

# ARBEITSWISSENSCHAFTLICHE ERKENNTNISSE

## Forschungsergebnisse für die Praxis

### Ergonomische Gestaltung von Kältearbeitsplätzen

Gebhardt, H.; Müller, B. H.

#### Ergonomische Gestaltung von Kältearbeitsplätzen

##### Inhalt

<b>1</b>	<b>Kältearbeit</b>	4.2	Untersuchungen in mäßiger Kälte
<b>2</b>	<b>Wirkungen</b>	<b>5</b>	<b>Beurteilung von Kältebelastungen</b>
2.1	Physiologische Wirkungen	5.1	Index der Erforderlichen Bekleidungsisolierung (IREQ)
2.1.1	Kurzfristige Wirkungen	5.2	Anwendung innerhalb der DIN 33403, Teil 5
2.1.2	Längerfristige Wirkungen		
2.2	Psychologische Wirkungen		
<b>3</b>	<b>Einflussgrößen</b>	<b>6</b>	<b>Gestaltungsmaßnahmen</b>
3.1	Lufttemperatur	6.1	Arbeitsumgebung
3.2	Luftgeschwindigkeit	6.2	Arbeitsort und Arbeitsmittel
3.3	Wärmestrahlung	6.3	Organisatorische Maßnahmen
3.4	Energieumsatz	6.4	Persönliche Schutzmaßnahmen
3.5	Bekleidung		
<b>4</b>	<b>Aus physiologischen Untersuchungen im Kältebereich</b>	<b>7</b>	<b>Schrifttum</b>
4.1	Untersuchungen bei -30 °C	7.1	Vorschriften, Normen, Regelwerke
		7.2	Literatur

Ergebnisse aus den im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Sozialordnung, Bonn, und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund, durchgeführten Forschungsvorhaben, dargestellt in der Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin-Forschung- Fb 716 und Fb 845 von

Griefahn, B.

#### Arbeiten in mäßiger Kälte

Müller-Arnecke, H. W.; Hold, U.

#### Ergonomische Gestaltung von Kältearbeitsplätzen im Bereich 0 °C

Nachdruck und auszugsweise Wiedergabe nur mit ausdrücklicher vorheriger Zustimmung der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund, gestattet.

## 1 Kältearbeit

Kältearbeit bezeichnet Tätigkeiten, bei denen Arbeitnehmer kalten klimatischen Umgebungsbedingungen ausgesetzt sind. Entgegen Vorstellungen, die "Kälte" mit Eis oder etwa null °C verbinden, beginnt Kältearbeit für den Menschen bereits weit im Plusbereich der Lufttemperatur (HAHNE, 1997). DIN 33403, Teil 5 (1996) teilt anhand der Lufttemperatur als ordnende Leitgröße Kältearbeitsplätze in 5 Kältebereiche von "kühl" bis "tiefkalt" ein (**Abb. 1.1**), dies auch im Sinne der Zuordnung zielgerichteter Maßnahmen des Arbeits- und Gesundheitsschutzes. Der Anwendungsbereich dieser Norm umfasst Kältearbeitsplätze mit regelmäßig wiederkehrenden Tätigkeiten in Arbeitsräumen, in denen technologisch bedingt eine Lufttemperatur von +15 °C und niedriger (bis unter -50 °C) besteht.

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

**Abb. 1.1: Kältebereiche nach DIN 33403, Teil 5 (1996)**

MÜLLER-ARNECKE et al. (1999) fassten Hochrechnungen hinsichtlich der Anzahl von Kältearbeitsplätze (INFAS (1980), GRIEFAHN (1995), HAHNE (1997)) zu der in Tab. 1.1 wiedergegebenen tabellarischen Übersicht zusammen.

Typisierung	Anzahl
Gesamtzahl der Kältearbeitsplätze im Innenbereich und im Freien	ca. 1.000.000
davon im Innenbereich bei Temperaturen im Bereich +15 °C bis -5 °C	ca. 300.000
im Innenbereich bei Temperaturen im Bereich -10 °C bis -25 °C	ca. 1.200
im Innenbereich bei Temperaturen im Bereich -26 °C bis -31 °C	ca. 1.000
im Innenbereich bei Temperaturen im Bereich unter -30 °C	ca. 300

**Tab. 1.1: Anzahl von Kältearbeitsplätzen in Deutschland (nach MÜLLER-ARNECKE et. al. (1999))**

Der größte Teil - etwa 700.000 - bilden danach Arbeitsplätze, bei denen die Tätigkeiten überwiegend im Freien durchgeführt werden. Saisonal und durch meteorologische Einwirkungen bedingt, sind hier an einer Vielzahl von Arbeitstagen Temperaturen von 15 °C und geringer anzutreffen. Davon betroffen sind vor allem die Forst- und Landwirtschaft, das Baugewerbe sowie der Landschafts- und Gartenbau. Im Innenbereich ist insbesondere im Bereich der Nahrungs- und Genussmittelindustrie (90%-95%) aufgrund der durch die Produkte bedingten Anforderungen an Verarbeitung, Lagerung und Transport bei Temperaturen unterhalb von 15 °C betroffen. Die weitaus größte Zahl von Kältearbeitsplätzen - ca. 300.000 - ist hier dem Bereich von +15 °C bis -5 °C, also dem kühlen bis leicht kalten Bereich (**Abb. 1.1**) zuzuordnen. Schätzungen (GRIEFAHN (1995)) geben die Anzahl der Arbeitsplätze im Innenbereich mit Lufttemperaturen von -10 °C und kälter mit etwa 2.500 an, wobei die Anzahl mit geringer werdender Lufttemperatur abnimmt (**Tab. 1.1**).

Die Arbeitsstättenverordnung fordert in § 6 (Raumtemperaturen), dass "in den Arbeitsräumen während der Arbeitszeit eine unter Berücksichtigung der Arbeitsverfahren und der körperlichen Beanspruchung der Arbeitnehmer gesundheitlich zuträgliche Raumtemperatur vorhanden sein muss". Diese Forderung wird in der korrespondierenden Arbeitsstättenrichtlinie ASR 6/1,3 durch die in **Tab. 1.2** wiedergegebenen Mindest-Raumtemperaturen konkretisiert.

Körperliche Beanspruchung	Mindest-Raumtemperatur
überwiegend nicht-sitzende Tätigkeit	+19 °C
überwiegend sitzende Tätigkeit	+17 °C
schwere körperliche Arbeit	+12 °C
Tätigkeit in Büroräumen	+20 °C
Tätigkeit in Verkaufsräumen	+19 °C

**Tab. 1.2: Mindest-Raumtemperaturen nach ASR 6/1,3 (1984)**

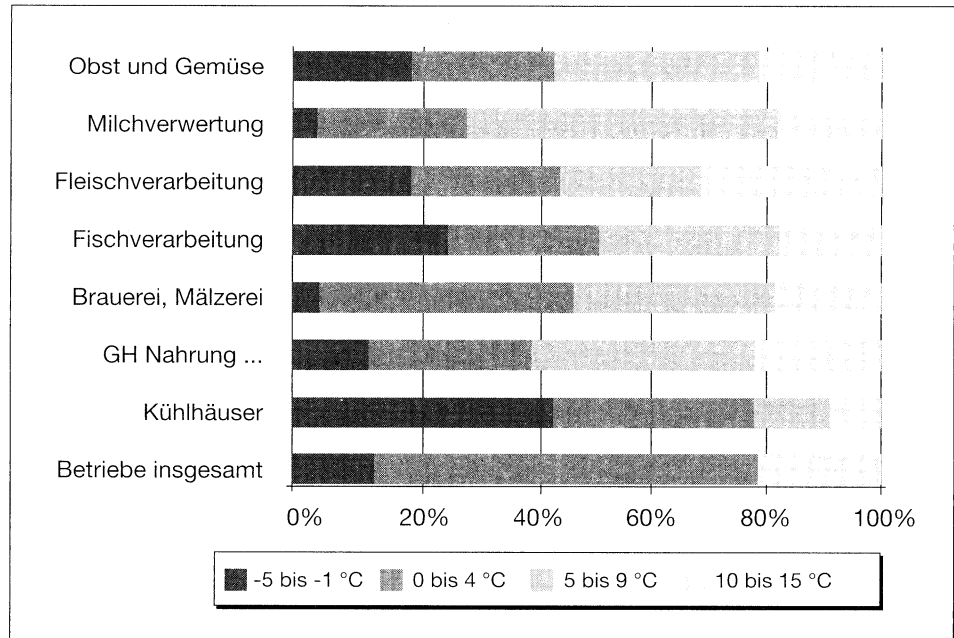
Diese Mindest-Raumtemperaturen sollen bei Arbeitsbeginn erreicht werden und "gelten auch für Bereiche von Arbeitsplätzen in Lager-, Maschinen- und Nebenräumen" (ArbStättV § 6).

Die geforderten Mindest-Raumtemperaturen dürfen nur dann unterschritten werden, wenn auf Grund betriebstechnischer Gründe geringere Raumtemperaturen erforderlich sind. Der Schutz der Arbeitnehmer ist dann auf andere Weise, z. B. durch Bereitstellung von Schutzkleidung gegen zu niedrige Temperaturen, zu gewährleisten (ASR 6/1,3).

Für den Bereich der in der betrieblichen Praxis häufig anzutreffenden Arbeitsplätze, die der Kategorie "überwiegend nicht-sitzende Arbeit" zuzuordnen sind, bedeutet dies, dass bereits unterhalb von +17 °C der Bereich der gesundheitlich zuträglichen Raumtemperatur im Sinne der Arbeitsstättenverordnung verlassen wird.

GRIEFAHN (1995) führte eine schriftliche Befragung in insgesamt 683 Betrieben der Nahrungs- und Genussmittelindustrie durch und ermittelte hieraus die in Abb. 1.2 wiedergegebene Verteilung der Raumtemperaturen nach verschiedenen Bereichen.

Die Befragung zeigte weiter, dass im Mittel jeder 4. Beschäftigte in den befragten Unternehmen sich mindestens 1mal täglich in einem Kältebereich aufhält; davon ca. 90% eine Stunde und mehr.



**Abb. 1.2: Verteilung der Raumtemperaturen nach Bereichen  
Ergebnis einer schriftlichen Befragung von 683 Betrieben (GRIEFAHN (1995))**

## 2 Wirkungen

Bereits leichte Abweichungen vom Behaglichkeitsbereich führen zu einer Minderung des Wohlbefindens. Die kältebedingte Minderdurchblutung von Haut und Extremitäten ruft Kälteempfindungen sowie Einschränkungen von Beweglichkeit, Sensibilität und Geschicklichkeit hervor. Starke Abkühlungen von Haut und Extremitäten können örtliche Schäden des Körpergewebes zur Folge haben. Anhaltender Wärmeentzug kann zu einer Abkühlung des Gesamtorganismus führen, die bis hin zu einer lebensbedrohlichen Absenkung der Körpertemperatur mit Bewusstseinsverlust gehen kann.

### 2.1 Physiologische Wirkungen

Die Körpertemperatur wird über integrative Prozesse unter Beteiligung von Neuronen des Hypothalamus gesteuert und stellt ein kompliziertes Regelsystem zwischen Kalt- und Warmrezeptoren dar, wobei die Kälterezeptoren der Haut zahlreicher und gleichmäßiger vertreten sind.

Ziel der Thermoregulation ist die Erhaltung der Körpertemperatur. Eine konstante Temperatur, die in engen Grenzen um 37 °C schwankt, herrscht lediglich im Inneren des Gehirns, im Herzen und in den Abdominalorganen vor (Kerntemperatur). Die Konstanzhaltung der Kerntemperatur ist eine Voraussetzung für den normalen Ablauf der wichtigsten Lebensprozesse.

Im Gegensatz zur Kerntemperatur weist die Temperatur in den Muskeln, in den Gliedmaßen und ganz besonders an der Haut Schwankungen auf (Schalentemperatur) (vgl. GRANDJEAN, 1979).

Erträgliche Bedingungen sind nach DIN 33403, Teil 5, dann gegeben, wenn die mittlere Hauttemperatur nicht unter 30 °C, an Körperstellen wie Nase, Kinn, Ohren, Finger und Zehen nicht unter +12 °C sinkt.

Die physiologisch bedeutsamen Beeinträchtigungen beim Menschen durch Kälteeinwirkungen manifestieren sich in einer Veränderung

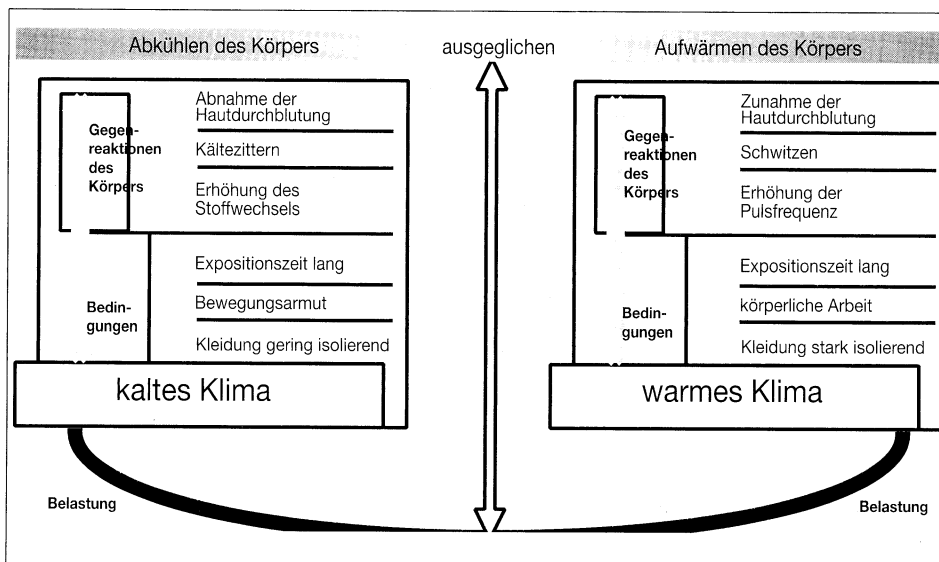
- des Energiehaushaltes
- der Herzfrequenz
- des Blutdruckes
- der Hauttemperatur
- der Kerntemperatur

Unter thermisch neutralen Klimabedingungen befindet sich der Wärmeaustausch des Menschen mit der Umgebung im Gleichgewicht, d.h., erzeugte, aufgenommene und abgegebene Wärmeenergie entsprechen sich, auf der subjektiven Seite entspricht dies weitgehend dem Behaglichkeitsbereich. Ist dies nicht der Fall, kann der Mensch seine Wärmebilanz durch verschiedene Regulationsmechanismen ausgleichen.

Regulationsmechanismen, die zur Verfügung stehen, sind:

- Wärmeproduktion durch Stoffwechsel (Muskelarbeit, Kältezittern)
- Wärmeabgabe durch Verdunstung (Schweißbildung)
- Wärmeaustausch durch Leitung (direkter Kontakt)
- Wärmeaustausch durch Konvektion (Luftbewegung)
- Wärmeaustausch durch Strahlung
- Wärmeisolation durch Kleidung

**Abb. 2.1** zeigt den Zusammenhang zwischen Einflussgrößen (Bedingungen) und Reaktionen des menschlichen Körpers.



**Abb. 2.1:** Zur Wärmebilanz des menschlichen Körpers (aus KRASTEL et al., 1998)

### 2.1.1 Kurzfristige Wirkungen

Bei der Belastung durch Kälte kann zwischen akuten und chronischen d.h. längerfristigen Schädigungen unterschieden werden (z.B. MÜLLER, 1990).

Auf eine akute Kälteeinwirkung reagiert der Körper mit der Produktion von Wärme und einer Verringerung der peripheren Durchblutung insbesondere der Extremitäten. Die Temperaturen in der Körperperipherie sinken. Unterhalb der mittleren thermisch neutralen Hauttemperatur von 34-35 °C setzt Kälteempfindung ein. Fällt die Hauttemperatur auf 17 °C und tiefer, so kommt es zu Schmerzempfindung und Kältezittern als Ausdruck erhöhter Wärmeproduktion.

Bei Abfall der Temperaturen in der Peripherie kann es zu Erfrierungen kommen. Erfrierungen können in 4 Grade eingeteilt werden:

1. Schädigung äußerer Hautschichten
2. Blasenbildung
3. Keine Blutzirkulation mehr in den betroffenen Bereichen, Schädigung tieferer Gewebeschichten mit dem äußeren Merkmal "Frostbrand"
4. Gefrierung des Gewebes mit Totalverlust der betroffenen Körperteile.

Kältezittern mit Einschränkung der geistigen Funktionen tritt bei einer Kerntemperatur von 35 °C auf. Bei Kerntemperaturen unterhalb von 33 °C ist der Mensch aus eigenem Willen nicht mehr in Lage, sich aus dem Kältebereich zu entfernen, und neigt zur Passivität und Unbeweglichkeit. Bei Kerntemperaturen unterhalb von 30 °C tritt die Bewegungslosigkeit ein, unter 25 °C bestehen kaum noch Überlebenschancen (s.a. WESTHOF, SCHMIDT (1995)).

### 2.1.2 Längerfristige Wirkungen

Längerfristige Auswirkungen von Kälteeinflüssen werden bei der Entwicklung von chronischen Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems (Rheuma), der Atemwege, der Harnorgane und des peripheren Gefäßsystems gesehen. Neben diesen direkten Folgen kann Kältebelastung auch z.B. die Ausheilung von Krankheiten behindern und auf diesem Wege Schädigungen herbeiführen.

GRIEFAHN (1995) ermittelte auf der Grundlage einer Befragung von ca. 1.200 Beschäftigten in mäßiger Kälte das in **Abb. 2.2** wiedergegebene Profil häufiger Beschwerden und Erkrankungen. Ein Vergleich mit repräsentativen Daten zeigte erhöhte Prävalenzen für psychovegetative und gastrointestinale Symptome, Erkältungskrankheiten, Bronchitiden, Rheuma sowie Beschwerden im Haltungs- und Bewegungsapparat. Bei den meisten dieser Gesundheitsstörungen konnte ein signifikanter Zusammenhang mit den von den Befragten als Belastung angegebenen Kälte, mit starken Temperaturschwankungen und mit Zugluft ermittelt werden.

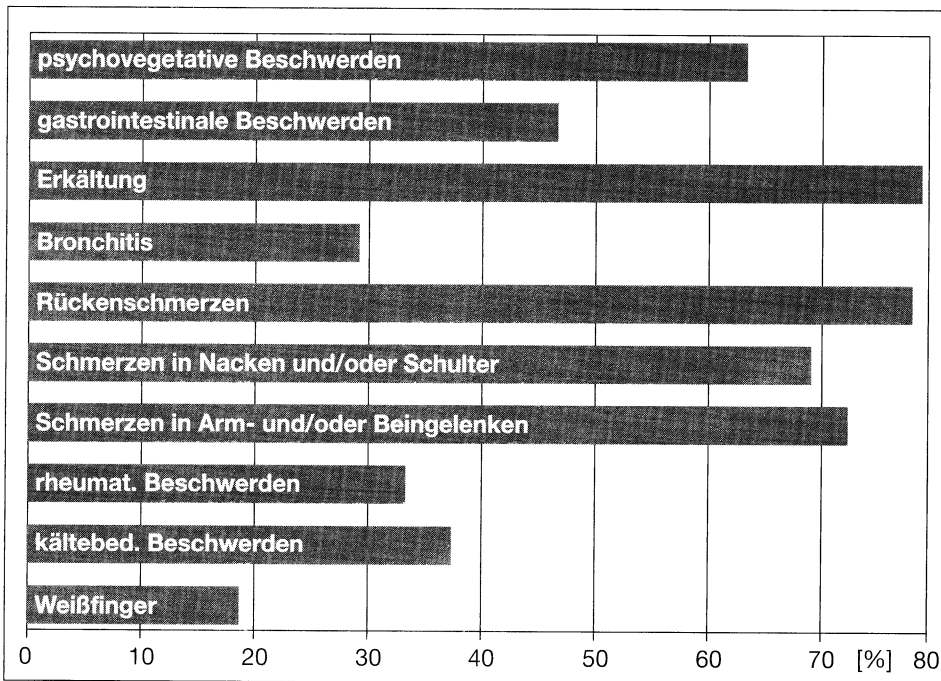


Abb. 2.2: Arbeiten in mäßiger Kälte: häufige Beschwerden und Erkrankungen bei Kältarbeitern (GRIEFAHN (1995))

Neben dem Stressor "Kälte" nehmen verschiedenste Faktoren Einfluss auf die Schilderungen subjektiver Befindlichkeit bei Arbeitspersonen in Kältebereichen, so z.B. Alter, Geschlecht, Expositionszeit, Klima-Monotonie. In Untersuchungen von HÄCKER (1989) zu Kältarbeit bei  $-30\text{ °C}$  konnte gezeigt werden, dass sowohl mit zunehmender Expositionszeit als auch mit abnehmender Temperatur eine Verminderung psychomotorischer Leistungsfähigkeit zu beobachten ist. In diesem Zusammenhang ist gerade auf die abnehmenden Fähigkeiten der Feinmotorik hinzuweisen (Abb. 2.3).

## 2.2 Psychologische Wirkungen

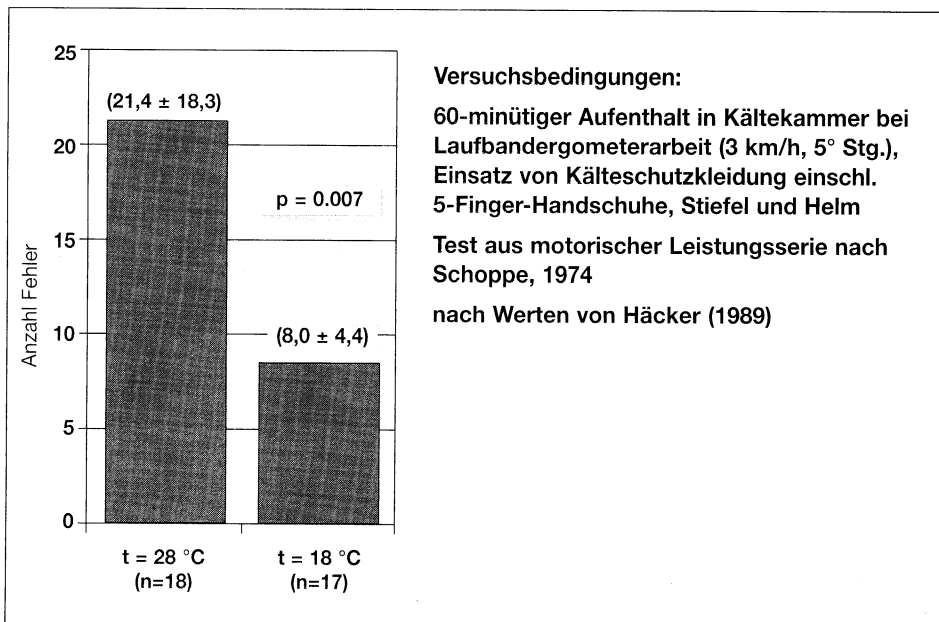


Abb. 2.3: Zu Auswirkungen von Kälteeinwirkung auf die motorische Koordination (nach Werten von HÄCKER (1989))

Demgegenüber zeigte die Untersuchung der allgemeinen intellektuellen Leistungsfähigkeit (erhoben mittels nicht-verbalem Intelligenztest CFT) keine Beeinträchtigung bei der Experimentalgruppe nach einer 60-minütigen Kälteexposition in  $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Auch die mit dem tachistoskopischen Auffassungsversuch (TAVT) gemessene visuelle Orientierungsschnelligkeit ergab zwischen den beiden Gruppen weder in der Anzahl der richtig erkannten Bildinhalte noch in der Zahl der Fehler einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen.

Auch ergab die Überprüfung der Reaktionsschnelligkeit und der zentralen Ermüdung keine signifikanten Unterschiede.

Anzumerken ist bei der Beurteilung dieser Ergebnisse jedoch, dass eine 60-minütige Exposition, selbst bei  $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$ , bei den in der Untersuchung vorgegebenen Bedingungen der körperlichen Bewegungsmöglichkeit der Versuchspersonen kein Kältestressor zu sein scheint, der sich in peripheren und zentralen psychologischen Funktionen nachweisen lässt. Außerdem ist bei der Interpretation der Ergebnisse die weitgehende Anpassung der Bekleidungsisolierung an die Untersuchungsbedingungen zu berücksichtigen.

### 3 Einflussgrößen

Die Durchführung zielgerichteter Maßnahmen zum Schutz der Arbeitnehmer an Kältearbeitsplätzen erfordert die Kenntnis der Einflussgrößen, die für die thermische Beanspruchung maßgebend sind. Dies sind einerseits die vier Klimagrundgrößen:

- Lufttemperatur  $t_a$  in  $^{\circ}\text{C}$
- relative Luftfeuchte RH in %
- mittlere Luftgeschwindigkeit  $v_a$  in m/s sowie
- mittlere Strahlungstemperatur  $\bar{t}_R$  in  $^{\circ}\text{C}$

andererseits die personenbezogenen Größen

- Brutto - Energieumsatz M in W als Maß für die im menschlichen Körper insgesamt erzeugte Stoffwechselwärme sowie
- Wärmeisolation der Bekleidung I<sub>cl</sub> in  $(\text{m}^2\text{ K})/\text{W}$  bzw. in clo (1 clo =  $0,155\text{ }(\text{m}^2\text{ K})/\text{W}$ ) sowie die
- Expositionszeit

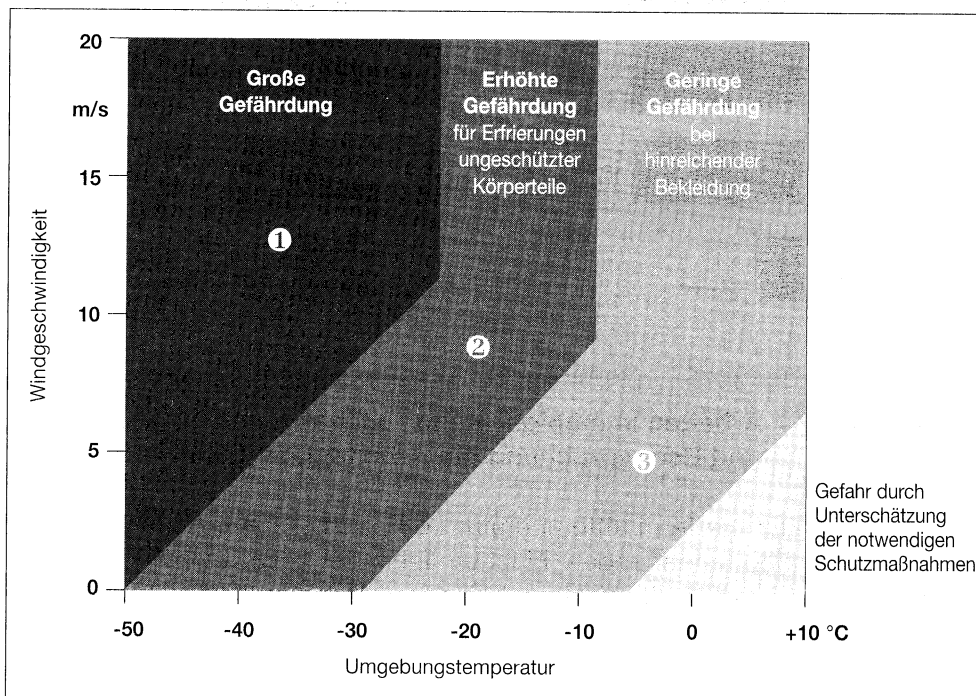
#### 3.1 Lufttemperatur

Die Lufttemperatur stellt im Kältebereich die wesentliche Leitgröße dar und bildet die Grundlage für die Einteilung der Kältebereiche innerhalb der DIN 33403, Teil 5 (1996). Sie beeinflusst wesentlich den konvektiven Wärmeaustausch mit der Umgebung und sollte nicht geringer sein als betriebstechnisch unbedingt erforderlich.



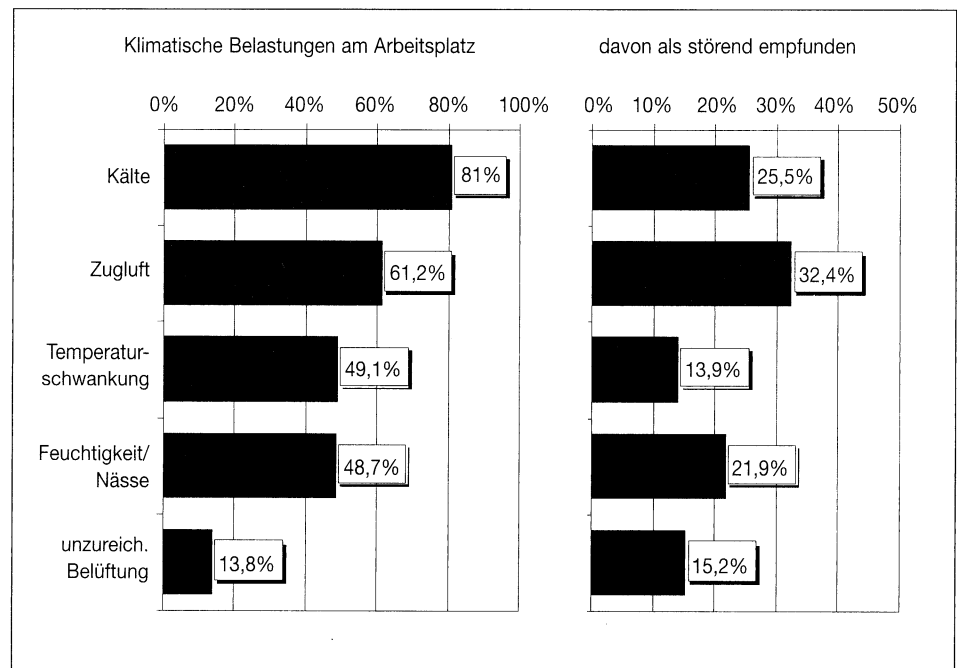
Erhöhte Luftgeschwindigkeiten führen bei gleicher Lufttemperatur zu einem erhöhten konvektiven Wärmeverlust und tragen wesentlich zur Intensivierung des Kältegefühls insbesondere unbedeckter Hautpartien bei. Weiterhin wird das Eindringen kalter Umgebungsluft durch Öffnungen in der Bekleidung forciert, was bei erhöhten Luftgeschwindigkeiten zu einer deutlichen Reduzierung des Isolationswertes führt. Das Zusammenwirken von Lufttemperatur und Luft- bzw. Windgeschwindigkeit wird in den in **Abb. 3.1** dargestellten Gefährdungsbereichen deutlich.

### 3.2 Luftgeschwindigkeit



**Abb. 3.1:** Bereiche kalter Klimabedingungen und Ausprägung der Gefährdung nach DASLER (aus KRSTEL et al, 1998)

Im Innenbereich zählt Zugluft zu den klimatischen Belastungen, die am häufigsten als störend empfunden werden. **Abb. 3.2** zeigt hierzu ein Ergebnis aus einer Befragung von mehr als 1.200 Beschäftigten. In mäßiger Kälte nannten 61,2% Zugluft als eine an Ihrem Arbeitsplatz vorkommende Belastung, 32,4% empfanden diese Belastung als störend. Hier sollte durch technische Maßnahmen (geeignete Luftführungssysteme, Sackbelüftung, Nachkühlung während arbeitsfreier Zeiten etc.) die Luftgeschwindigkeit im Arbeitsbereich so gering wie möglich gehalten werden und bei sitzenden und stehenden Tätigkeiten ( $0,2 \pm 0,1$ ) m/s nicht übersteigen. Der Turbulenzgrad, definiert als das Verhältnis von Standardabweichung und Mittelwert der Luftgeschwindigkeit, sollte dabei geringer als 60% sein, um das Gefühl unangenehmer Zugluft zu vermeiden (s.a. DIN 33403, Teil 5 (1996)).

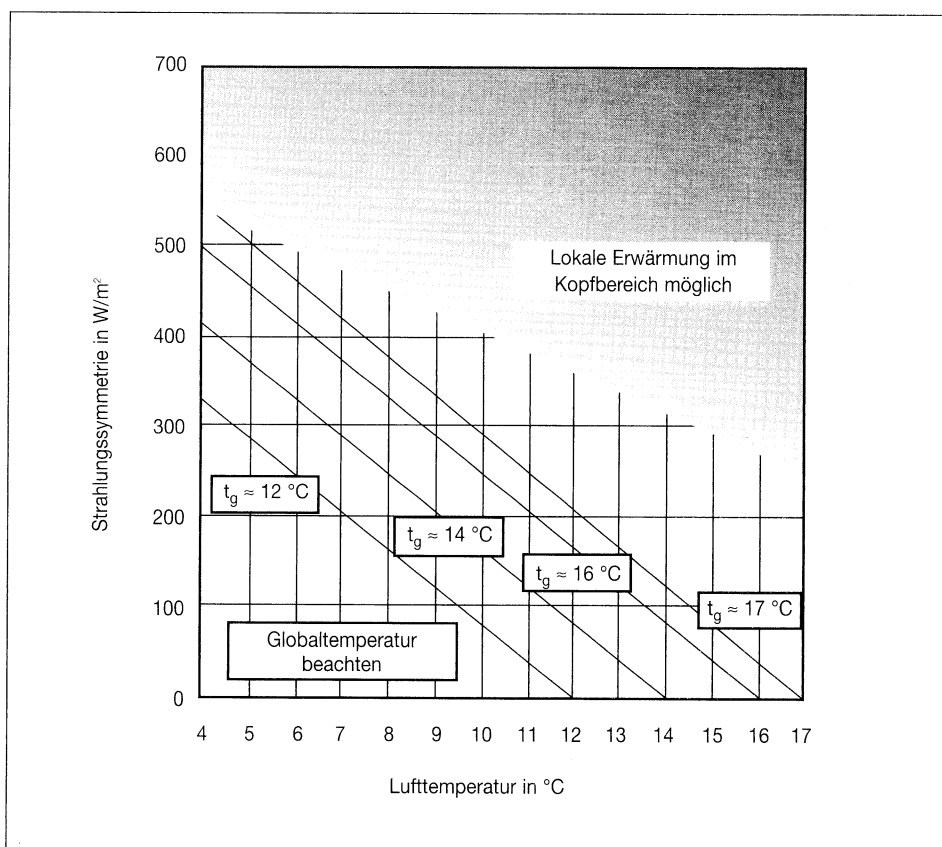


**Abb. 3.2: Arbeiten in mäßiger Kälte - klimatische Belastungen und Beanspruchung am Arbeitsplatz (GRIEFAHN (1995))**

### 3.3 Wärmestrahlung

Die mit der reduzierten Lufttemperatur i.d.R. verbundene Absenkung der Temperatur der umgebenden Flächen führt zu einer vermehrten Wärmeabgabe durch Strahlung. Umgekehrt kann durch erhitzte Flächen dem Körper über Strahlung Wärme zugeführt werden. Diesen Effekt macht man sich beim Einsatz von Strahlungsheizungen zunutze. Da bei dieser Form der Wärmequelle nicht die umgebende Luft erwärmt wird, ist auch eine lokale Beheizung von Arbeitsbereichen möglich, die zur thermischen Entlastung von im Kältebereich Beschäftigten beitragen kann.

Untersuchungen von GEBHARDT et al. (1995) zeigten, dass sich über den Einsatz von Strahlungsheizungen (Hellstrahler) oberhalb von ca. 4 °C sogar Bedingungen realisieren lassen, die unter physiologischen wie unter Empfindungsgesichtspunkten mit konvektiven Beheizungen vergleichbar sind. Zur Beurteilung derartiger Situationen hat sich dabei die "Globetemperatur" als geeignet erwiesen. Um lokale Erwärmungen im Kopfbereich zu vermeiden, ist dabei die Strahlungsasymmetrie als Differenz zwischen der Strahlungsintensität in Richtung "oben" und "unten" - wie in **Abb. 3.3** dargestellt - zu begrenzen. **Abb. 3.3** gibt zudem eine Orientierung hinsichtlich der zu erwartenden, resultierenden Globetemperatur.



### 3.4 Energieumsatz

**Abb. 3.3:** Zur (lokalen) Beheizung unter Einsatz von Hellstrahlern (GEBHARDT et al. (1995), mod.)

Der Energieumsatz beschreibt die innere Wärmeproduktion des Menschen. Für den Wärmehaushalt maßgeblich ist dabei der Brutto-Energieumsatz, der sich aus dem Grundumsatz zur Aufrechterhaltung der Körperfunktionen sowie einem arbeitsbedingtem Anteil (Arbeitsenergieumsatz) zusammensetzt.

Ist der Grundumsatz weitgehend konstant, variiert der arbeitsbedingte Anteil mit der Arbeitsaufgabe; je größer die muskulären Anforderungen, desto größer ist die innere Wärmeproduktion. **Tab. 3.1** zeigt einige Beispiele für Kältearbeiten und mittlere Werte für den Brutto-Energieumsatz. Zeitlich stark variierende Anforderungen erschweren auch bei konstanten Klimabedingungen die Auswahl einer angepassten Bekleidung.

Der Energieumsatz wird üblicherweise in Watt (W), kJ/min (1 W = 0,06 kJ/min) oder  $W/m^2$  (Bezug auf die Körperoberfläche) angegeben. Mess- und Schätzverfahren sind in HETTINGER et al. (1990) sowie DIN EN 28996 angegeben. In der Praxis erfolgt die Abschätzung üblicherweise auf der Grundlage von Tabellenwerten.

Beispiele für Kältearbeit	Brutto-Energieumsatz in W
Überwachung von Anlagen, Kontrolltätigkeiten	180
Maschinenbetätigung, Transport von Gefriergut mit dem Gabelstapler	240
Transporte handbetriebenen Flurförderfahrzeugen, Verpackungsarbeiten, manuelles Sortieren	300
Palettieren und Kommissionieren mäßig schwerer Einheiten	360
Manuelle Be- und Entladearbeiten, Palettieren und Kommissionieren schwerer Einheiten	400

**Tab. 3.1: Orientierende Angaben zum Brutto-Energieumsatz für Tätigkeiten im Kältebereich**

### 3.5 Bekleidung

Die Anpassung der Wärmeisolation der Bekleidung an die jeweiligen Arbeits- und Klimabedingungen ist für den Arbeitsschutz bei Kältearbeit von zentraler Bedeutung. Für eine Vielzahl von Bekleidungsstücken wurde deren Wärmeisolation messtechnisch unter Einsatz einer Messpuppe ("Thermal Manikin") erfasst und die Werte in Tabellen zusammengestellt (s.a. DIN EN 9920). Diese Tabellen enthalten auch Werte für typische Bekleidungskombinationen. Neben der Wärmeisolation ist für die Auswahl einer Bekleidung von Bedeutung:

- der Feuchtedurchgang
- der Einfluss der Luftbewegung
- das Gewicht
- die Formstabilität und Bauschelastizität
- die Pflegbarkeit sowie
- die Akzeptanz durch den Träger

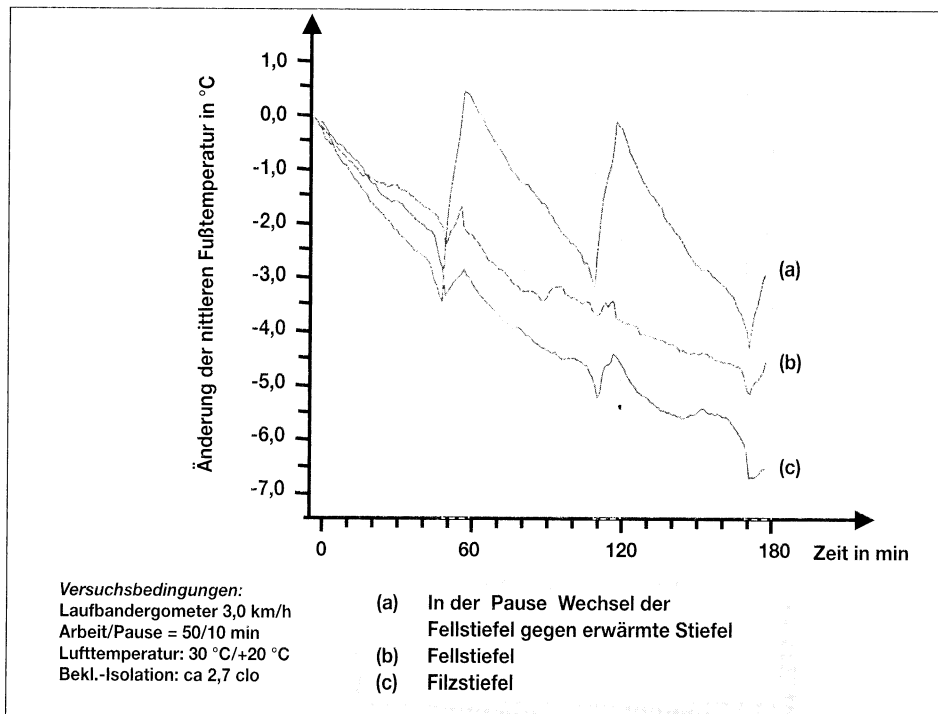
### 4 Aus physiologischen Untersuchungen im Kältebereich

Im Folgenden werden ausgewählte Ergebnisse physiologischer Untersuchungen unter kontrollierten Bedingungen in sehr kalter Umgebung (-30 °C, KLEINÖDER (1988)) sowie in mäßiger Kälte (-5 °C bis 15 °C, MÜLLER-ARNECKE et al.) aufgegriffen. Dies auch vor dem Hintergrund, bei der Gestaltung von Kältearbeit die Erfordernis eines besonderen Schutzes der Extremitäten (Füße, Hände) zu unterstreichen und durch Messergebnisse zu belegen.

In Untersuchungen von KLEINÖDER (1988) zur ergonomischen Gestaltung von Kältearbeit bei  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  konnte gezeigt werden, dass insbesondere eine Entwicklung von Gestaltungshinweisen zum Arbeitszeit-Pausenregime und zur Fußbekleidung notwendige Maßnahmen darstellen.

#### 4.1 Untersuchungen bei $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$

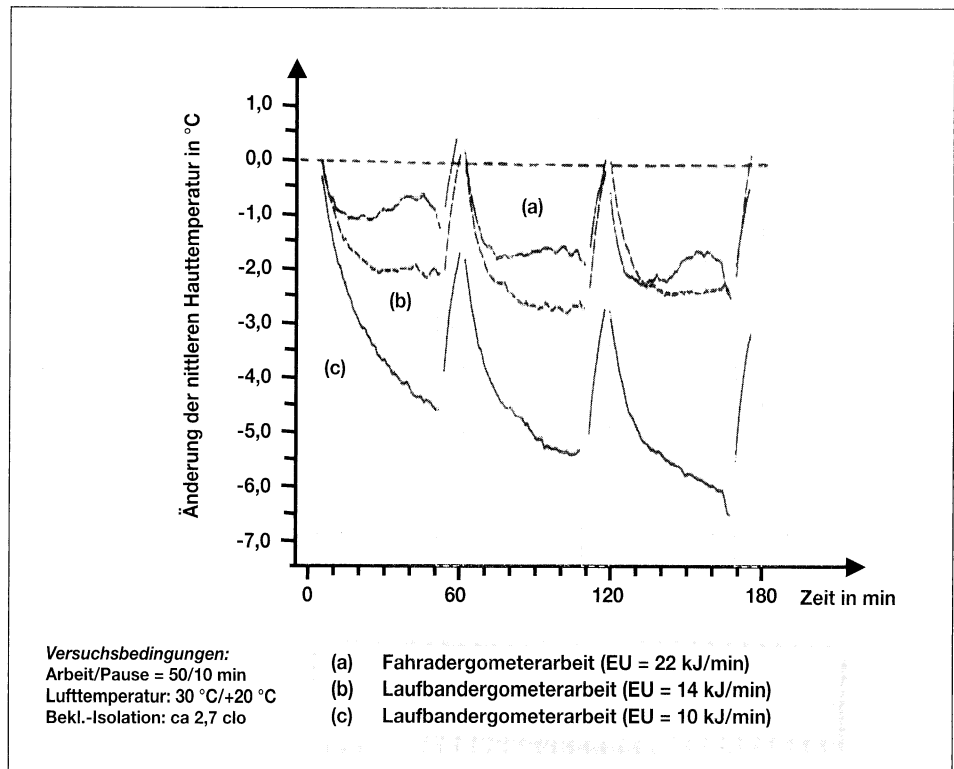
So zeigte sich in Versuchsserien mit einem definierten Arbeitszeit-Pausenregimen (50 min./10 min.), dass nur durch den Wechsel der in Kälte getragenen Stiefel gegen temperierte Stiefel das Anfangsniveau der Hauttemperaturen im Fußbereich annähernd erreicht werden konnte. Wurden die Fell- bzw. Filzstiefel nicht gewechselt, war innerhalb der Pausenzeiten, während der eine Lufttemperatur von ca.  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  herrschte, lediglich ein geringer - nahezu unbedeutender - Anstieg der mittleren Fußtemperatur festzustellen (**Abb. 4.1**).



**Abb. 4.1:** Änderung der mittleren Fußtemperatur (4 VP) bei Einsatz unterschiedlicher Stiefel (KLEINÖDER (1988))

Dieses Ergebnis bestätigte sich auch auf der Ebene der subjektiven Einstufung der erlebten Beanspruchung.

Untersucht wurde auch der Einfluss unterschiedlicher Arbeitsformen und Arbeitsschwere. Hier zeigte sich einerseits erwartungsgemäß ein deutlicher Einfluss der metabolischen Wärmeproduktion. Andererseits wird auch der Einfluss einer nicht angepassten Isolation der Bekleidung deutlich, die sich in einem kontinuierlichen Absinken der mittleren Hauttemperatur spiegelt und auch während der Pausenphasen nicht vollständig ausgeglichen werden kann (**Abb. 4.2**).



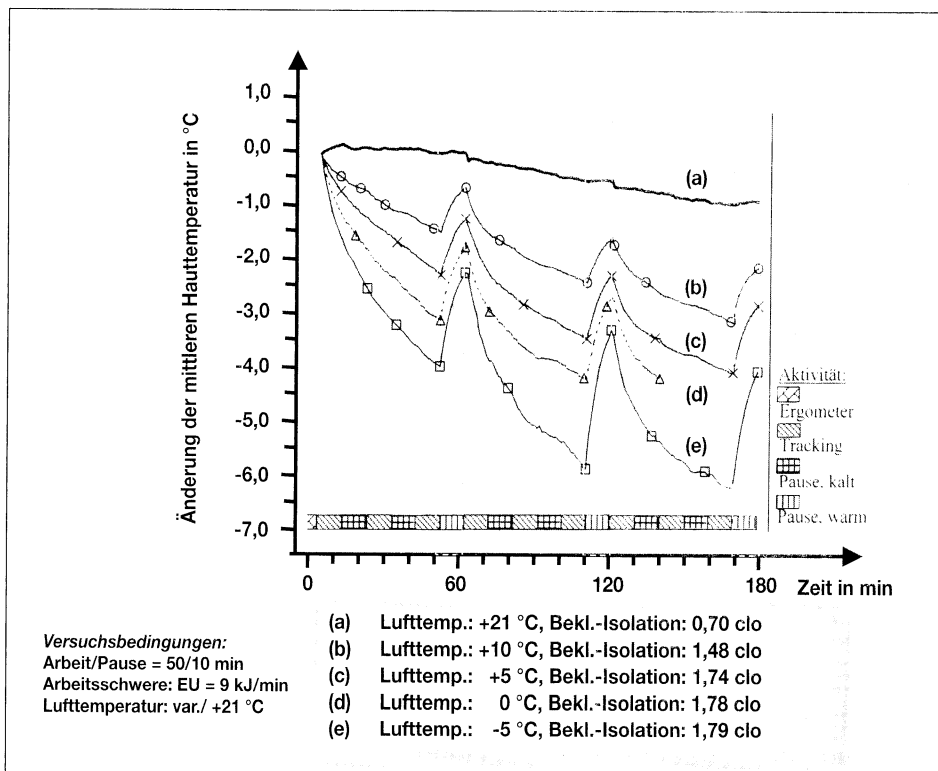
**Abb. 4.2:** Änderung der mittleren Hauttemperatur in Abhängigkeit unterschiedlicher Arbeitsformen und -schwere (KLEINÖDER (1988))

## 4.2 Untersuchungen in mäßiger Kälte

Untersuchungen in mäßiger Kälte zeigten, dass auch hier deutliche Kältebeanspruchungen auftreten können, und bestätigen die Notwendigkeit präventiver Arbeitsschutzmaßnahmen in diesem Bereich.

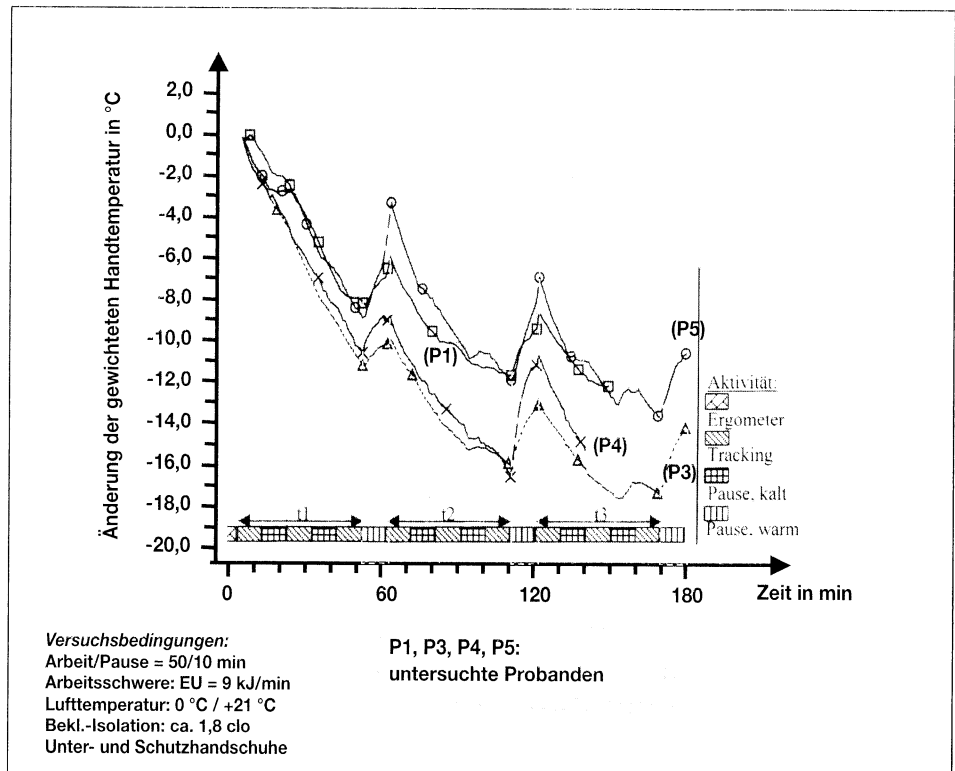
Beispielhaft zeigt **Abb. 4.3** ermittelte Änderungen der mittleren Hauttemperatur für unterschiedliche Lufttemperaturen und Bekleidungsisolierungen bei 50-minütigen Arbeitsphasen unter Kältebelastung und 10-minütigen Pausenphasen bei einer Lufttemperatur von ca. 21 °C.

Bei allen betrachteten Versuchskombinationen ist während der Kälteexpositionsphasen eine deutliche Abnahme der mittleren Hauttemperatur als ein wesentlicher Indikator für Kältebeanspruchung festzustellen. Trotz der im Vergleich zu den im vorangegangenen Abschnitt dargestellten Untersuchungen vergleichsweise "moderaten" Temperaturen, liegen die Änderungen - und damit die Kältebeanspruchung - in einem ähnlichen Wertebereich. Auch hier wird die Notwendigkeit einer angepassten Bekleidungsisolierung deutlich.

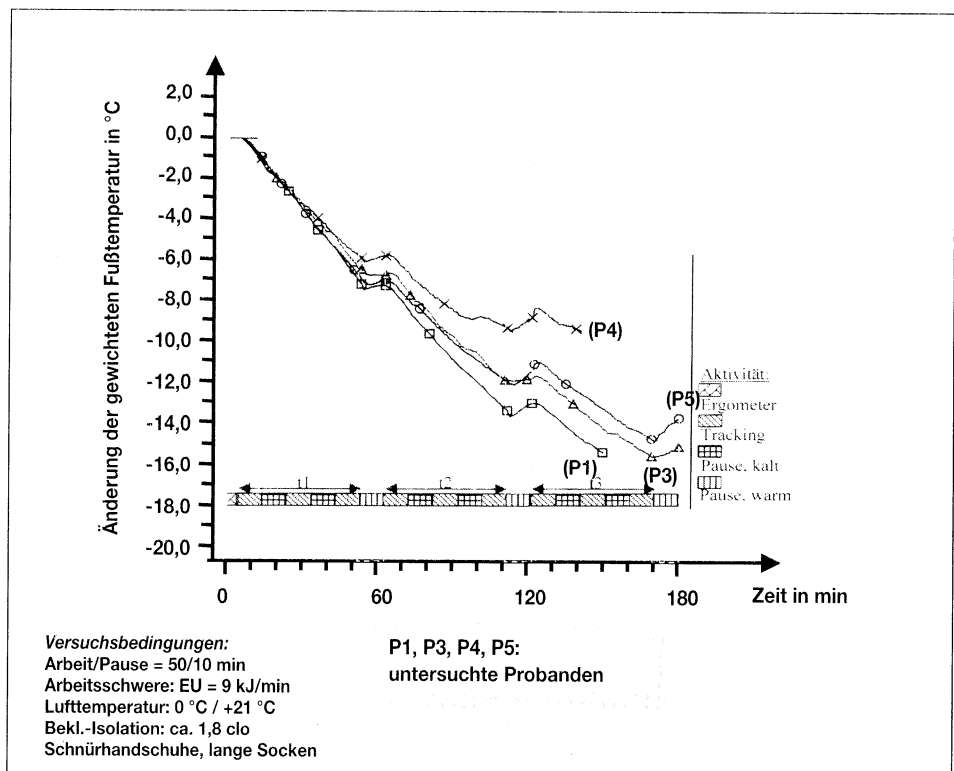


**Abb. 4.3:** Änderung der mittleren Hauttemperatur in Abhängigkeit unterschiedlicher Lufttemperaturen und Bekleidungs-isolationen (MÜLLER-ARNECKE et al. (1999))

Die in **Abb. 4.4** und **Abb. 4.5** dargestellten Versuchsergebnisse bei Umgebungstemperaturen von 0 °C und sitzender Tätigkeit verdeutlichen einerseits die verstärkte Abkühlung der Extremitäten. So sinkt unter den gewählten Bedingungen trotz Tragens von Handschuhen die mittlere Handtemperatur um bis zu 18 °C und erreicht damit nach 3 Stunden trotz Aufwärmphasen die Erträglichkeitsgrenze. Die mittlere Fußtemperatur sinkt bei den gleichen Versuchsbedingungen um bis zu 16 °C. Dabei ist den Aufwärmphasen der Anstieg der Handtemperatur deutlich stärker ausgeprägt als der der Fußtemperatur. Andererseits werden beim Vergleich der einzelnen Kurven interindividuelle Unterschiede der physiologischen Reaktion bei i.W. gleichen Rahmenbedingungen deutlich.



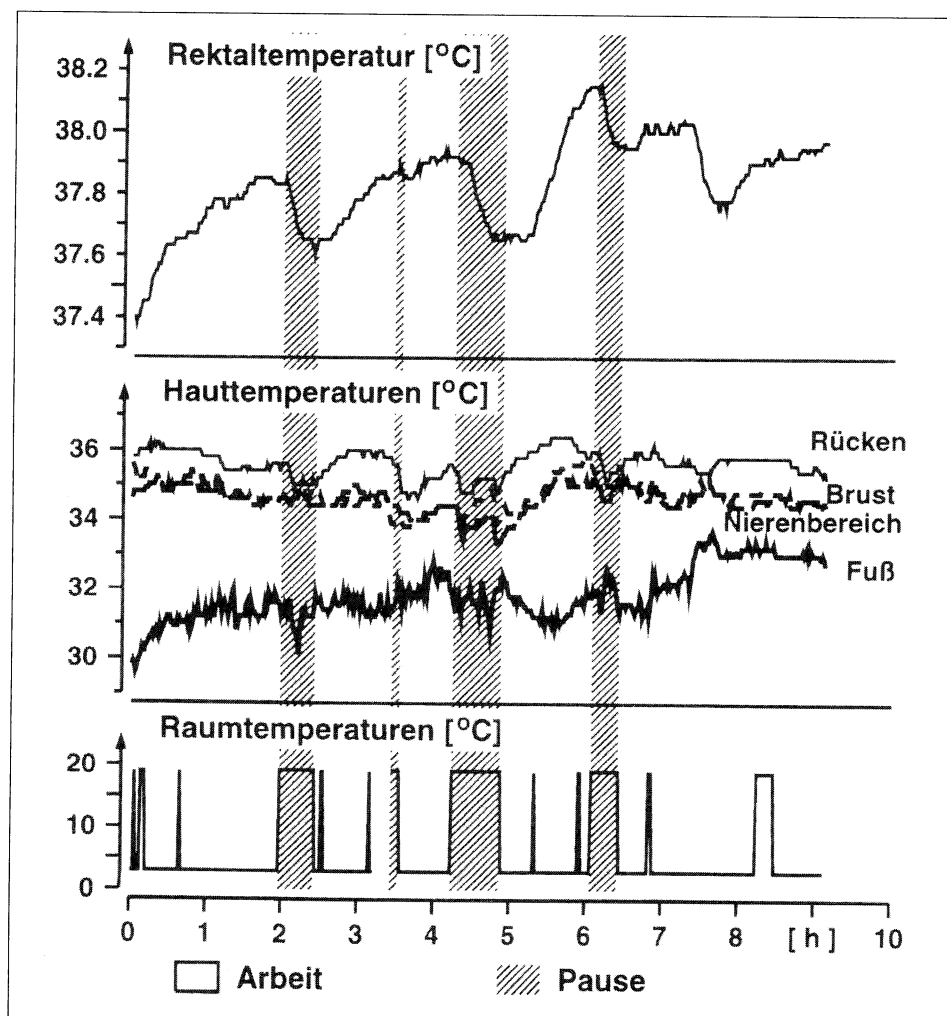
**Abb. 4.4:** Änderung der gewichteten Handtemperatur - Lufttemperatur = 0 °C (MÜLLER-ARNECKE et al. (1999))



**Abb. 4.5:** Änderung der gewichteten Fußtemperatur - Lufttemperatur = 0 °C (MÜLLER-ARNECKE et al. (1999))



Dem gegenüber zeigen Untersuchungen im Feld den Effekt einer der Arbeit und Arbeitsumgebung angepassten Bekleidungsisolation. In **Abb. 4.6** ist hierzu beispielhaft der Verlauf physiologischer Parameter am Arbeitsplatz eines Kommissionierers dargestellt. Die Lufttemperatur im gekühlten Bereich betrug dabei etwa 3,6 °C. Die ermittelten Hauttemperaturen im Rücken-, Brust- und Nierenbereich variieren nur gering, die am Fußrücken ermittelte Temperatur steigt in diesem Fall im Schichtverlauf sogar leicht an. Die letztlich aus der Erfahrung heraus gewählte Bekleidungsisolation ermöglicht auch über eine 8h-Schicht, dass der Beschäftigte thermophysologisch im Gleichgewicht bleibt.



**Abb. 4.6:** Verlauf physiologischer Parameter eines Kommissionierers, Lufttemperatur im gekühlten Bereich: 3,6 °C (GRIEFAHN et al. (1995))

## 5 Beurteilung von Kältebelastungen

Der Index der Erforderlichen Bekleidungsisolations (IREQ) stellt einen international genormten Maßstab für die Beurteilung von Kältebelastungen dar. Er ist definiert als die resultierende Isolation der Bekleidung, die unter den tatsächlichen Umgebungsbedingungen erforderlich ist, um den menschlichen Körper bei zulässigen Werten für die Körper- und Hauttemperatur im Zustand des thermischen Gleichgewichtes zu halten (detaillierte Gleichungen, Koeffizienten und Kriterien sind in DIN ENV 11079 (1998) angegeben).

DIN 33403, Teil 5, greift diesen Index auf und weist für praxisrelevante Bedingungen Berechnungsergebnisse in Tabellenform aus.

### 5.1 Index der Erforderlichen Bekleidungsisolations (IREQ)

Die Berechnung von IREQ basiert auf einer Analyse des Wärmeaustausches des Menschen mit der Umgebung und geht auf Arbeiten von HOLMER zurück. Auf der Grundlage einer Wärmebilanzbetrachtung wird diejenige Bekleidungsisolations bestimmt, die für eine ausgeglichene Wärmebilanz theoretisch erforderlich ist.

Für die normgerechte Bestimmung wurden die Gleichungen in ein Computerprogramm umgesetzt, dessen aktuelle Version auch unter der Internetadresse

<http://www.niwl.se/tema/klimat/ireq2000.htm>

verfügbar ist. Das Modell wird bei neueren Erkenntnissen aktualisiert, die Nutzung der Internetadresse sichert den Zugriff auf die jeweils aktuellen Erkenntnisse. Das derzeit in der Entwicklung befindliche Zugriffssystem ARGEPLAN (<http://www.argeplan.org>) wird zukünftig darüber hinaus branchenorientierte Zugriffe ermöglichen.

Abb. 5.1 zeigt das Vorgehen anhand eines Flussdiagramms.

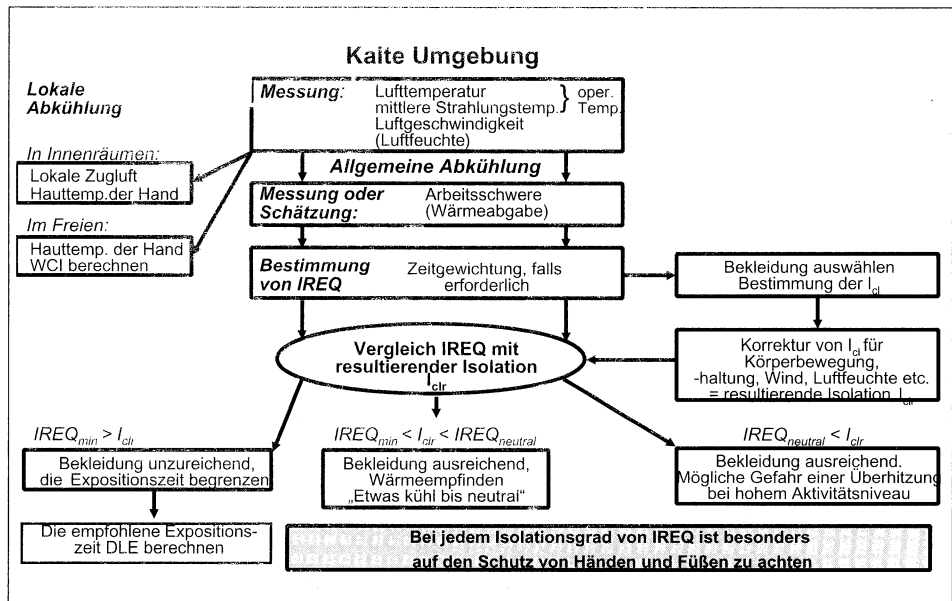


Abb. 5.1: Vorgehensweise bei der Bewertung der Kältebelastung auf der Grundlage des Index der Erforderlichen Bekleidungsisolations nach DIN ENV 11079 (1998)

In Abhängigkeit von den klimatischen Bedingungen und der Arbeitsschwere werden als Ergebnisgrößen ausgewiesen:

- IREQ<sub>neutral</sub>, definiert als diejenige Wärmeisolation, die erforderlich ist, um einen thermisch neutralen Zustand sicherzustellen.
- IREQ<sub>min</sub>, definiert als die minimale Wärmeisolation, die für die Aufrechterhaltung des Körpergleichgewichts bei einer herabgesetzten mittleren Körpertemperatur erforderlich ist; als Grenzkriterium wird dabei ein Wärmedefizit von 40 Wh/m<sup>2</sup> zugrundegelegt.

Durch Vergleich der bestehenden Bekleidungsisolation, korrigiert um Auswirkungen der Körperbewegung, Körperhaltung etc. ( $I_{clr}$ ), mit diesen Werten lassen sich drei Fälle unterscheiden:

- a)  $IREQ_{min} < I_{clr} < IREQ_{neutral}$ :  
Die Isolation der Bekleidung ist ausreichend, das Wärmeempfinden liegt im Bereich "etwas kühl" bis "neutral", dieser Bereich sollte grundsätzlich angestrebt werden.
- b)  $I_{clr} > IREQ_{neutral}$ :  
Die Isolation der Bekleidung ist grundsätzlich ausreichend, da die Bekleidungsisolation jedoch größer ist als die für das thermische Gleichgewicht erforderliche, kann es bei hohem Aktivitätsniveau zu einer Erwärmung mit erhöhter Schweißproduktion kommen;
- c)  $I_{clr} < IREQ_{min}$  :  
Die Isolation der Bekleidung ist unzureichend, der Körper kann das thermische Gleichgewicht bei einer herabgesetzten mittleren Körpertemperatur nicht aufrechterhalten, die Expositionszeit ist zu begrenzen, in diesem Fall wird zusätzlich zu IREQ<sub>min</sub> eine Expositionsdauer (DLE) bestimmt, bei der das Wärmedefizit einen Wert von 40 Wh/m<sup>2</sup> nicht übersteigt.

Damit erlaubt der Index einerseits die Bestimmung der Isolationseigenschaften der erforderlichen Bekleidung, andererseits die Ableitung maximaler Expositionszeiten für eine gegebene Bekleidungskombination.

FORSTHOFF et al. (in GRIEFAHN (1995)) ermittelte in Felduntersuchungen an Arbeitsplätzen in mäßiger Kälte im leicht kalten Bereich ( $t_a < 10$  °C) eine weitgehende Übereinstimmung zwischen berechneten und beobachteten Werten. An Arbeitsplätzen in kühlen Bereichen ( $t_a > 10$  °C) lag die beobachtete Bekleidungsisolation jedoch z.T. deutlich oberhalb der berechneten Werte. Die von den Kältearbeitern gewählte Bekleidung orientierte sich dabei überwiegend an Arbeitsphasen mit geringer muskulärer Belastung, wie ein Vergleich der ermittelten und rechnerisch bestimmten Brutto-Energieumsätze zeigte.

Da der Index nur den Gesamtwärmehaushalt des Körpers berücksichtigt, ist unabhängig von dem Ergebnis der Berechnungen und dem Isolationswert der hieraus abgeleiteten Bekleidung in jedem Fall besonders auf den Schutz der Hände und Füße zu achten. Hier können bereits bei gemäßigten Kältebelastungen trotz ausreichendem Isolationswert der Gesamtbekleidung erhebliche lokale Abkühlungen auftreten.

Der Bestimmung der erforderlichen Isolationseigenschaften und damit die Ableitung persönlicher Schutzmaßnahmen sollten immer Überlegungen zur Reduzierung der Kältebelastung vorgeschaltet werden.

## 5.2 Anwendung innerhalb der DIN 33403, Teil 5

In DIN 33403, Teil 5, sind Berechnungsergebnisse für IREQ<sub>min</sub> für verschiedene Kombinationen von Lufttemperatur und Arbeitsschwere - ausgedrückt durch den Brutto-Energieumsatz - tabellarisch zusammengestellt. Zugrunde gelegt wurde dabei eine mittlere Luftgeschwindigkeit von 0,2 m/s, weiter wurde ein um 25% erhöhter Isolationswert für Bewegung und körperliche Arbeit berücksichtigt. Die maximal mögliche Wärmeisolation wurde aus praktischen Erwägungen auf 4 clo begrenzt.

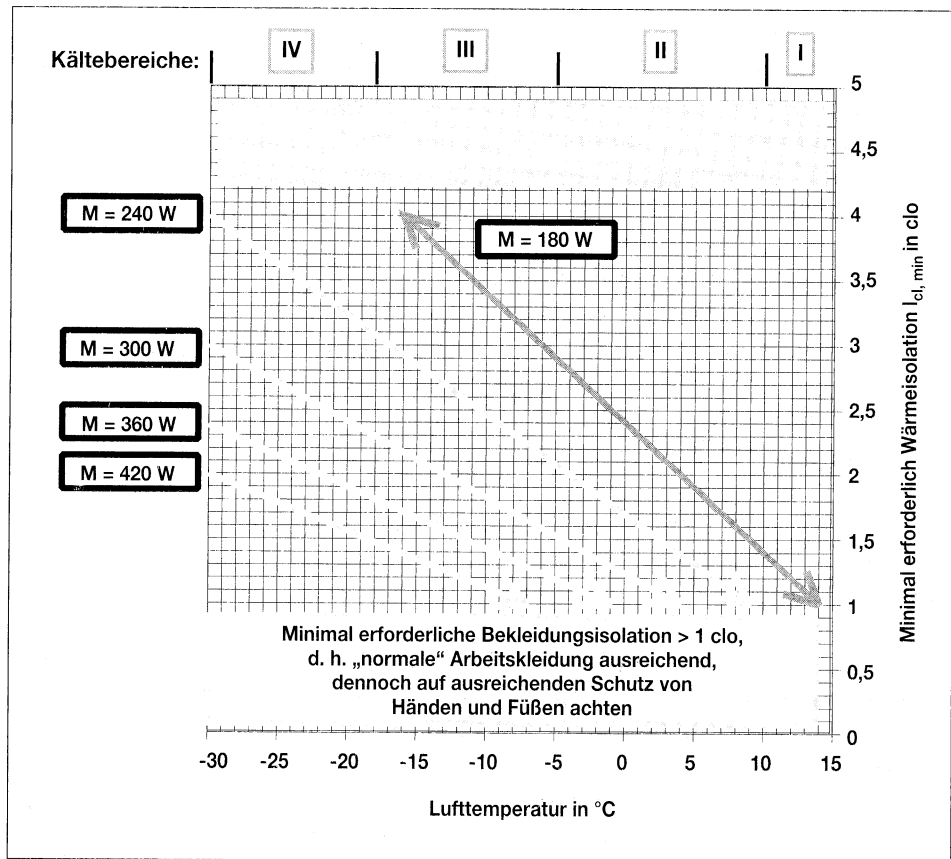


Abb. 5.2: Minimal erforderliche Wärmeisolation für Arbeitskleidung nach DIN 33403, Teil 5 (1996)

Die Kurven in **Abb. 5.2** zeigen unter den angenommenen Randbedingungen jeweils einen weitgehend linearen Zusammenhang zwischen Lufttemperatur und minimal erforderlicher Wärmeisolation der Bekleidung, der in Abhängigkeit vom Brutto-Energieumsatz  $M$  wie folgt näherungsweise beschrieben werden kann:

$$\begin{aligned} \mathbf{M = 180\ W:} & \quad I_{cl,min} = -0,044 \cdot t_a + 0,67 \text{ [clo]} \\ \mathbf{M = 240\ W:} & \quad I_{cl,min} = -0,048 \cdot t_a + 0,92 \text{ [clo]} \\ \mathbf{M = 300\ W:} & \quad I_{cl,min} = -0,059 \cdot t_a + 1,22 \text{ [clo]} \\ \mathbf{M = 360\ W:} & \quad I_{cl,min} = -0,077 \cdot t_a + 1,70 \text{ [clo]} \\ \mathbf{M = 420\ W:} & \quad I_{cl,min} = -0,100 \cdot t_a + 2,38 \text{ [clo]} \end{aligned}$$

mit

$M$ : Brutto-Energieumsatz in W

$t_a$ : Lufttemperatur in °C

$I_{cl,min}$ : minimal erforderliche Bekleidungsisolation in clo  
(1 clo = 0,155 m<sup>2</sup>K/W) nach DIN 33403, Teil 5 (1996)

Durch Auswertung der resultierenden Koeffizienten kann der Zusammenhang unter den angenommenen Randbedingungen weiter wie folgt näherungsweise beschrieben werden, wobei nunmehr sowohl die Arbeitsschwere - ausgedrückt im Brutto-Energieumsatz - als auch die herrschende Lufttemperatur  $t_a$  berücksichtigt werden:

$$I_{cl,min} = (-0,9 \cdot 10^{-6} \cdot M + 0,76 \cdot 10^{-3} \cdot M - 0,21) \cdot t_a + (20 \cdot 10^{-6} \cdot M - 0,0193 \cdot M + 5,18) \text{ [clo]}$$

mit

$M$ : Brutto-Energieumsatz in W

$t_a$ : Lufttemperatur in °C

$I_{cl,min}$ : minimal erforderliche Bekleidungsisolation in clo  
(1 clo = 0,155 m<sup>2</sup>K/W) nach DIN 33403, Teil 5 (1996)

In **Tab. 5.1** sind Isolationswerte für typische Bekleidungskombinationen zusammengestellt. Weicht die gewählte Bekleidung wesentlich von einer der dort aufgeführten ab, kann die Isolation durch Summation der Isolationswerte der einzelnen Bekleidungsstücke abgeschätzt werden. Entsprechende Angaben sind in z.B. in ISO 9920 enthalten.

Die Interpretation der erforderlichen Isolation der Bekleidung kann für Einzelpersonen nur als Richtwert dienen (vgl. DIN ENV ISO 11079 1998). Zwischen Einzelpersonen können hinsichtlich der physiologischen Leistungsfähigkeit, des Bekleidungsverhaltens sowie subjektiver Bedürfnisse und Neigungen starke Unterschiede bestehen; die endgültige Wahl und Anpassung der Arbeitskleidung an die Umgebung sollte dabei die Erfahrungen, Anforderungen und Neigungen der exponierten Person einschließen.

Beispiele für Bekleidungskombinationen	Isolationswert	
	clo	$\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$
Übliche Unterwäsche (kurze Ausführung), Oberhemd, Arbeitshose, Arbeitsjacke, Socken, Arbeitsschuhe	1,0	0,155
Übliche Unterwäsche (lange Ausführung), Oberhemd, Pullover, Arbeitshose, Arbeitsjacke, Kniestrümpfe, Arbeitsschuhe	1,4	0,217
Lange Wärmeisolierende Unterwäsche (z.B. Angora), Oberhemd, leichter Thermoanzug, Kniestrümpfe, Arbeitsschuhe oder -stiefel	1,8	0,279
Lange Wärmeisolierende Unterwäsche, Oberhemd, Arbeitsanzug (z.B. Overall), Thermohose, Thermojacke, Kniestrümpfe, Kälteschutzstiefel, Wollmütze, Handschuhe	2,2	0,341
Lange Wärmeisolierende Unterwäsche, Oberhemd, Arbeitsanzug (z.B. Overall), Thermohose, Thermojacke, Kniestrümpfe, Fülllinge, Kälteschutzstiefel, Wollmütze, Handschuhe	2,6	0,403
Lange Wärmeisolierende Unterwäsche, Oberhemd, leichter Thermoanzug, Thermohose, Thermojacke, Kniestrümpfe, Fülllinge, Kälteschutzstiefel, Wollmütze, Handschuhe	3,0	0,465
Lange, wärmeisolierende Unterwäsche, Oberhemd, Thermoanzug, Thermohose, Thermojacke (jeweils dickere Isolationsschicht) Kniestrümpfe, Fülllinge, Kälteschutzstiefel, Wollmütze, Handschuhe	3,4	0,527
Arktische Kleidung	bis zu 4	bis zu 0,62

**Tab. 5.1: Beispiele für Wärmeisolationen von Arbeitskleidungen (s.a. DIN 33403, Teil 5 (1996))**

Die so bestimmbareren Isolationswerte gelten für in etwa gleichbleibende Klima- und Arbeitsbelastungen. Erfordert die Arbeitstätigkeit kurzzeitige Wechsel der Klima- oder Arbeitsbelastungen, kann die resultierende minimal erforderliche Bekleidungsisolierung  $I_{cl,min}$  durch zeitgewichtete Mittelwertbildung der Einzelresultate bestimmt werden. So ergibt sich z.B. bei zwei abzugrenzenden Arbeitszyklen :

$$I_{cl,min} = \frac{I_{cl,min,1} \cdot t_1 + I_{cl,min,2} \cdot t_2}{t_1 + t_2} \text{ bzw. } I_{cl,min} = p_1 \cdot I_{cl,min,1} + p_2 \cdot I_{cl,min,2}$$

mit

$I_{cl,min}$ :	minimal erforderliche Bekleidungsisolierung in clo
$I_{cl,min,1}$ :	bestimmte Bekleidungsisolierung während Arbeitszyklus 1
$I_{cl,min,2}$ :	bestimmte Bekleidungsisolierung während Arbeitszyklus 2
$t_1$ :	Dauer Arbeitszyklus 1
$t_2$ :	Dauer Arbeitszyklus 2
$p_1$ :	prozentualer Anteil Arbeitszyklus 1
$p_2$ :	prozentualer Anteil Arbeitszyklus 2

Lassen sich längere Wechsel innerhalb einer Arbeitsschicht (z.B. zwischen zwei Klimabereichen) nicht vermeiden, ist die Kälteschutzkleidung so zu wählen, dass durch Ab- und Anlegen der Überbekleidung eine Anpassung an die veränderten Bedingungen möglich ist, was z.B. durch die Wahl zweiteiliger Kälteschutzanzüge erreicht werden kann. Abgelegte Kleidungsstücke sollten dabei getrocknet werden.

In den vorausgegangenen Kapiteln wurde bereits mehrfach auf Gestaltungsmaßnahmen zur Reduzierung der Kältebelastung am Arbeitsplatz hingewiesen. Die verschiedenen Quellen entnommene nachfolgende Auflistung stellt damit insofern auch eine Zusammenfassung dar und ist vor dem Hintergrund des zuvor Ausgeführten zu sehen. Sie gliedert sich in die Bereiche

## 6 Gestaltungsmaßnahmen

- Maßnahmen in der Arbeitsumgebung
- Maßnahmen am Arbeitsort und an Arbeitsmitteln
- Organisatorische Maßnahmen
- Persönliche Schutzmaßnahmen

Die gewählte Gliederung ist an einer Maßnahmenhierarchie orientiert, d.h., zunächst sollten solche Maßnahmen geprüft werden, die die Kältebelastung an der Quelle reduzieren. Zu den organisatorischen Maßnahmen zählt insbesondere die Wahl angepasster Expositions- und Aufwärmzeiten für die Beschäftigten. Persönliche Maßnahmen zielen in erster Linie auf eine angepasste Bekleidung, darüber hinaus auf die Durchführung arbeitsmedizinischer Vorsorgeuntersuchungen bei Arbeiten in Umgebungen mit  $-25\text{ °C}$  und kälter ab (s.a. VBG 20 / BGV D4).

Die Dringlichkeit der Maßnahmen nimmt dabei naturgemäß mit der Kältebelastung zu.

Die unterschiedlichen Maßnahmenbereiche - hier insbesondere der Bereich organisatorischer und persönlicher Schutzmaßnahmen - werden auch anhand der Aussagen der Unfallverhütungsvorschrift VBG 20 (jetzt BG-Vorschrift BGV D4) für Arbeiten in Kühlräumen deutlich. Als Kühlräume werden hier solche Räume oder Behälter bezeichnet, in denen durch tech-

nische Kühlung eine Temperatur von +10 °C oder weniger gehalten wird. Grundsätzlich ist in diesen Räumen eine Kleidung zu tragen, die einen ausreichenden Kälteschutz bietet und die erforderlichenfalls vom Unternehmer zur Verfügung zu stellen ist. Unterhalb von -5 °C ist seitens des Unternehmers besondere Kälteschutzkleidung auch für Gesicht, Hände und Füße zur Verfügung zu stellen. Für den Temperaturbereich unterhalb von -25 °C werden detaillierte Forderungen für die Dauer der ununterbrochenen Arbeitszeiten, Aufwärmzeiten sowie der Gesamtdauer der Exposition gegeben, außerdem gelten für die dort Beschäftigten arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen mit regelmäßigen Nachuntersuchungen. Unterhalb von -45 °C ist eine Beschäftigung nur nach Maßgabe der von der Berufsgenossenschaft im Benehmen mit der für den medizinischen Arbeitsschutz zuständigen Behörde festgesetzten Aufenthalts- und Aufwärmzeiten möglich.

### 6.1 Arbeitsumgebung

Zu Maßnahmen, die die Kältebelastung in der Arbeitsumgebung reduzieren können, zählen:

- Die **Lufttemperatur** sollte nicht niedriger als betriebstechnisch unbedingt erforderlich sein.
- Die **Luftgeschwindigkeit** im Arbeitsbereich sollte z.B. durch geeignete Luftverteilungssysteme und/oder Klimaschleusen möglichst niedrig gehalten werden.
- **Zugluft** kann z.B. durch den Einsatz textiler Luftverteilungssysteme oder das Abschalten der Luftverteilungssysteme während der Arbeitsphasen verbunden mit dem Nachkühlen in arbeitsfreien Zeiten, vermieden werden.
- Der Einsatz von **Wärmestrahlern** zur gezielten Beheizung örtlich begrenzter Arbeitsbereiche sollte insbesondere bei weitgehend stationären Arbeiten in den Kältebereichen I und II geprüft werden.

Durch Kontaktkälte werden insbesondere die ohnehin klimaphysiologisch ungünstig beanspruchten Hände und Füße zusätzlich belastet. Durch Maßnahmen am Arbeitsort und an den Arbeitsmitteln können diese zusätzlichen Belastungen deutlich reduziert werden:

### 6.2 Arbeitsort und Arbeitsmittel

- Der **Fußboden** bzw. der Fußbodenbelag im Arbeitsbereich sollte möglichst wärmeisolierend sein.
- Prüfung der Möglichkeiten beheizter **Kontaktflächen** und **Bedienelemente**.
- Einsatz beheizbarer **Fahrerkabinen** und/oder beheizbarer Sitze bei Gabelstaplern.
- Bereitstellung von **Warmluftgeräten** und/oder **Wärmeplatten** zum aktiven Erwärmen der Hände und Füße.
- **Nässe** an Produkten und Arbeitsmitteln sollten vermieden werden.

### 6.3 Organisatorische Maßnahmen

Organisatorische Maßnahmen zielen auf die Einhaltung von Expositions- und Aufwärmzeiten sowie auf die Vermeidung von wechselnder Kältebelastungen ab; zu diesen zählen:

- Einhaltung der nach DIN 33403, Teil 5, empfohlenen maximalen Expositions- und erforderlichen **Aufwärmzeiten (Abb. 6.1)**.



Kältebereich	Lufttemperatur °C	Maximale, ununterbrochene Kälteexpositionszeit in min	Erforderliche Aufwärmzeit zur Kälteexpositionszeit %	Minstdauer der Aufwärmzeit in min
I	von +15 bis +10	150	5	10
II	unter +10 bis -5	150	5	10
III	unter -5 bis -18	90	20	15
IV	unter -18 bis -30	90	30	30
V	unter -30 bis -40	60	100	60
	unter -41	20	300	60

Abb. 6.1: Kälteexpositions- und Aufwärmzeiten nach DIN 33403, Teil 5 (1996)

- Einrichtung von **Aufwärm- und Umkleideräumen**, in denen die Lufttemperatur mindestens 21°C beträgt.

Häufig wechselnde Kältebelastung können durch organisatorische, verbunden mit baulichen Maßnahmen vermieden werden; hierzu zählen:

- **Arbeitsteilung** zwischen unterschiedlichen Klimabereichen
- Einrichtung von **Zwischenlagerräumen**
- bei der Verladung: **überbaute Rampen** mit möglichst klimadichtem Abschluss an Lastkraftwagen

Von zentraler Bedeutung ist hier die Auswahl einer angepassten Bekleidung mit ausreichenden Isolationseigenschaften:

- Verwendung von **Kälteschutzkleidung** mit mindestens der erforderlichen Isolation (IREQ); die Ausführungen in Kapitel 5 erlauben hierzu die Bestimmung der erforderlichen Isolationseigenschaften der Gesamtbekleidung; evtl. Bereitstellung beheizbarer Kälteschutzkleidung.
- Insbesondere in den Kältebereichen III-V sollten beheizte Anlagen und **Trockenschränke** für Körperschutzkleidung bereitgestellt werden.
- Die von Unterkühlung besonders häufig betroffenen Hände und Füße sind in allen Kältebereichen besonders zu schützen.
- Durch **wechselweisen Einsatz** von 2 Paar Schuhen und Handschuhen, von denen jeweils ein Paar getragen, das andere in Trockenschränken getrocknet und erwärmt wird, können Kältebelastungen im Fuß- und Handbereich reduziert werden.
- Als optimal können drei gleiche **Kälteschutzkleidungskombinationen** bezeichnet werden, und zwar zum Tragen, Trocknen und Reinigen.

## 6.4 Persönliche Schutzmaßnahmen

- Bei der Wahl der **Schutzhandschuhe** sind i.d.R. weitere Anforderungen an Schutzwirkungen zu berücksichtigen; u.U. kann die erforderliche Schutzwirkung nur durch mehrere Handschuhe erreicht werden.
- Arbeiten bei -25 °C und kälter erfordern die Durchführung arbeitsmedizinischer **Vorsorgeuntersuchungen** entsprechend G 21.

Häufige Klimawechsel können die thermische Belastung erheblich verstärken und sollten vermieden werden. Ist dies nicht möglich, sollte Kälteschutzkleidung gewählt werden, die sich bezüglich ihrer Wärmeisolation diesen Veränderungen durch An- und Ablegen von Kleidungsstücken der Überbekleidung anpassen lässt, letztlich auch, um Schweißbildung zu vermeiden, die ihrerseits zum einen die Isolationseigenschaften der Bekleidung verringert, zum anderen durch Verdunstungskälte zusätzlich belastend wirkt.

## 7 Schrifttum

*ArbStättV* - Arbeitsstättenverordnung (letzte Änderung vom 04.12.1996)

### 7.1 Vorschriften, Normen, Regelwerke

*ASR 6/1,3* - Arbeitsstättenrichtlinie - Raumtemperaturen, 1984

*DIN V ENV 342* - Schutzkleidung: Kleidungssysteme zum Schutz vor Kälte, 1998

*DIN V ENV 343* - Schutzkleidung: Schutz gegen schlechtes Wetter, 1998

*DIN EN 511* - Schutzhandschuhe gegen Kälte; Deutsche Fassung, 1994

*DIN V ENV 11079* - Bewertung von Kälteumgebungen - Bestimmung der erforderlichen Isolation der Bekleidung (IREQ), Deutsche Fassung (ISO TR 11079:1993), 1998

*DIN 33403* - Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung, Teil 1: Grundlagen der Klimaermittlung, 1984

*DIN 33403* - Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung; Teil 5: Ergonomische Gestaltung von Kältearbeitsplätzen, 1996

*G 21* - Berufsgenossenschaftliche Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen - Kältearbeiten, Gentner Verlag, Stuttgart

*VBG 20 (BGV DV)/BGV D4* - Kälteanlagen, Wärmepumpen und Kühleinrichtungen vom 1. Oktober 1987 in der Fassung vom 1. Januar 1997

*ZH 1/600.21 (BGI 504-21)* - Auswahlkriterien für die spezielle arbeitsmedizinische Vorsorge nach den Berufsgenossenschaftlichen Grundsätzen für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen - Kältearbeiten; Carl Heymanns Verlag, Köln

*ZH 1/700 (BGR 189)* - Regeln für den Einsatz von Schutzkleidungen Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Fachausschuss "Persönliche Schutzausrüstung", Carl Heymanns Verlag, Köln

ZH 1/702 (BGR 191) - Regeln für den Einsatz von Fußschutz: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Fachausschuss "Persönliche Schutzausrüstung", Carl Heymanns Verlag, Köln

## 7.2 Literatur

- Brück, K.:* Wärmehaushalt und Temperaturregelung. In: Schmidt, R. F. & Thews, G. (Eds.): Physiologie des Menschen. Berlin: Springer, 1980
- Forsthoff, A.:* Arbeit in -28 °C - Arbeitsphysiologische Untersuchungen zur klimatischen Belastung bei Körperarbeit in extrem tiefen Umgebungstemperaturen unter besonderer Berücksichtigung der Kühlhausarbeit. Dokumentation Arbeitswissenschaft, Band 9; Verlag Otto Schmidt, 1983
- Forsthoff, A.:* Kältearbeit bei -30 °C. In: Klima am Arbeitsplatz - Vorträge der Informationstagung am 21. und 22. März 1990 in Dortmund, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz- Tagungen- Tb 53, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven, 1990
- Grandjean, E.:* Physiologische Arbeitsgestaltung - Leitfaden der Ergonomie, Ott Verlag, Thun, 1979
- Gebhardt, Hj., B.H. Müller:* Ergonomische Gestaltung von Kältearbeitsplätzen. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Quartbroschüre Technik Nr. NN, Dortmund 2000 (im Druck)
- Gebhardt, Hj., B.H. Müller, Th. Hettinger, B. Pause:* Physiologische Bewertung von Strahlungsheizungen, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz Forschung- Fb 726, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven, 1995
- Griefahn, B.:* Arbeit in mäßiger Kälte, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz -Forschung- Fb 716, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven, 1995
- Grieshaber, R., W. Steinhauer:* Gestaltung von Kältearbeitsplätzen bei Raumtemperaturen < 10 Grad Celsius und Temperaturen des Verarbeitungsgutes < 7 Grad Celsius. Abschlussbericht der Forschungsgesellschaft Angewandte Systemsicherheit und Arbeitsmedizin e.V., Mannheim 1994
- Häcker, H.:* Psychologische Determinanten von Kältearbeit bei -30 °C. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz -Forschung- Fb 563, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven, 1989
- Hahne, H.:* Ergonomische Gestaltung von Kältearbeitsplätzen - Erläuterungen zur DIN 33403, Teil 5. In: Die BG, Februar 1997, S. 73-77
- Hahne, H.:* Personenversuche zu Kältearbeit. In: Die BG, Dezember 1998, S. 758-762
- Krastel, D., I. Lepenies, H. Müller-Arnecke:* Klima: Kältebelastung - Wärmebelastung. In: Ermittlung gefährdungsbezogener Arbeitsschutzmaßnahmen im Betrieb - Ratgeber, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin- Sonderschrift. S 42, 2. überarb. Auflage, Dortmund/Berlin, 1998
- Kleinöder, R.:* Ergonomische Gestaltung von Kältearbeit bei -30 °C in Kühl- und Gefrierhäusern, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz - Forschung- Fb 562, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven, 1988
- Mehnert, P.:* Arbeits- und Gesundheitsschutz im Fleischer-Handwerk. In: Arbeit, Heft 2, Jg. 7 (1998), S. 150-168
- Müller, R.:* Kältearbeit in der Genussmittelindustrie. In: Klima am Arbeitsplatz - Vorträge der Informationstagung am 21. und 22. März 1990 in Dortmund, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz- Tagungen- Tb 53, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven, 1990

*Müller-Arnecke, H., U. Hold*: Ergonomische Gestaltung von Kältearbeit im Bereich von 0 °C, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin- Forschung- Fb 845, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven, 1999

*Westhof, Schmidt*: Fachteil Kältearbeit zur Arbeitsmappe Mensch - Klima - Arbeit. Hessische Landesanstalt für Umwelt, Zentralstelle für Arbeitsschutz, Kassel (1995)

#### **Weitere Literaturhinweise**

bietet die Bibliothek/Dokumentation der **Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin** u.a. in Form von

- **individuellen Recherchen** in hauseigenen Literaturdatenbanken oder
- **Profildienst-Abonnements** (periodische Literaturzusammenstellungen) zu verschiedenen Themen

Nähere Informationen über die Dienstleistungen und Entgelte sowie ein Bestellformular erhalten Sie unter:

Tel.: (0231) 90 71 - 305

Fax: (0231) 90 71 - 435