolation der Bekleidung (IREQ) und lokalen Kühlwirkungen (Ausgabe: 2008-04-01)

Die immer wieder in verschiedenen Merkblättern zitierte DIN 33403-5: „Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung – Teil 5: Gestaltung von Kältearbeitsplätzen (Ausgabe 1997)“ ist für Innenräume mit bestimmten Randbedingungen weiterhin als Regel der Technik anzusehen.

Es wird darauf hingewiesen, dass die in der Norm **DIN 33403-5** angeführten erforderlichen minimalen Grundisolationenwerte für die Bekleidung auch mit der nachfolgenden Beurteilungsmethode verifiziert werden können.

2.1 ÖNORM EN ISO 15743 – Risikobewertung und Risikomanagement hinsichtlich der Kälte

Zur Beurteilung von Arbeitsplätzen in kalter Umgebung sollte schon im Rahmen der Planung bzw. der Arbeitsvorbereitung eine Risikobewertung vorgenommen werden. In der ÖNORM EN ISO 15743 - Risikobewertung hinsichtlich Kälte - sind entsprechende Anleitungen und Prüflisten angeführt. Die Analyse der mit Kälte verbundenen Probleme bezieht sich auf Kaltluft bzw. Wind (Windkühltemperatur), kalte Oberflächen (ÖNORM EN ISO 13732-3), Kontakt mit Wasser oder feuchten Materialien, Schutzkleidung gegen Kälte

(ÖNORM EN ISO 11079) und persönliche Schutzausrüstung (PSA) für Hände (ÖNORM EN 511) sowie Füße und Kopf. Im Anhang C der Norm wird eine Anleitung zum Planen und Gestalten von Arbeit in der Kälte informativ angeführt. Hierbei werden das Erkennen und Bewerten von Kälterisiken am Arbeitsplatz, organisatorische und technische Vorbeugemaßnahmen sowie mögliche Schutzkleidung und persönliche Schutzausrüstung bis hin zur Schulung und Information beschrieben. Risikobewertung und Management hinsichtlich Kälte.

Die ÖNORM EN ISO 15743 beschreibt für die Bewertung und das Management für Risiken von Arbeitsplätzen in kalter Umgebung eine 3 stufige Strategie:

Stufe 1: Beobachtung - Zusammentragen qualitativer Informationen (gem. Anhang A der Norm)

Stufe 2: Analyse - Quantifizieren, Analysieren und Abschätzen der mit Kälte verbundenen Auswirkungen (gem. Anhang B der Norm)

Stufe 3: Expertise - komplexe wärmetechnische Arbeitsumstände bzw. hoch entwickelte oder spezielle Messungen

Risikobewertung

Die entsprechende Vorgangsweise zeigt das nachfolgende Flussdiagramm (ÖNORM EN ISO 15743):

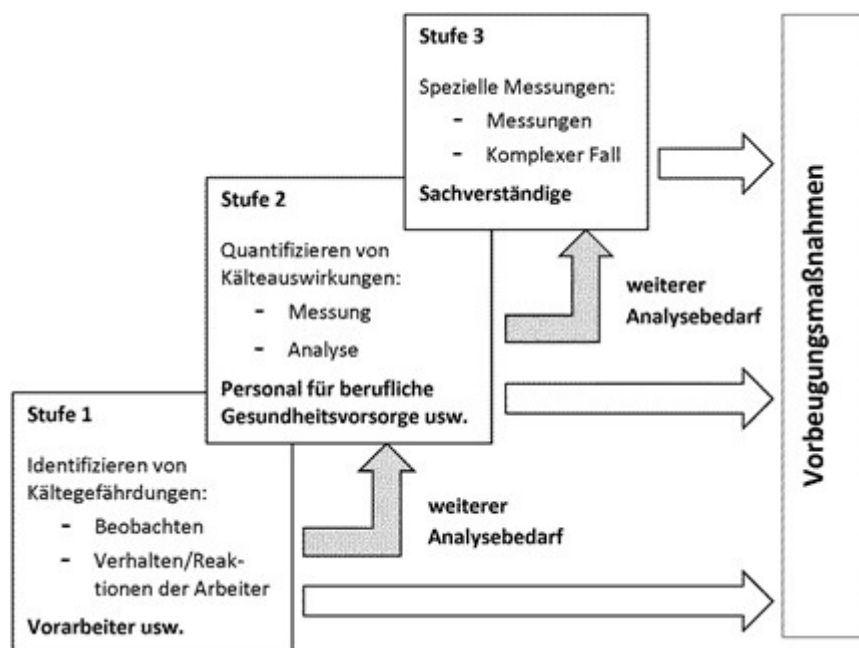


Bild 1: Modell für die Risikobewertung hinsichtlich Kälte

Erläuterungen ¹ (ÖNORM EN ISO 15743 Seite 7 und 8)

- In Stufe 1 (Beobachtung) werden mögliche mit Kälte verbundene Gefährdungen bei der Arbeit erkannt. Für die Bewertung der mit Kälte verbundenen Gefährdungen sollte ein Beobachtungsverfahren angewendet werden (siehe Anhang

A - Prüflisten). Das Verfahren erfordert keine umfassende Schulung und kann von vertrauten Personen am Arbeitsplatz mit geringem zeitlichem Aufwand durchgeführt werden. Empfohlen wird, dass z. B. Vorarbeiterin/Vorarbeiter, Sicherheitsfachkräfte oder Arbeitnehmerinnen/Arbeitnehmer die Beobachtung vornehmen sollen.

- **Die Stufe 2** (Analyse) dient dem Quantifizieren, Analysieren und Abschätzen der mit Kälte verbundenen Auswirkungen, die in der Stufe 1 beobachtet und als problematisch betrachtet wurden.

Die wesentlichen Aktivitäten in dieser Stufe sind:

- Abarbeiten der Prüfliste von Stufe 1;
- Fokussieren auf erkannte Probleme;
- Herausfinden direkter, kostengünstiger Lösungen, und
- Entscheidung treffen über mögliche Notwendigkeit einer Bewertung durch Spezialistinnen/Spezialisten.

Es ist wichtig, anzumerken, dass diese Stufe der Risikobewertung hinsichtlich Kälte keine spezifischen Messgeräte oder eine zu komplexe Analyse erfordern sollte. Die Bewertungen schließen einfache Messungen und die Verwendung von Tabellenwerten und Werten für die Kriterien ein (Tabellen und Diagramme siehe Anhang B der Norm).

- **Stufe 3** (Expertise) dient dem Quantifizieren, Analysieren und Abschätzen von Kälterisiken. Dabei werden sehr komplexe wärmetechnische Arbeitsumstände behandelt, und es sind hoch entwickelte oder spezielle Messungen erforderlich. Diese Stufe sollte von denselben Personen, die auch bei der Stufe 2 einbezogen waren, mit zusätzlicher Unterstützung von hoch spezialisierten Sachverständigen vorgenommen werden. Die Dauer einer einzelnen Bewertung beträgt einen Tag oder erforderlichenfalls mehr. Die Bewertung zielt auf die Lösung der Probleme, die in den Stufen 1 und/oder 2 ermittelt wurden.

Risikomanagement

Um den Schutz und die Gesundheit für Arbeitnehmer/innen zu gewährleisten, sind entsprechende vorbeugende Maßnahmen zu treffen. In der ÖNORM EN ISO 15743 Anhang C werden diese unter dem Titel „Risikomanagement hinsichtlich Kälte am Arbeitsplatz“ zusammengefasst. Dabei wären u. a. folgende Maßnahmen zu beachten:

1. Organisatorische Vorbeugemaßnahmen

- In der Planungsphase:
 - Prüfung der Möglichkeit zur Verlegung der Arbeiten in eine wärmere Jahreszeit;
 - Überprüfen, ob die Arbeit in Innenräumen vorgefertigt werden kann;
 - Längere Dauer für jede Aufgabe berücksichtigen, da die Arbeit in der Kälte und mit Schutzkleidung mehr Zeit erfordert;

- Zum Erholen/Aufwärmen sind beheizte Räume oder beheizte Unterkünfte zur Verfügung zu stellen;
- Um auf die Bedingungen in der kalten Umgebung reagieren zu können, sind zusätzlicher Arbeitskräfte zum Verkürzen und/oder Vermindern der Exposition bereitzustellen.
- Trennen von Arbeitnehmerinnen/Arbeitnehmer und Waren/Gütern.
- Schulung des Personals zu komplexen Arbeitsaufgaben und die Kenntnisse und Kompetenz nachprüfen;
- Vor jeder Arbeitsschicht:
 - Zu Beginn der Arbeit sind die klimatischen Bedingungen festzustellen und Kontrollstationen im Freien einrichten;
 - Angemessener Arbeitspausen sind zeitlich festzulegen;
 - Berücksichtigung der Arbeitsintensität und -bekleidung;
 - Im Freien ist ein funktionierendes Kommunikationssystem zu organisieren.
- In der Ausführungsphase:
 - Pausen und Ruheperioden in einer beheizten Unterkunft vorsehen und die Möglichkeit zur Einnahme entsprechender Heißgetränken und Essen anbieten;
 - Sorgen für die Flexibilität hinsichtlich Arbeitsintensität und -dauer;
 - Bereitstellen von Kleidungsstücken zum Wechseln (Socken, Handschuhe usw.) und zusätzliche Kleidung falls dies erforderlich ist;
 - Nach starken Expositionen im Freien ist für ausreichend Erholungs-/Aufwärmzeit zu sorgen.

2. Technische Vorbeugemaßnahmen

(Geräte, Maschinen, Werkzeuge, Beleuchtung, rutschige Oberflächen, etc.)

- Werkzeuge auswählen, die für Kältebedingungen hergestellt sind. Die Durchführung von Reparatur und Wartungsarbeiten soll in Innenräumen erfolgen.
- Verwendung von Treppen und Leitern, die für Kältebedingungen vorgesehen und geprüft wurden. Der feste Bodenkontakt ist zu überprüfen.
- Der Wärmeverlust durch Kontakt mit kalten Gegenständen, Luftbewegung und nasser Umgebung ist zu minimieren.
- Rutschige Oberflächen durch die Materialauswahl reduzieren und die Bildung vereister Oberflächen verhindern. Es ist gegebenenfalls eine Kennzeichnung und Warnschilder bei rutschigen Oberflächen anbringen.
- Für ausreichende Beleuchtung ist zu sorgen bzw. störende Effekte, wie Schatten, Spiegelungen und direkte Einstrahlung sind zu vermeiden.

3. Schutzkleidung und PSA

(Bekleidung, Handschuhe, Fußbekleidung, Kopfschutz, Gesichts- und Atemschutz)

- Es wäre Kleidung auszuwählen, mit der schon gute Erfahrungen gemacht wurden. Im Fall neuer Bekleidung sind geprüfte Kleidungsstücke auszuwählen. Der Isolationsgrad ist entsprechend den Klimafaktoren und dem Aktivitätsniveau (siehe ISO

11079:2007, Anhang B) anzupassen. Für die optimale Funktion und Anpassungsfähigkeit der Bekleidung ist eine mehrlagige Bekleidung zu tragen. Reißverschlüsse und andere Verschlussvorrichtungen müssen auch bei Schnee und windigen Bedingungen mit kalten, schwerfälligen Händen funktionieren.

- Fausthandschuhe bieten die beste Wärmeisolation. Erforderlichenfalls können dünne Innenhandschuhe („eng anliegende Handschuhe“) getragen werden. Es sind lediglich trockene Handschuhe zu tragen.
- Auszuwählen sind Stiefel/Arbeitsschuhe mit guter Wärmeisolation, insbesondere der Sohlen, mit ausreichendem Freiraum für die Zehen und guten Antirutsch-Eigenschaften. Die Socken sind trocken zu halten und erforderlichenfalls zu wechseln.
- Es ist eine anpassbare und windundurchlässige Kopfbedeckung auszuwählen. Es ist darauf zu achten, dass der Helm und andere persönliche Schutzausrüstungen zur Kopfbedeckung passen.
- Der Gesichtsschutz ist bei windigen Bedingungen, sowie ein Atemschutz mit Wärme- und Feuchtigkeitsaustauschern bei schwerer körperlicher Arbeit unter sehr kalten Bedingungen nützlich.

4. Unterweisung und Information in Hinsicht auf Kälteschädigungen

- Es sind Kenntnisse und Informationen über spezielle Probleme in der Kälte zu vermitteln, es ist eine Schulung vorzusehen - insbesondere für komplexe Aufgaben -, und es sind Informationen und Schulungen in erster Hilfe und zur Behandlung von Kälteschädigungen vorzusehen.

Auf Grund der Risikobewertung und dem Risikomanagement für Kältarbeiten sind entsprechende Maßnahmen zur Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmerinnen/Arbeitnehmer zu treffen. Wenn die Arbeitsplatzevaluierung ergibt, dass nur persönliche Schutzausrüstung (PSA) einen wirkungsvollen Schutz vor der kalten Umgebung gewährleistet, ist entsprechend der Verordnung über persönliche Schutzausrüstung (PSA-V) Kälteschutzkleidung auszuwählen. Dies bedeutet, dass die Bekleidung die erforderliche Isolation aufweist und entsprechend der ÖNORM EN 342 geprüft und gekennzeichnet wurde. Für die Bestimmung der erforderlichen Isolation der Bekleidung aber auch für die mögliche Dauer einer Exposition in der kalten Umgebung bzw. für die Erholungsdauer nach einer Exposition der Arbeitnehmerinnen/Arbeitnehmern, bietet die ÖNORM EN ISO 11079 entsprechende Methoden an.

2.2 ÖNORM EN ISO 11079 - Erforderliche Isolation der Bekleidung - IREQ

„Ergonomie der thermischen Umgebung – Bestimmung und Interpretation der Kältebelastung bei Verwendung der erforderlichen Isolation der Bekleidung (IREQ) und lokalen Kühlwirkungen“ (Ausgabe: 2008-04-01).

Durch eine geeignete Auswahl der Bekleidung kann der Mensch den Körperwärmeverlust häufig kontrollieren und regulieren, um so eine Änderung des Umgebungsklimas auszugleichen. Dieses Verfahren der Bestimmung und Interpretation der Kältebelastung beruht daher auf der Bewertung der Bekleidungsisolation, die erforderlich ist, um die Wärmebilanz des Körpers im Gleichgewicht zu halten. Grundsätze des Bewertungsverfahrens sind die

- Allgemeine Abkühlung, eine Beurteilung der erforderlichen Isolation der Bekleidung zur Aufrechterhaltung des thermischen Gleichgewichts (IREQ) im Verhältnis zur getragenen oder vorgesehenen Isolation der Bekleidungskombination I_{cl} , r , und die
- Lokale Abkühlung, wobei unterschieden wird in
 - konvektive Abkühlung (Abkühlung durch den Wind)
 - konduktive Abkühlung (Abkühlung durch Kontakt mit kalten Oberflächen)
 - Abkühlung der Extremitäten (Hand, Fuß, Kopf)
 - Abkühlung der Atemwege (Einatmen kalter Luft)

Ablaufschema zur Bewertung der Kälteumgebung:

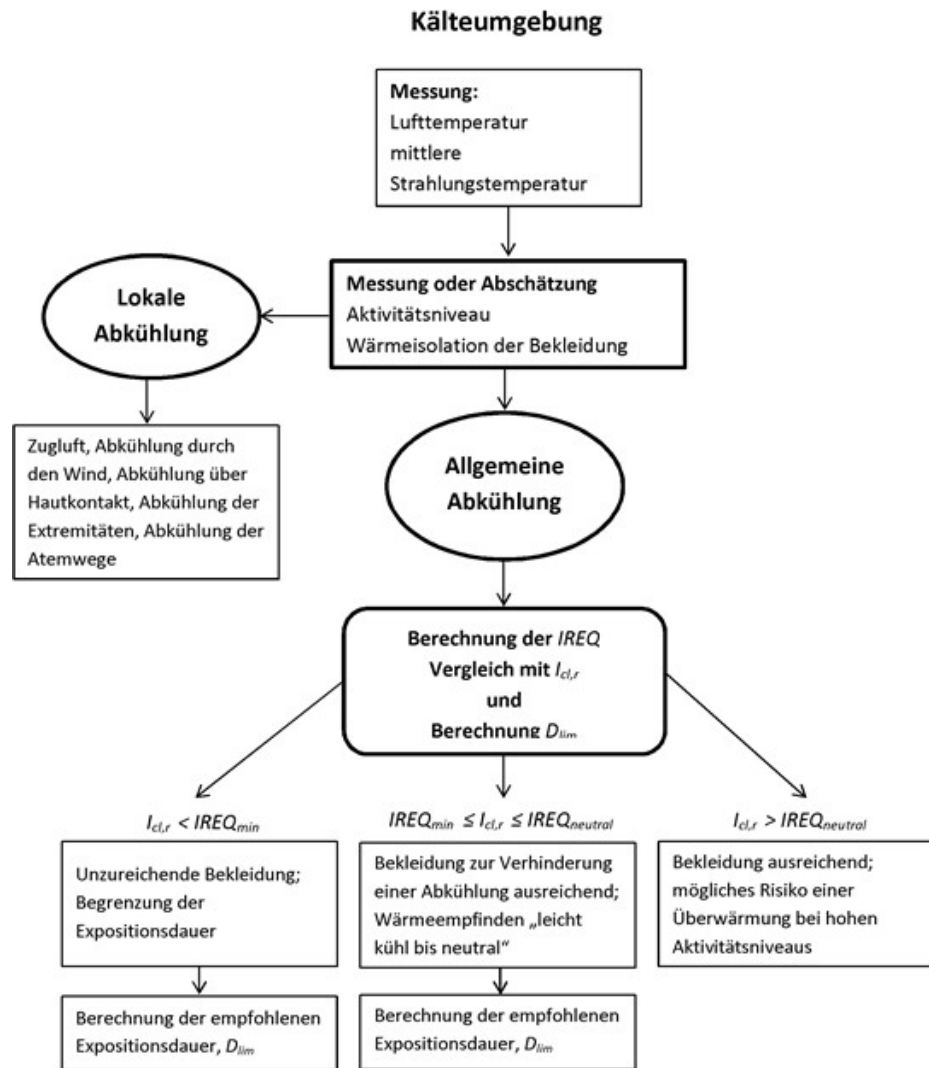


Bild 2: Verfahrensweise bei der Bewertung von Kälteumgebungen

Allgemeine Abkühlung

Der Wert „IREQ“ (isolation required equivalent) ist ein, unter den tatsächlichen vorherrschenden Umgebungs- und Randbedingungen und unter Beachtung der bereits am Körper getragenen Kleidung, errechneter Wert. Die Berechnung wird in der Norm EN ISO 11079 sehr detailliert beschrieben, wobei die entsprechenden Einflussfaktoren zu berücksichtigen sind.

Mögliche Einflussfaktoren:

- Körperoberfläche des Mannes/der Frau
- Luftdurchlässigkeit der Kleidung
- konvektiver Wärmefluss (Austausch)
- latente Verdampfungswärme von Wasser
- Wärmefluss durch Konvektion bei der Atmung (Verlust),

- Wärmeaustausch durch Verdunstung über die Haut
- konduktiver Wärmefluss (Austausch)
- körpereigener Energieumsatz
- Lufttemperatur
- Oberflächentemperatur der Bekleidung
- Strahlungstemperatur
- Windgeschwindigkeit, gemessen 10 m über dem Boden
- Luftgeschwindigkeit
- Gehgeschwindigkeit

um einige zu nennen.

Daher erfolgt die Berechnung der erforderlichen Isolation der Bekleidung durch ein Computerprogramm. Dieses Programm kann unter http://www.eat.lth.se/fileadmin/eat/Termisk_miljoe/IREQ2009ver4_2.html abgerufen werden.

Die Eingabeparameter für das Programm sind:

- Körpereigener Energieumsatz **M** in W/m^2 (ÖNORM EN ISO 8996)
- Mechanische Nutzleistung **W** in W/m^2 sehr klein und kann vernachlässigt werden (ÖNORM EN ISO 8996)
- Lufttemperatur **T_a** in $^{\circ}\text{C}$
- Strahlungstemperatur **T_r** in $^{\circ}\text{C}$ (meist ähnlich der Lufttemperatur)
- Luftdurchlässigkeit der Kleidung **p** in $\text{l/m}^2\text{s}$ (ÖNORM EN ISO 9920:2009)
- Gehgeschwindigkeit **w** in m/s
- Windgeschwindigkeit **v** in m/s
- Relative Luftfeuchtigkeit **rh** in %
- Isolation der getragenen Kleidung **I_{cl}**, **r** in clo (ÖNORM EN ISO 9920:2009)
- 1 clo = $0,155 \text{ m}^2\text{K/W}$

Das Ergebnis der Berechnung sind die Werte IREQ_{min}, IREQ_{neutral} und die erforderliche Isolation der Bekleidung $I_{cl_{min}}$, $I_{cl_{neutral}}$ nach ÖNORM EN ISO 9920 sowie die zulässige Expositionsdauer (DLE).

Der berechnete Wert IREQ ermöglicht dann folgende Interpretation:

- **IREQ_{min}** definiert die Mindest-Wärmeisolation, die zur Aufrechterhaltung des thermischen Gleichgewichts des Körpers.
- **IREQ_{neutral}** ist definiert als die Wärmeisolation, die erforderlich ist, um Bedingungen der thermischen Neutralität einzustellen, d. h. das thermische Gleichgewicht bei normaler mittlerer Körpertemperatur aufrechtzuerhalten.
- **Kälteindex:** Je größer die Kühlleistung durch die Umgebung ist, desto höher ist der Wert für IREQ bei einem gegebenen Aktivitätsniveau.
- **Planung der Arbeit:** Jeder der Parameter in der Gleichung der Wärmebilanz kann geändert werden, und der berechnete Wert der IREQ zeigt die relative Bedeutung des jeweiligen Faktors an.

Expositionsdauer D_{lim} und Erholungszeit D_{rec}

- Expositionsdauer D_{lim}
Wenn der Isolationswert für eine ausgewählte oder getragene Bekleidungskombination unterhalb der berechneten erforderlichen Isolation (IREQ) liegt, muss die Exposition zeitlich begrenzt werden, um ein fortschreitende Abkühlung des Körpers zu verhindern. Die zulässige Expositionsdauer (D_{lim}) für Kälteumgebungen ist definiert als empfohlene maximale Dauer der Exposition mit der vorhandenen oder ausgewählten Bekleidung.
- Erholungszeit D_{rec}
Nach einer Exposition mit Körperabkühlung muss durch eine Erholungsphase ermöglicht werden, dass sich das normale thermische Gleichgewicht des Körpers wieder einstellt. Die Erholungszeit (D_{rec}) wird in der gleichen Weise berechnet wie D_{lim} , indem die „Kältebedingungen“ durch die Expositionsbedingungen während der Erholungsphase ersetzt werden.

Lokale Abkühlung

Allgemeines:

Lokale Abkühlung eines beliebigen Körperteils, insbesondere Hände, Füße und Kopf, kann Unbehaglichkeit, eine Verschlechterung der manuellen und physischen Leistungsfähigkeit und Kälteschäden hervorrufen!

Derzeit gibt es für die lokale Abkühlung kein einzelnes Bewertungsverfahren, es werden daher mehrere Herangehensweisen beschrieben.

Konvektive Abkühlung:

Die Kombination von niedriger Temperatur und Wind beschleunigt den Wärmeverlust an warmen Oberflächen. Dementsprechend können sich ungeschützte Körperteile wie Gesicht und gelegentlich die Hände sehr schnell abkühlen.

Die Windkühl-Temperatur, T_{wc} , ist eine Temperatur, die eine Kühlwirkung auf der Haut beschreibt. Diese kann anhand von Tabellen abgelesen werden (ÖNORM EN 11079 Anhang D) oder in Abhängigkeit von Windgeschwindigkeit v_{10} und der Außentemperatur t_a berechnet werden.

$$(T_{wc} = 13,12 + 0,6215 \cdot t_a - 11,37 \cdot v_{10}^{0,16} + 0,3965 \cdot t_a \cdot v_{10}^{0,16})$$

- z. B. Auswirkung der Windkühl-Temperatur auf die Haut:

Risikoklasse	$t_{wc}^{\circ C}$	Wirkung
1	-10 bis -24	unangenehm kalt
2	-25 bis -34	sehr kalt, Risiko des Erfrierens der Haut
3	-35 bis -59	bitterkalt, frei liegende Haut kann in 10 min. frieren
4	-60 bis -kälter	extrem kalt, frei liegende Haut kann innerhalb von 2 min. frieren

Bild 3: Windkühl-Temperatur (t_{wc}) und Dauer bis zum Erfrieren der frei liegenden Haut

Konduktive Abkühlung: Wärmeaustausch durch Kontakt mit kalten Oberflächen

- Der Kontakt mit kalten Oberflächen erzeugt einen unmittelbaren Wärmeaustausch zwischen der warmen Haut und der kalten Oberfläche. Das Risiko des Eintretens einer unangenehmen Gewebeabkühlung oder, schlimmstenfalls, einer lokalen Kälteschädigung muss nach ÖNORM EN ISO 13732-3 „Ergonomie der thermischen Umgebung – Bewertungsverfahren für menschliche Reaktionen bei Kontakt mit Oberflächen - Teil 3: Kalte Oberflächen“ beurteilt werden.
- Prinzipien der Risikobewertung sind:
- Identifizierung kalter Oberflächen
- Beobachtung und Analyse der Arbeitsaufgabe (z.B. Art der Berührung – gewollt oder ungewollt, usw.)
- Einstufen des Kontaktes mit der kalten Oberfläche
- Berühren mit den Fingern bzw. Greifen mit der Hand
- Messen der Oberflächentemperatur
- Kontaktdauer
- Einstufung der Art der Auswirkungen auf die Haut während des Kontaktes
- Kritische Kontakttemperaturen (Schmerz 15°C, Taubheitsgefühl 7°C, Erfrierung 0°C)

Abkühlung der Extremitäten: ungewollte lokale Abkühlung der Hände, Finger und Zehen

- Die Abkühlung der Extremitäten wird durch Anlegen angemessener Schutzbekleidung, z.B. wärmeisolierender Hand- und Fußbekleidung, verhindert oder verringert. Zur Bestimmung der Wärmeisolation von Handschuhen sind die in EN 511 angegebenen Prüfverfahren anzuwenden. Die erforderliche Isolation für verschiedene Tragebedingungen ist ebenfalls in ÖNORM EN 511 angegeben.
- Die Abkühlung der Extremitäten wird über die Hauttemperatur an den Fingern bewertet.
- ÖNORM EN 511: Schutzhandschuhe gegen Kälte:
 - legt die Anforderungen und Prüfverfahren für Schutzhandschuhe gegen konvektive Kälte oder Kontaktkälte bis -50 °C fest.

Abkühlung der Atemwege:

- Das Einatmen von Luft mit niedriger Temperatur kühlt die Schleimhäute der Atemwegswände aus und kann für das Gewebe schädlich sein. Die Abkühlung ist stärker, wenn das Atemvolumen groß ist (z.B. bei starker körperlicher Aktivität)
- Die Abkühlung der Atemwege wird als die niedrigste für das Einatmen empfohlene Lufttemperatur bewertet.
- Bei Temperaturen unter -15 °C wird für hohe Aktivitätsniveaus (mit erhöhtem Atemvolumen) ein Atemschutz empfohlen.
- Für Temperaturen unter -30 °C wird der Atemschutz ausdrücklich empfohlen.

3 Beispiele

Beispielhaft wird eine Berechnung der erforderlichen Bekleidung und der Expositionsdauer mit dem Computerprogramm „IREQver4_2“ für eine Arbeitnehmerin/einen Arbeitnehmer mit folgenden Arbeits- und Umgebungsbedingungen angeführt.

Eingabeparameter:

- Energieumsatz **M**: **160 W/m²** Tätigkeit: Schalungsarbeiten
- Außentemperatur **Ta**: **-5°C**
- Strahlungstemperatur **Tr**: **-5°C** (liegt nahe der Außentemperatur)
- Relative Windgeschwindigkeit **v**: **2 m/s** (= 7 km/h)
- Windgeschwindigkeit „arbeitsbedingt“ **w**: **0,3 m/s** („Gehgeschwindigkeit“)
- Relative Luftfeuchtigkeit **rh**: **50 %**
- Getragene Bekleidung: (ÖNORM EN ISO 9920 Tabelle A.3 – Isolationswerte für verschiedene Bekleidungskombinationen – Arbeitskleidung) Bekleidungskombination Nr. 123: Unterhose ohne Beinansatz, Unterhemd, T-Shirt- Form, Hemd, anliegende, Hose, Gürtel, Arbeitsjacke, Arbeitshose, Socken wadenlang, Schuhe - **lcl**: **1,27 clo** (=0,197 m²K/W)
- Luftdurchlässigkeit **p**: **25 l/m²s** (frei gewählt)

Berechnungsergebnis:

- **IREQ_{min}**: 1,2 clo
- **IREQ_{neutral}**: 1,5 clo
- **Erforderliche Grundwärmeisolation**: 1,6 clo (minimal) - 2 clo (neutral) nach ÖNORM EN ISO 9920
- Zul. Expositionsdauer **D_{lim}**: 1,9 h – 0,8 h
- **Aufwärmzeit D_{rec}**: 1,6 h
 - (Aufenthaltsraum: 21°C, Sitzen (90 W/m²), Bekleidung 1,3 clo, Luftgeschwindigkeiten: Vorgabewerte, Luftdurchlässigkeit p: 25 l/m²s, relative Luftfeuchtigkeit 60 %

Weitere Beispiele

Eingabewerte					Berechnete Werte			
Lufttemp. = Strahlungstemp. $T_a = T_r$	Wind v	Luft-Feuchtigkeit rh	Körpereigener Energieumsatz M	Grund-Wärme Isolation getragene Kleidung I_{cl}	$IREQ_{neutral}$	erforderl. Grund-wärme-Isolation I_c für $D_{lim} = > 8 \text{ h}$	max. Expositions-dauer D_{lim} für getragene Kleidung	Wind – chill-Temperatur t_{wc}
[°C]	[m/s]	[%]	[W/m²]	[clo]	[clo]	[clo]	[h]	[°C]
0	0	60	115	1	1,9	2	0,6	0
0	10	60	115	1	2,2	4,5	0,2	-4
-5	2	50	160	1,3	1,5	2	0,8	-6
-5	4,2	50	160	1,3	1,6	2,5	0,4	-8
-10	7	45	180	2,5	1,7	3,2	1	-15
-10	7	45	250	2,5	1,2	2,1	>8	-15
-15	5,6	40	125	3,5	2,8	4,7	1,2	-21
-15	11,2	40	125	3,5	2,9	6,6	0,5	-21

Beispielvarianten: berechnet mit Internetprogramm „IREQver4_2“

Fixe Werte: mechanische Arbeit: $W = 0$; Luftdurchlässigkeit: $p = 25 \text{ l/m}^2\text{s}$; Gehgeschwindigkeit $w =$ Vorgabewert des Programmes

Spalte 4: Körpereigener Energieumsatz gemäß ÖNORM EN ISO 11079 Anhang C, Tabelle C.1 115 W/m^2 = geringer körpereigener Energieumsatz (z.B. Arbeiten mit der Hand)
 160 W/m^2 = mäßiger körpereigener Energieumsatz (z.B. anhaltende Arbeiten mit Hand und Armen)
 250 W/m^2 = hoher körpereigener Energieumsatz (z.B. Verlegen von Betonplatten)

Der körpereigene Energieumsatz bezieht sich auf den Durchschnitt von 60 min während einer Schicht mit stetiger Arbeit.

4 DIN 33403-5 – Kältearbeit in Innenräumen

Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung – Teil 5: Gestaltung von Kältearbeitsplätzen (Ausgabe 1997) Wie schon erwähnt gilt diese Norm nur bei bestimmten Randbedingungen und zwar gilt diese Norm **nicht** für:

- Arbeiten im Freien
- schwere körperliche Arbeiten in Räumen, in denen die Raumtemperatur mindestens 12°C beträgt
- gelegentliche Kurzzeitexposition von weniger als 15 min und wenn die gesamte tägliche Expositionszeit weniger als 1 h beträgt (Ausnahme: Arbeiten im tiefkalten Bereich bei Lufttemperaturen unter -30°C)
- witterungsbedingt niedrige Lufttemperaturen in Arbeitsräumen
- untertägige Betriebe, die der Bergaufsicht unterliegen

Kältebereiche

Die Norm definiert 5 Kältebereiche je nach Lufttemperatur in den Räumen, wobei eine mittlere Luftgeschwindigkeit von $0,2 \pm 0,1$ m/s nicht überschritten werden soll:

I	Kühler Bereich unter +15° bis +10°C	Lufttemperatur
II	Leicht kalter Bereich +10° bis -5°C	Lufttemperatur
III	Kalter Bereich -5° bis -18°C	Lufttemperatur
IV	Sehr kalter Bereich -18° bis -30°C	Lufttemperatur
V	Tiefkalter Bereich unter -30°C	Lufttemperatur

Entsprechend des Kältebereiches und eines mittleren Brutto-Energieumsatzes wird eine Mindestisolation der Bekleidung, eine maximale Aufenthaltsdauer und eine anschließende Mindestaufwärmzeit in Räumen mit 21°C, die trocken und zugluftfrei sein müssen (§ 36 AStV Aufenthalts- und Bereitschaftsräume) vorgegeben.

Kälteexpositions- und Aufwärmzeiten

Kältebereich	Lufttemperatur T (°C)	max. Aufenthaltsdauer ohne Unterbrechung (Min)	Mindestdauer der Aufwärmzeit (Min)
I Kühler Bereich	unter +15° bis +10°C	150	10
II Leicht kalter Bereich	+10° bis -5°C	150	10
III Kalter Bereich	-5° bis -18°C	90	15
IV Sehr kalter Bereich	-18° bis -30°	90	30
V Tiefkalter Bereich	unter -30°C	60	60

Eine in der Praxis häufig anwendbare ökonomische Form, den Menschen von der spezifischen Kältearbeit zu entlasten und eine ausgeglichene Wärmebilanz herbeizuführen, ist der zeitliche Wechsel mit anderen Arbeiten. Das können zum einen Arbeiten in weniger kalten bzw. neutralen Klimabereichen sein oder zum anderen Arbeiten mit höherem Energieumsatz². (² DIN 33403-5 - Pkt. 4.5 Seite 5)

Für Arbeiten in den Klimabereichen III bis V sind Einrichtungen zur Trocknung und Erwärmung der Kälteschutzkleidung, der Kälteschutzstiefel und Kälteschutzhandschuhe (z.B. Trockenschränke) erforderlich³. (³ DIN 33403-5 - Pkt. 4.6 Seite 5)

Um die Vergleichbarkeit der ÖNORM EN ISO 11079 (2008) mit der DIN 33403-5 (1997) aufzuzeigen, können die Werte in Tabelle 2 der der DIN 33403-5 „Minimal erforderliche Wärmeisolation für Arbeitskleidung I_{cl,min} in mit der ÖNORM EN ISO 11079 (2008) verifiziert.

Dazu wäre der mittlere Brutto – Energieumsatz M durch die Körperoberfläche zu dividieren, da bei der Berechnung des Wertes IREQ der Energieumsatz in W/m² einzugeben ist. Die Körperoberfläche ist nach DuBois mit der Formel:

$$\text{Körperoberfläche } A_{Du} = 0,007184 \times L^{0,725} \times M^{0,425}$$

zu berechnen, wobei L die Körpergröße in cm und M das Gewicht in kg ist. Zum Beispiel ergibt sich bei einer Körpergröße von 180 cm und einem Gewicht 80 kg eine Körperoberfläche von ~ 2,0 m².

5 Zusätzliche Normen

- **ÖNORM EN ISO 7726:2001**
„Umgebungsklima – Instrumente zur Messung physikalischer Größen“
- **ÖNORM EN ISO 8996:2005**
Ergonomie der thermischen Umgebung – Bestimmung des Energieumsatzes“
- **ÖNORM EN ISO 9920:2009**
„Ergonomie der thermischen Umgebung - Abschätzung der Wärmeisolation und des Verdunstungswiderstandes einer Bekleidungskombination“
- **ÖNORM EN 342:2008**
„Schutzbekleidung – Kleidungssysteme zum Schutz gegen Kälte“

