

## 8.1 Klima

Hitze am Arbeitsplatz kann zur Belastung des Herz-Kreislauf-Systems, der Atemwege und des Wasser- und Elektrolythaushalts führen. Im extremen Fall können Hitzeerkrankungen wie Hitzekrämpfe, Hitzekollaps und Hitzschlag ausgelöst werden.

Bei extremer Kälte kann es zur Unterkühlung und lokalen Erfrierungen des Körpers kommen. Die kältebedingte Minderdurchblutung von Haut und Extremitäten ruft Kälteempfindungen sowie Einschränkungen von Beweglichkeit, Sensibilität und Geschicklichkeit hervor. Die Abkühlung kann im extremen Fall eine lebensbedrohliche Absenkung der Körperkerntemperatur mit Bewusstseinsverlust zur Folge haben.

### 8.1.1 Einführung

#### Klima am Arbeitsplatz

Das Klima am Arbeitsplatz lässt sich grob in folgende Bereiche gliedern:

- Kältebereich
- thermisch-neutrales Klima beziehungsweise Behaglichkeitsbereich
- Erträglichkeits- und Hitzebereich

#### Wirkung auf den Menschen

Die Wirkung des Klimas auf den Menschen wird bestimmt durch die Klimagrößen

- Lufttemperatur
- Luftfeuchtigkeit
- Luftgeschwindigkeit
- Wärmestrahlung (Maschinen, Lampen, Wandflächen, Fenster)

und die personenbezogenen Größen

- energetische Arbeitsbelastung
- Bekleidung

#### Behaglichkeitsbereich

Im thermisch neutralen Klima, das weitgehend identisch mit dem Behaglichkeitsbereich ist, befindet sich der Wärmeaustausch des Menschen mit der Umgebung im Gleichgewicht, das heißt erzeugte und aufgenommene Wärmeenergie entsprechen der Wärmeabgabe. In relativ engen Grenzen kann der Mensch die Wärmebilanz ausgleichen. Zur Regulierung bestehen folgende Möglichkeiten:

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

#### Grenzen der Kompensation

Bei hochgradiger Wärme- oder Kältebelastung werden die Grenzen der internen (thermophysiologischen) und externen (verhaltensbezogenen) Möglichkeiten zur Kompensation überschritten. Es können dann in Abhängigkeit von Art, Intensität und Dauer der thermischen Einwirkung akute oder chronische Gesundheitsschäden entstehen.

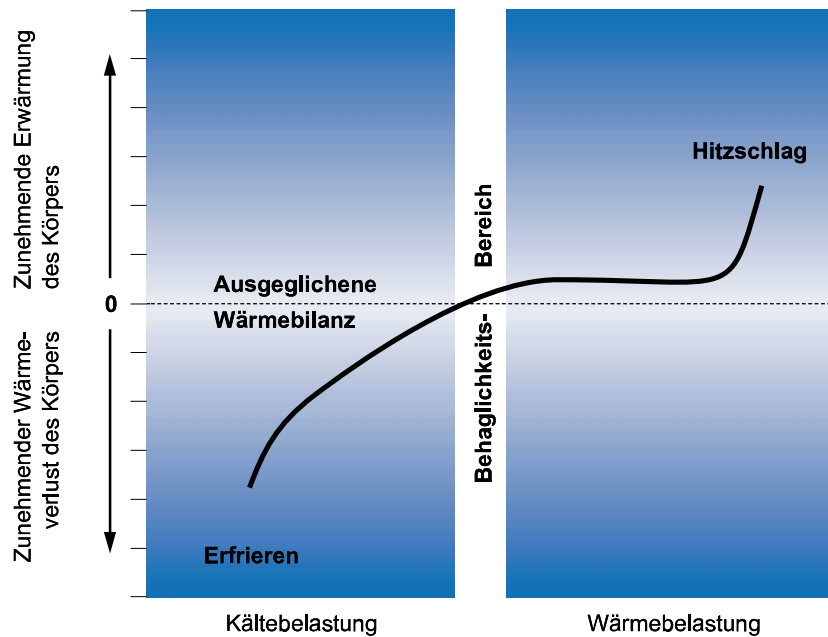


Abbildung 8.1-1. Die Wärmebilanz des Körpers bei verschiedenen Klimabelastungen (nach E. Grandjean)

Den Zusammenhang zwischen den Einflussgrößen und Körperreaktionen verdeutlicht Abbildung 8.1-2.

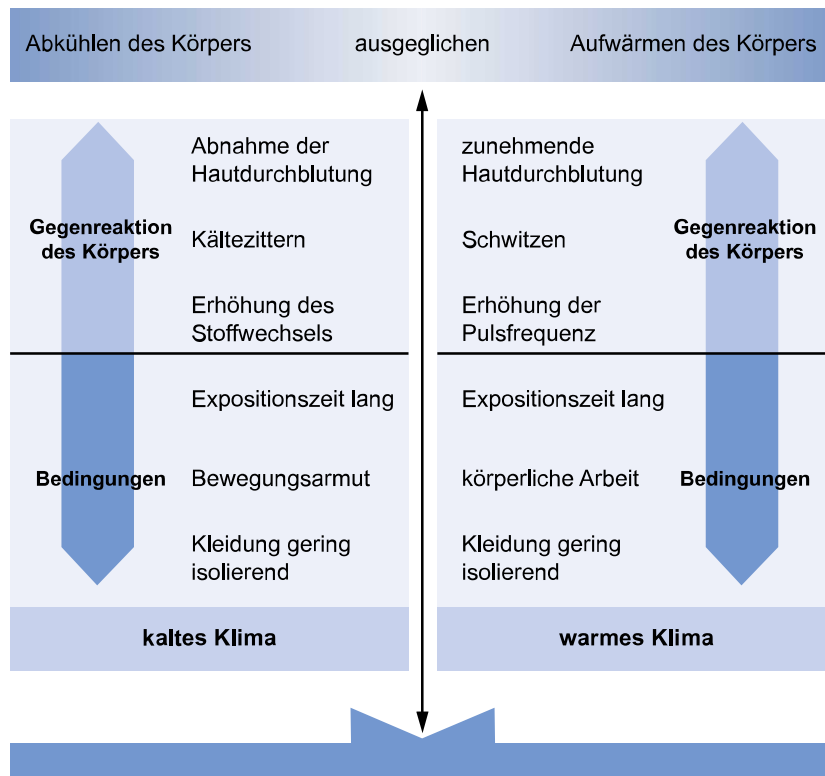


Abbildung 8.1-2. Wärmebilanz des menschlichen Körpers

### Thermisch-neutrales Klima

In Anhang 3.5 und 3.6 der [ArbStättV](#) sind Festlegungen zu Lüftung und Raumtemperaturen getroffen, die einzuhalten sind (siehe auch [ASR A3.5](#) und [ASR A3.6](#)).

Anhaltspunkte für ein behagliches Raumklima bei leichter und hauptsächlich sitzender Tätigkeit gibt Tabelle 1. Auf geeignete Kleidung und möglichst geringe Wärmeleitung durch Hautkontakt sollte geachtet werden.

**Tabelle 8.1-1** Empfohlene Behaglichkeitsgrenzen für das Umgebungsklima bei leichter und hauptsächlich sitzender Tätigkeit nach DIN EN ISO 7730 (gilt für Kategorie B, was Büros o.ä. Bereichen entspricht)

| Klimagrößen                                                                               |     | Winterbedingungen<br>(Heizperiode) | Sommerbedingungen<br>(Kühlungsperiode) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|------------------------------------|----------------------------------------|
| operative Raumtemperatur <sup>1)</sup>                                                    | °C  | 20 - 24                            | 23 - 26                                |
| Temperaturdifferenz zwischen 1,10 m und 0,10 m oberhalb des Fußbodens (Kopf- und Fußhöhe) | °C  | < 3                                | < 3                                    |
| Oberflächentemperatur des Fußbodens                                                       | °C  | 19 - 29                            |                                        |
| mittlere Luftgeschwindigkeit, abhängig von Lufttemperatur und Turbulenzgrad               | m/s | < 0,16                             | < 0,20                                 |
| relative Luftfeuchtigkeit <sup>2)</sup>                                                   | %   | 40                                 | 60                                     |

<sup>1)</sup> Die operative Raumtemperatur  $t_o$  ist annähernd der Mittelwert von Lufttemperatur  $t_a$  in °C und mittlerer Strahlungstemperatur  $t_r$  in °C.

<sup>2)</sup> Bei nicht klimatisierten und natürlich belüfteten Räumen hängt die relative Luftfeuchtigkeit stark von den Außenbedingungen ab. Witterungsbedingte Feuchteschwankungen bleiben deswegen unberücksichtigt (siehe auch [ASR A3.6](#))

### Klimaermittlung

Grundlagen zur Klimaermittlung und Anforderungen an Messgeräte enthalten DIN-Fachbericht 128 und DIN EN ISO 7726.

Protokolle von Klimamessungen sollten außer den eigentlichen Messergebnissen folgende Angaben enthalten, sofern diese entscheidenden Einfluss auf das Klima haben:

- Messzeit (Datum, Uhrzeit, Dauer)
- Messort, Messpunkte (gegebenenfalls Skizze)
- Raummaße, Beschaffenheit der umgebenden Flächen
- Messgeräte (zum Beispiel Hersteller, Typ, Baujahr, Messbereich)
- Betriebsverhältnisse, insbesondere solche, die auf das Klima Einfluss haben, zum Beispiel Anzahl der Personen, Beleuchtung, Lastzustände von Maschinen und Anlagen und andere Wärmequellen sowie Luftströmungen aufgrund von Fenstern, Toren und Hallendachöffnungen
- Außenklimaverhältnisse (zum Beispiel Lufttemperatur, Luftfeuchte, Sonne, Luftgeschwindigkeit).

Ein Messprotokoll zur Klimamessung finden Sie in der Anlage 1.

Anlage 2 enthält Begriffserklärungen.

## 8.1.2 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen - Kälte

### Kältebereiche

Nach DIN 33403-5 unterscheidet man fünf Kältebereiche:

Tabelle 8.1-2 Kältebereiche

| Kältebereich | Benennung             | Lufttemperatur $t_a$ [°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                 |

Kälte kann durch Geräte, Verfahren oder Witterungsbedingungen verursacht werden, zum Beispiel

- in Kühlhäusern, in der Lebensmittel-, Getränkeindustrie, bei Arbeiten im Freien,
- in der Land- und Forstwirtschaft oder Bauindustrie.

### Gesundheitsgefahren

Bereits leichte Abweichungen vom Behaglichkeitsbereich mindern das Wohlbefinden. Die kältebedingte Minderdurchblutung von Haut und Extremitäten ruft Kälteempfindungen sowie Einschränkungen von Beweglichkeit, Sensibilität und Geschicklichkeit hervor. Durch die gleichzeitige Abnahme des Reaktionsvermögens, der Aufmerksamkeit und der Leistungsfähigkeit erhöht sich die Unfallgefahr.

Die Minderdurchblutung von Haut und Extremitäten kann bei starker Abkühlung örtliche Schäden des Körpergewebes (Erfrierungen 1. bis 4. Grades) verursachen. Anhaltender starker Wärmeentzug kann zu einer Abkühlung des Gesamtorganismus führen. Die Abkühlung kann im extremen Fall eine lebensbedrohliche Absenkung der Körperkerntemperatur mit Bewusstseinsverlust zur Folge haben.

## 8.1.3 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen - Hitze

### Ursachen

An vielen Arbeitsplätzen, zum Beispiel in der Metall-, Glas-, Keramik- und Gummiindustrie, treten neben den witterungsbedingten Hitzeeinwirkungen auch technologisch bedingte Wärmebelastungen durch hohe Temperaturen und hohe Wärmestrahlungsintensitäten auf.

### Gesundheitsgefahren

Steigen die Umgebungstemperaturen über 26°C an, ist mit Konzentrationsmängeln, Leistungsabfall, Zunahme von Arbeitsfehlern, Erschöpfung, Ermüdung und Zunahme von Unfällen zu rechnen. Hochgradige Wärmeeinwirkung kann auch zur Belastung des Herz-Kreislauf-Systems, der Atemwege und des Wasser- und Elektrolythaushalts führen. Im extremen Fall können Hitzeerkrankungen wie Hitzekrämpfe, Hitzekollaps und Hitzschlag ausgelöst werden. Durch direkten Kontakt mit heißen Oberflächen, Flüssigkeiten, Dämpfen oder durch Einwirkung intensiver Wärmestrahlung können lokale Gewebeschäden (Verbrennungen, Verbrühungen) entstehen (siehe auch Abschnitt "Thermische Gefährdungen").

## 8.1.4 Grenzwerte, Beurteilungskriterien - Kälte

### Gefährdungsabschätzung

Für eine grobe Einschätzung des Gesundheitsrisikos bei **Arbeiten im Freien** unter Berücksichtigung auch höherer Luftgeschwindigkeiten kann Abbildung 8.1-3 als Anhaltspunkt dienen (siehe auch DIN EN ISO 15743).

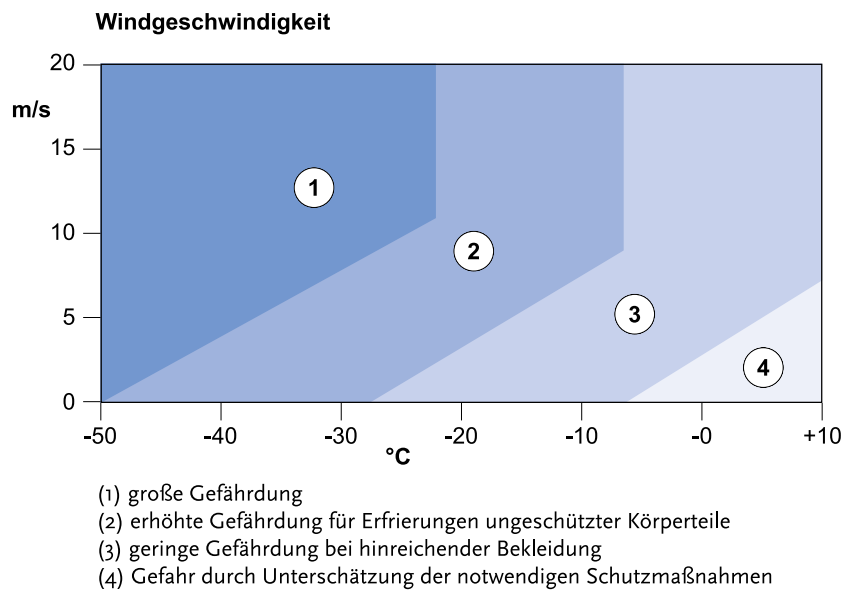


Abbildung 8.1-3. Bereiche kalter Klimabedingungen mit verschieden großer Gefährdung des Menschen

### Einflussgrößen

Folgende Einflussgrößen, die sich nach DIN-Fachbericht 128 und DIN 33403-5 ermitteln beziehungsweise an Hand von Tabellen abschätzen lassen, sind für thermische Belastungen an Kältearbeitsplätzen maßgebend:

- Lufttemperatur
- Luftgeschwindigkeit
- Wärmestrahlung
- energetische Arbeitsbelastung
- Wärmeisolation der Bekleidung
- Expositionszeit

Die DIN 33403-5 gilt nur für **Arbeiten in Räumen** (z.B. Kühlhaus). Für Arbeiten im Freien (z.B. Baustellen) ist die DIN EN ISO 15743 zu verwenden.

### Mittlere Hauttemperatur

Die thermischen Belastungen bei Kältearbeit sollten so gering wie möglich sein oder im Erträglichkeitsbereich liegen. Erträgliche Bedingungen sind nach DIN 33403-5 dann gegeben, wenn die mittlere Hauttemperatur (gemessen nach DIN EN ISO 9886) nicht unter +30°C absinkt.

Besonders häufig treten lokale Unterkühlungen an Kopf, Gesicht (Nase, Kinn, Ohren), Händen (Finger) und Füßen (Zehen) auf. Die Schutzmaßnahmen sollten mindestens sicherstellen, dass an keiner dieser Körperstellen die Hauttemperatur unter +12°C absinkt.

## 8.1.5 Grenzwerte, Beurteilungskriterien - Hitze

### Einflussgrößen

Einflussgrößen der thermischen Belastung sind:

- Lufttemperatur
- Luftfeuchtigkeit
- Luftgeschwindigkeit
- Wärmestrahlung
- energetische Arbeitsbelastung

- Wärmeisolation der Bekleidung
- Expositionszeit

### Klimasummenmaße

Klimasummenmaße sollen die durch verschiedene Einflussgrößen bedingte komplexe thermische Beanspruchung des Menschen in einem Zahlenwert zusammenfassen.

#### Beurteilungsmaßstäbe

Als Beurteilungsmaßstab im Hitzeclima können die Klimasummenmaße nach DIN 33403-3 dienen:

- Normal-Effektivtemperatur NET (ohne Wärmestrahlung, normale Kleidung)
- Basis-Effektivtemperatur BET (ohne Wärmestrahlung, Arbeit mit unbedecktem Oberkörper)
- WBGT-Index (Wet Bulb Globe Temperature, mit Wärmestrahlung)
- vorhergesagte Wärmebeanspruchung PHS (DIN EN ISO 7933, Anlage 6)

Die zur Ermittlung der Klimasummenmaße erforderlichen Klimagrößen werden in DIN-Fachbericht 128 sowie DIN EN ISO 7726 beschrieben.

#### Berücksichtigung der Umgebungsbedingungen

Bei der Anwendung der Klimasummenmaße muss berücksichtigt werden, dass sie nicht bei allen Umgebungsbedingungen zuverlässige Orientierungswerte liefern.

Die Normal-Effektivtemperatur unterschätzt die Klimabelastung im trocken-warmen Klimabereich und berücksichtigt die Belastung durch Wärmestrahlung nicht. Sie wird aus einem Nomogramm ermittelt und in den Auswahlkriterien für die arbeitsmedizinische Vorsorge als Klimamaß für die Angabe von Richtwerten verwendet (siehe [AMR Nr. 13.1](#)).

Die Anwendung der Basis-Effektivtemperatur ist besonders im feucht-warmen Klima durch Erfahrungswerte aus dem Bergbau abgesichert, berücksichtigt aber ebenfalls die Belastung durch Wärmestrahlung nicht.

Der WBGT-Index ist relativ einfach zu erfassen. Er ist für die Bewertung zeitlich konstanter Klimabedingungen geeignet.

Das Klimasummenmaß "Vorhergesagte Wärmebeanspruchung" beruht auf einem physiologischen und physikalischen Modell der Wärmeabgabe des Menschen an die Umgebung und berücksichtigt alle Einflussgrößen der thermischen Belastung. Es bestimmt die für den Ausgleich der Wärmebilanz (Wärmeabgabe = Wärmezufuhr) erforderliche Schweißabgabe und erlaubt es, innerhalb eines weiten Bereichs der Klimaparameter maximale zulässige Expositionsdauern abzuschätzen.

(Anlage 6: Berechnung der vorhergesagten Wärmebeanspruchung – PHS)

### Orientierungswerte für die Erträglichkeit von Klimabelastungen

#### Ermittlung der Erträglichkeitsgrenze

In Tabelle 8.1-3 sind Orientierungswerte für die Erträglichkeitsgrenze anhand des WBGT-Indexes angegeben. Zur Einstufung des Arbeitsenergieumsatzes ist Tabelle 1 der DIN 33403-3 anzuwenden. Die Orientierungswerte gelten für eine achtstündige Expositionszeit bei konstanten Klimabedingungen. Bei zeitlich schwankenden Klimabelastungen ist ein angemessen langer Beurteilungszeitraum zu betrachten (siehe DIN EN ISO 2743).

**Tabelle 8.1-3** WBGT<sub>eff</sub>-Richtwerte für fünf Klassen von Energieumsatzniveaus für akklimatisierte und nicht akklimatisierte Personen (nach DIN EN ISO 7243)

| Energieumsatz<br>(Klasse)                     | Energieumsatz<br>[W] | WBGT-Richtwert für<br>akklimatisierte Personen<br>[°C] | WBGT-Richtwert für nicht<br>akklimatisierte Personen<br>[°C] |
|-----------------------------------------------|----------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Klasse 0<br>Energieumsatz im Ruhe-<br>zustand | 115                  | 33                                                     | 32                                                           |
| Klasse 1<br>Niedriger Energieumsatz           | 180                  | 30                                                     | 29                                                           |
| Klasse 2<br>Mittlerer Energieumsatz           | 300                  | 28                                                     | 26                                                           |
| Klasse 3<br>Hoher Energieumsatz               | 415                  | 26                                                     | 23                                                           |
| Klasse 4<br>Sehr hoher Energieumsatz          | 520                  | 25                                                     | 20                                                           |

### Wärmestrahlung

Belastungen durch technisch bedingte Wärmestrahlung lassen sich nicht immer ausschließen. Belastungsgrenzen durch Wärmestrahlung (Orientierungswerte) sind in Bild 5 der DIN 33403-3 für Dauerbelastung (Achtstundenschicht) und in Bild 6 der DIN 33403-3 für Kurzzeitbelastung (1 bis 2 Stunden) angegeben.

### Effektive Bestrahlungsstärke

Durch Wärmestrahlung nimmt der Mensch aus seiner Umgebung Wärme auf und gibt gleichzeitig Wärme ab. Die Differenz zwischen der durch Strahlung zugeführten und der durch Strahlung abgeführten Wärmestromdichte wird effektive Bestrahlungsstärke  $E_{\text{eff}}$  genannt. Sie wird aus Gründen einer einheitlichen Bezugsbasis auf eine Haut- oder Oberflächentemperatur des Menschen von 32 °C bezogen. Sie stellt damit den auf diese Basis bezogenen, aus Wärmestrahlung resultierenden Wärmestrom je Fläche dar.

Die Wärmestrahlungsexposition kann in Abhängigkeit von der effektiven Bestrahlungsstärke (siehe DIN 33403-3) grob in drei Bereiche (A, B, C) unterteilt werden.

(A)  $E_{\text{eff}} < 35 \text{ W/m}^2$ :

Ist die mittlere effektive Bestrahlungsstärke nicht höher als  $35 \text{ W/m}^2$ , so hat die Wärmestrahlung keinen zusätzlich arbeitsbelastenden Einfluss. Hier sind die übrigen Klimaparameter insbesondere Lufttemperatur und Luftfeuchte - ausschlaggebend. Arbeitsenergieumsätze bis zu  $300 \text{ W}$  sind möglich.

(B)  $35 \text{ W/m}^2 < E_{\text{eff}} \leq 300 \text{ W/m}^2$ :

In diesem Wertebereich der mittleren effektiven Bestrahlungsstärke ist eine Dauerexposition nur bei Arbeitsenergieumsätzen unterhalb der in Bild 4 der DIN 33403-3 eingetragenen Geraden möglich. Oberhalb dieser Geraden sind Muskelerholzeiten erforderlich. Ein Verbleib im Wärmestrahlungsbereich ist möglich.

(C)  $E_{\text{eff}} > 300 \text{ W/m}^2$ :

Bei mittleren effektiven Bestrahlungsstärken oberhalb von  $300 \text{ W/m}^2$  sind in jedem Fall Entwärmungsphasen erforderlich. Eine Dauerexposition ist nicht zulässig. Bei höherer Bestrahlungsstärke ist auch bei kurzer Einwirkung auf die ungeschützte Haut unter Umständen eine Verbrennungsgefahr gegeben.

### Unbekleidete Hautpartien

Auf unbekleidete Hautpartien darf Wärmestrahlung nicht unbegrenzt einwirken. Aus Bild 7 der DIN 33403-3 ist zu entnehmen, ob eine Wärmestrahlungs-Schutzkleidung zum Schutz vor Verbrennungen getragen bzw. ob die Zeitspanne des Arbeitseinsatzes ohne Verwendung von Schutzkleidung begrenzt werden muss.

### Arbeitsmedizinische Vorsorge

Arbeitgeber haben für Beschäftigte, die einer extremen Hitzebelastung ausgesetzt sind, arbeitsmedizinische Pflichtvorsorge zu veranlassen (siehe § 4 Abs. 1 in Verbindung mit Anhang Teil 3 Abs. 1 Nr. 1 [ArbMedVV](#)). Richtwerte der Normal-Effektivtemperatur (NET) in [°C] sowie für die effektive Bestrahlungsstärke  $E_{\text{eff}}$  in [W/m²], die für die Auswahl der zu untersuchenden Beschäftigten dienen, sind in der [AMR Nr. 13.1](#) zu finden.

## 8.1.6 Arbeitsschutzmaßnahmen - Kälte

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf Arbeitsplätze in technisch gekühlten Räumen, wie z. B. Kühlräume, Tiefkühlager oder Frischeräume in der Lebensmittelindustrie. Arbeitsplätze im Freien müssen gesondert betrachtet werden, da hier zusätzliche Einflüsse hinzukommen insbesondere durch witterungsbedingte Belastungen wie Wind und Niederschläge. Praktische Hinweise für Arbeitsplätze im Freien bei Kälte sind in der Norm DIN EN ISO 15743 Ausgabe 2008-11 "Ergonomie der thermischen Umgebung - Arbeitsplätze in der Kälte - Risikobewertung und Management" zu finden.

### Maßnahmen zur Reduzierung der Kältebelastung

Maßnahmen zur Reduzierung der Kältebeanspruchung der Beschäftigten können sein:

- **Kältebelastung reduzieren**  
Die Lufttemperatur ist die grundlegende und wichtigste Belastungsgröße und sollte nicht niedriger als technologisch erforderlich sein.
- **Zugluft vermeiden**  
Die Luftgeschwindigkeit ist möglichst gering zu halten. DIN 33403-5 empfiehlt für vorwiegend sitzende oder stehende Tätigkeiten eine mittlere Luftgeschwindigkeit von  $<0,20 \pm 0,10$  m/s.
- **Wärmestrahler einsetzen**

### Arbeitsschutzmaßnahmen bei häufig wechselnden Klimabelastungen

- **häufig wechselnde Klimabelastungen zwischen den Kältebereichen sowie zwischen Kältebereich und Außenklima einschränken**, zum Beispiel durch
  - überbaute Rampen mit möglichst klimadichtem Abschluss an Lastkraftwagen
  - beheizbare Fahrerkabinen (Gabelstapler)
  - Einrichtung von Zwischenlagerräumen
  - Arbeitsteilung zwischen den Klimabereichen
- **Persönliche Schutzausrüstung (PSA) verwenden**  
Die Bekleidung ist an die jeweiligen Arbeits- und Klimabedingungen anzupassen, eventuell ist beheizbare Kälteschutzkleidung zur Verfügung zu stellen, siehe Anlage 3: Beispiele für Isolationswerte verschiedener Bekleidungen (trocken).
- **Aufwärmzeiten beachten**  
nach DIN 33403-5 empfohlene Kälteexpositions- und Aufwärmzeiten möglichst einhalten (siehe Tabelle 8.1-4).

**Tabelle 8.1-4** Kälteexpositions- und Aufwärmzeiten nach DIN 33403-5

| Kältebereich | Lufttemperatur $t_a$ (°C) | Maximale, ununterbrochene Kälteexpositionszeit (min) | Empfohlene Aufwärmzeit in % zur Kälteexpositionszeit | Empfohlene Aufwärmzeit (gerundete Werte) (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                 | 60                                                   | 100                                                  | 60                                             |

**– Bedingungen in Pausenräumen**

- Aufwärm- und Umkleieräume einrichten (Anhang 4.1 und 4.2 [ArbStättV](#))
- Raumtemperatur muss mindestens +21°C betragen, Räume sollen trocken und zugluftfrei sein
- eventuell Einrichtungen zur Wiedererwärmung der Hände und Füße vorsehen (Warmluftgeräte, Wärmeplatten)

**– Kleidung trocknen / Trockenschränke vorsehen**

- Möglichkeit schaffen, Kälteschutzkleidung abzulegen und zu trocknen
- für Arbeit in den Kältebereichen III und IV sollten Einrichtungen zur Trocknung (Trockenschränke) und Erwärmung der Kleidung, Stiefel und Handschuhe vorsehen werden.

**– Kontaktkälte**

Kontaktkälte ist möglichst zu vermeiden. (siehe [Kalte Medien](#))

**– Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen**

Beschäftigte, die bei Temperaturen unter -25°C arbeiten, sind gemäß [Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge \(ArbMedVV\)](#) arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen zu unterziehen (Pflichtvorsorge). Derzeit gibt es kein dies vertiefendes Dokument, da die BGI 504-21 Auswahlkriterien für die spezielle arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 21 Kältearbeiten zurückgezogen wurde.

## 8.1.7 Arbeitsschutzmaßnahmen - Hitze

### Technische Maßnahmen

**– Gebäudegestaltung**

Dachüberstände, Auskragungen, Jalousien, absorbierendes oder reflektierendes Fensterglas können die Sonnenstrahlung erheblich abschirmen.

**– Luftführung**

Natürliche Lüftung oder Lüftungstechnische Anlagen (Ventilatoren, Luftduschen) sorgen für Abkühlung durch erhöhten Luftwechsel oder höhere Luftgeschwindigkeiten.

**– Luftkühlung**

In räumlich engumgrenzten Bereichen (Steuerstände, Krankabinen) sollte die zugeführte Luft gekühlt werden. Die Temperaturdifferenz zwischen dem gekühlten Raum und der Umgebung sollte nicht mehr als 4 bis 6°C betragen.

**– Klimatisierung**

Die Klimatisierung von Arbeitsplätzen und -bereichen ist anzustreben. Strahlungswärme muss auf andere Art beseitigt werden.

**– Wärmestrahenschutz**

Die Wärmestrahlung sollte verringert werden, zum Beispiel durch:

- Anlagenkapselung
- Schutzgläser
- Drahtgewebe
- Hitzeschutzschirme
- Kettenvorhänge

### Ergonomisch-organisatorische Maßnahmen

- **Reduzierung der Arbeitsschwere**  
Reduzierung der Muskelarbeit großer Muskelgruppen (Arm-, Bein- und Rumpfmuskulatur) auf das unbedingt erforderliche Maß.
- **Muskel-Erholungszeiten**  
Viele kurze muskuläre Pausen im klimabelasteten Bereich sind effektiver als wenige längere.
- **Entwärmungsphasen**  
Die Entwärmungsphasen sollten länger als 10 Minuten sein. Das Klima in den Aufenthaltsräumen sollte im Behaglichkeitsbereich liegen (Anlage 5: Entwärmungsphasen).
- **persönliche Schutzausrüstung**  
Lassen sich durch technische und ergonomisch-organisatorische Maßnahmen die Klimabelastungen nicht weiter reduzieren, müssen persönliche Schutzausrüstungen getragen werden, die den jeweiligen Anforderungen (§ 4 ArbSchG; PSA-BV) bestmöglich anzupassen sind.
- **Akklimatisation, Hitzegetränke**  
Eine langsame Gewöhnung an Hitzearbeit (Akklimatisation) und eine ausreichende Getränkeaufnahme tragen wesentlich zur Herabsetzung der Hitzebeanspruchung bei.
- **Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen**  
Für Beschäftigte, die Tätigkeiten mit extremer Hitzebelastung ausüben, sind regelmäßig arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen nach ArbMedVV zu veranlassen.

## 8.1.8 Vorschriften, Regelwerk, Literatur - Kälte

### Gesetze, Verordnungen

- Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV)
- PSA-Benutzungsverordnung (PSA-BV)

### Technische Regelwerke zu den Arbeitsschutzverordnungen

- ASR A3.5: Raumtemperatur
- ASR A3.6: Lüftung

### Vorschriften der Unfallversicherungsträger

- DGUV Vorschrift 1: Grundsätze der Prävention

### Weitere Regeln der Technik

- DIN EN 342: Schutzkleidung - Kleidungsstücke zum Schutz gegen Kälte
- DIN 33403-5: Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung : Ergonomische Gestaltung von Kältearbeitsplätzen
- DIN 50010-2: Klimate und ihre technische Anwendung : Klimabegriffe : Physikalische Begriffe
- DIN EN 340: Schutzkleidung : Allgemeine Anforderungen
- DIN EN ISO 7726: Umgebungsklima - Instrumente zur Messung physikalischer Größen
- DIN EN ISO 9886: Ergonomie - Ermittlung der thermischen Beanspruchung durch physiologische Messungen
- DIN-Fachbericht 128: Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung – Grundlagen zur Klimaermittlung
- DIN EN ISO 9920: Ergonomie der thermischen Umgebung - Abschätzung der Wärmeisolation und des Verdunstungswiderstandes einer Bekleidungskombination
- DIN EN ISO 11079: Ergonomie der thermischen Umgebung - Bestimmung und Interpretation der Kältebelastung bei Verwendung der erforderlichen Isolation der Bekleidung (IREQ) und lokalen Kühlwirkungen

- DIN EN ISO 15743: Ergonomie der thermischen Umgebung - Arbeitsplätze in der Kälte – Risikobewertung und Management

## Literatur

- [1] Bux, K.:  
**Klima am Arbeitsplatz - Stand arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse; Bedarfsanalyse für weitere Forschungen**  
Dortmund, Dresden: BAuA 2006 (Forschung Projekt, F 1987)
- [2] Bux, K.; Kampmann, B.:  
B III-1 Raumklima. In Letzel, S.; Nowak, D. (Hrsg.), *Handbuch der Arbeitsmedizin - Arbeitspsychologie, Klinische Arbeitsmedizin, Prävention und Gesundheitsförderung* (Vol. 35. Erg. Lfg. 12/14, S. 1-35). Heidelberg: ecomed MEDIZIN

## 8.1.9 Vorschriften, Regelwerk, Literatur - Hitze

### Gesetze, Verordnungen

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
- Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)
- PSA-Benutzungsverordnung (PSA-BV)
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV)

### Technische Regelwerke zu den Arbeitsschutzverordnungen

- ASR A3.5: Raumtemperatur
- ASR A3.6: Lüftung
- AMR 13.1: Tätigkeiten mit extremer Hitzebelastung, die zu einer besonderen Gefährdung führen können

### Vorschriften der Unfallversicherungsträger

- DGUV Vorschrift 1: Grundsätze der Prävention

### Weitere Regeln der Technik

- DIN 33 403-3: Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung : Beurteilung des Klimas im Warm- und Hitzebereich auf der Grundlage ausgewählter Klimasummenmaße
- DIN 50010-2: Klimate und ihre technische Anwendung : Klimabegriffe : Physikalische Begriffe
- DIN EN 340: Schutzkleidung - Allgemeine Anforderungen
- DIN EN 531: Schutzkleidung für hitzeexponierte Arbeiter
- DIN EN ISO 7726: Umgebungsklima - Instrumente zur Messung physikalischer Größen
- DIN EN ISO 7730 Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit
- DIN EN ISO 7933: Ergonomie der thermischen Umgebung - Analytische Bestimmung und Interpretation der Wärmebelastung durch Berechnung der vorhergesagten Wärmebeanspruchung
- DIN EN ISO 9886: Ergonomie - Ermittlung der thermischen Beanspruchung durch physiologische Messungen
- DGUV Information 213-002 (bisher BGI/GUV-I 579): Hitzearbeit; Erkennen - beurteilen - schützen
- DGUV Information 213-022 (bisher BGI/GUV-I 7002): Beurteilung von Hitzearbeit - Tipps für Wirtschaft, Verwaltung, Dienstleistung
- DGUV Information 215-510 (bisher BGI/GUV-I 7003): Beurteilung des Raumklimas

## Literatur

- [1] Bux, K.; Kampmann, B.:  
B III-1 Raumklima. In Letzel, S.; Nowak, D. (Hrsg.), *Handbuch der Arbeitsmedizin - Arbeitspsychologie, Klinische Arbeitsmedizin, Prävention und Gesundheitsförderung* (Vol. 35. Erg. Lfg. 12/14, S. 1-35). Heidelberg: ecomed MEDIZIN
- [2] Spitzer, H.; Hettinger, Th.; Kaminsky, G.:  
**Tafeln für den Energieumsatz bei körperlicher Arbeit**

6. Auflage Berlin: Beuth 1982
- [3] Wenzel, H. G.; Piekarski, G.:  
**Klima und Arbeit**  
München: Bayerisches Staatsministerium für Arbeit 1982
  - [4] Hettinger, Th.; Müller, B. H. et. al.:  
**Belastung und Beanspruchung bei unterschiedlicher Effektivtemperatur und Arbeitsschwere**  
Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW 1991  
(Bundesanstalt für Arbeitsschutz: Forschung, Fb 634)
  - [5] Gebhard, H.; Kampmann, B. et. al.:  
**Systematische Analyse aktueller Klimasummenmaße für Hitze Arbeitsplätze**  
Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW 1999  
(Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Forschung, Fb 829)
  - [6] Pangert, R.; Bux, K.; Frener, P.:  
**Hitze Arbeit – Hitze pausen**  
ErgoMed (2003), 3, S. 82–89
  - [7] Gebhard, H.; Kampmann, B.; Müller, B.:  
**Arbeits- und Entwärmungsphasen in wärmebelasteten Arbeitsbereichen**  
Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2007 (Forschung Projekt, F 1860)
  - [8] Grendjean, E.:  
**Physiologische Arbeitsgestaltung**  
4. Auflage Landsberg: ecomed 1991
  - [9] Bux, K.; Pangert, R.:  
**Sommerlich bedingte hohe Raumtemperaturen in Arbeitsstätten – Rechtliche Lage, Wirkungen auf den Menschen und Maßnahmen**  
ErgoMed 2007, 3, S. 84 – 88
  - [10] Bux, K.:  
**Klima am Arbeitsplatz- Stand arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse; Bedarfsanalyse für weitere Forschungen**  
Dortmund, Dresden: BAuA 2006 (Forschung Projekt, F 1987)
  - [11] Bux, K.:  
**Klima.** In Seidler, A.; Euler, U.; Letzel, S.; Nowak, D. (Hrsg.): **Gesunde Gestaltung von Büroarbeitsplätzen - Arbeitsmedizinische Aspekte, Physikalische Einflussfaktoren, Gefahrstoffexposition, Organisationsformen.**  
Landsberg: ecomed Medizin 2015, S 34-51

### 8.1.10 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter - Kälte

#### Prüffragen

- Werden Kältebelastungen durch Witterungsbedingungen, Geräte oder Verfahren weitestgehend verhindert?
- Ist die Lufttemperatur nicht niedriger als technologisch unbedingt erforderlich?
- Wird Zugluft weitgehend vermieden?
- Sind vorhandene Schutzmaßnahmen ausreichend?

#### Festgestellte Gefährdungen und Mängel

- Kältebeanspruchung durch Witterungsbedingungen
- Kältebeanspruchung durch Geräte / Verfahren

#### Maßnahmen

- Lufttemperatur nicht niedriger als technologisch unbedingt erforderlich einstellen
- Zugluft vermeiden durch zum Beispiel Abdichten von Fenstern / Türen; Windschutz; geringe Luftgeschwindigkeit
- Wärmestrahler einsetzen
- Persönliche Schutzausrüstung anwenden
- Aufwärmzeiten nach DIN 33 403-5 einhalten
- Umkleieräume einrichten

- Aufwärmräume einrichten
- Warmluftgeräte / Wärmeplatten zur Wiedererwärmung der Hände aufstellen
- Trockenschränke zum Vorwärmen und Trocknen der Kleidung vorsehen
- Kontaktkälte vermeiden

#### Maßnahmen bei häufig wechselnden Klimabelastungen

- überbaute Rampen zum klimadichten Abschluss an Lastkraftwagen vorsehen
- beheizbare Fahrerkabinen einrichten
- Zwischenlagerräume einrichten
- Arbeitsteilung zwischen den Klimabereichen vorsehen

### 8.1.11 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter - Hitze

#### Prüffragen

- Bestehen Hitzebelastungen durch Witterungseinflüsse, Geräte und Verfahren oder durch Wärmestrahlung?
- Ist die Sonneneinstrahlung ausreichend durch bauliche Einrichtungen, Jalousien oder Vorhänge abgeschirmt?
- Wird ausreichend für natürliche Lüftung gesorgt?
- Werden Lüftungsanlagen/Klimaanlagen regelmäßig gereinigt und gewartet?
- Sind Pausen zur Muskelerholung (Arbeitsschwere) und zur Entwärmung ausreichend?

#### Festgestellte Gefährdungen/Mängel

- Hitzebelastung durch Geräte/Verfahren
- Hitzebelastung durch Witterungseinflüsse
- Hitzebelastung durch Wärmestrahlung

#### Maßnahmen

- Sonnenstrahlung abschirmen durch (Jalousien; Dachüberstände)
- natürliche Lüftung ermöglichen
- Lüftungsanlagen installieren (zum Beispiel Ventilatoren, Luftduschen)
- Steuerständen oder Kabinen gekühlte Luft zuführen
- Arbeitsbereiche klimatisieren
- Wärmestrahlung verringern durch (Anlagenkapselung; Schutzgläser);
- Arbeitsschwere reduzieren
- viele kurze Pausen zur Muskelerholung vorsehen
- längere Entwärmungspausen (Anlage 5) einplanen
- PSA anwenden

### 8.1.12 Autoren, Ansprechpartner und Anlagen

#### Autoren:

- Dr.-Ing. K. Bux
- Dr. med. D. Krastel
- Dipl.-Ing. I. Lepenies

#### Ansprechpartner

- Dr.-Ing. K. Bux  
BAuA, Gruppe 2.4, Dresden

#### Anlagen

- Anlage 1: Protokoll Klimamessung 1
- Anlage 2: Begriffe
- Anlage 3: Beispiele für Isolationswerte verschiedener Bekleidungen (trocken)
- Anlage 4: WBGT-Index in Anlehnung an DIN 33403-3
- Anlage 5: Gestaltung von Entwärmungsphasen bei Hitzearbeit
- Anlage 6: Berechnung der vorhergesagten Wärmebeanspruchung – PHS



## ANLAGE 2

### Begriffe

In Anlehnung an DIN-Fachbericht 128

#### Wärmestrahlung

Für die Einwirkung von Wärme am Arbeitsplatz ist der auf den menschlichen Körper bezogene, durch Wärmestrahlung bedingte Wärmestrom maßgebend. Die Wirkung der Wärmestrahlung auf den Menschen kann auch aus der Kenntnis der „effektiven Bestrahlungsstärke“  $E_{\text{eff}}$ , der „mittleren Strahlungstemperatur“  $t_R$  oder der „Globe-Temperatur“  $t_G$  beurteilt werden.

#### Effektive Bestrahlungsstärke

Durch die Wärmestrahlung nimmt der Mensch aus seiner Umgebung Wärme auf und gibt gleichzeitig Wärme ab. Die Differenz zwischen der durch Strahlung zugeführten und der durch Strahlung abgeführten Wärmestromdichte wird hier effektive Bestrahlungsstärke  $E_{\text{eff}}$  genannt. Sie wird aus Gründen einer einheitlichen Bezugsbasis auf eine Haut- oder Oberflächentemperatur des Menschen von 32 °C bezogen. Sie stellt damit den auf diese Basis bezogenen, aus Wärmestrahlung resultierenden Wärmestrom je Fläche dar. Die effektive Bestrahlungsstärke kann direkt mit geeigneten Messgeräten gemessen werden. Dabei ist zu beachten, dass bei der Messung der gesamte umschließende Raum erfasst wird.

#### Globetemperatur

Die Globetemperatur  $t_G$  ist die Temperatur im Innern einer geschwärzten Hohlkugel aus einem dünnen, gut wärmeleitenden Material. Die Globetemperatur  $t_G$  stellt sich in Abhängigkeit von den folgenden Größen ein:

- Lufttemperatur
- Luftgeschwindigkeit
- Wärmestrahlung
- Durchmesser der Kugel (15 cm) und
- Absorptionsvermögen der Kugeloberfläche (Emissionsgrad  $e = 0,95$ )

Bei der Messung ist zu beachten, dass die Einstellzeit des Globethermometers 20 bis 30 Minuten beträgt.

#### Mittlere Strahlungstemperatur

Die mittlere Strahlungstemperatur  $t_R$  ist eine Größe, die insbesondere im Behaglichkeitsbereich zur Kennzeichnung der Wärmestrahlung benutzt wird. Sie ist die äquivalent einwirkende Strahlungstemperatur der umschließenden Flächen auf einen Empfänger unter Berücksichtigung der Raumwinkel und des Emissionsvermögens in einer temperierten Umgebung.

Die mittlere Strahlungstemperatur  $t_R$  in °C wird aus der Lufttemperatur  $t$ , der Luftgeschwindigkeit und der Globe-Temperatur  $t_G$  nach folgender Näherungsformel berechnet:

$$\overline{t_R} = \sqrt[4]{(t_G + 273)^4 + 2,5 \cdot 10^8 \cdot (t_G - t) \cdot v^{0,6}} - 273$$

## ANLAGE 3

### Beispiele für Isolationswerte verschiedener Bekleidungen (trocken)

in Anlehnung an DIN 33403-3

| Bekleidung                                                                                                                                              | Isolationswert I <sub>cl</sub> |             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------|
|                                                                                                                                                         | m <sup>2</sup> · K/W           | clo*        |
| unbekleidet                                                                                                                                             | 0                              | 0           |
| Overall (Baumwolle) – Oberhemd, kurze Unterwäsche, Socken, Schuhe                                                                                       | 0,124                          | 0,8         |
| feste Arbeitskleidung – lange Unterwäsche, einteiliger Arbeitsanzug, Socken, feste Schuhe                                                               | 0,155                          | 1,0         |
| leichter Straßenanzug – kurze Unterwäsche, geschlossenes Oberhemd, leichte Jacke, lange Hose, Socken, Schuhe                                            | 0,155                          | 1,0         |
| Schmelzeranzug (flammenhemmende Ausrüstung) – Oberhemd, kurze Unterwäsche, Socken, Schuhe                                                               | 0,155                          | 1,0         |
| Schmelzeranzug und Hitzeschutzmantel – Oberhemd, kurze Unterwäsche, Socken, Schuhe                                                                      | 0,217                          | 1,4         |
| leichter Straßenanzug mit leichtem Mantel                                                                                                               | 0,233                          | 1,5         |
| Kleidung für nasskaltes Wetter – lange Unterwäsche, geschlossenes langes Oberhemd, feste Jacke und Hose, Pullover, Wollmantel, Wollsocken, feste Schuhe | 0,233 bis 0,310                | 1,5 bis 2,0 |

\* Kennwert für den Wärmedurchlasswiderstand der Bekleidung in „clothing-Einheiten“ – clo genannt (1 clo = 0,155 m<sup>2</sup> K/W).

## ANLAGE 4

### WBGT-Index

in Anlehnung an DIN 33403-3

### WBGT-Index (Wet Bulb Globe Temperature)

Der WBGT-Index wird in °C angegeben und kann nach folgenden Formeln bestimmt werden:

- innerhalb und außerhalb von Gebäuden und ohne direkte Einwirkung von Sonnenstrahlung,  

$$\text{WBGT} = 0,7 t_{nw} + 0,3 t_g$$
- außerhalb von Gebäuden und bei direkter Einwirkung von Sonnenstrahlung,  

$$\text{WBGT} = 0,7 t_{nw} + 0,2 t_g + 0,1 t_a$$

mit:

- $t_{nw}$  Temperatur eines natürlich belüfteten, befeuchteten Thermometers in °C
- $t_g$  Globetemperatur in °C
- $t_a$  Lufttemperatur in °C

Die Globetemperatur und die Temperatur eines natürlich belüfteten Feuchtthermometers sind Mischgrößen. Sie werden von den Klimagrößen Lufttemperatur, Luftfeuchte (nur  $t_{nw}$ ), Wärmestrahlung und Luftgeschwindigkeit beeinflusst.

Die Messung der Temperatur  $t_{nw}$  wird definitionsgemäß mit einem Thermometer nach folgender Form vorgenommen:

Es wird ein zylindrisches Thermometergefäß mit einem Durchmesser von  $6 \pm 1$  mm und einer Länge von mindestens 30 mm angewendet. Das Thermometergefäß ist mit einem weißen Strumpf überzogen, der eine gute Saugfähigkeit für Wasser aufweist. Die Messung erfolgt bei vollständiger Befeuchtung dieses Strumpfes durch destilliertes Wasser ohne zusätzliche Belüftung des Gerätes. Die vollständige Befeuchtung ist besonders bei starker Wärmestrahlung zu beachten.

Es ist zu beachten, dass es sich bei der Größe  $t_{nw}$  um die Temperatur eines durch die am Messort vorhandenen (natürlichen) Luftbewegungen beeinflussten Feuchtthermometers handelt; sie ist nicht zu verwechseln mit der Feuchttemperatur  $t_w$  (DIN EN ISO 7726 sowie im DIN-Fachbericht 128) eines zwangsbelüfteten Psychrometers nach Aßmann. Bei der Ermittlung der Globetemperatur ist die Einstellzeit des Globethermometers, die etwa 20 bis 30 Minuten beträgt, zu beachten. Das Messgerät muss entsprechend lange am Messort verbleiben.

Der WBGT-Index ist zur Beurteilung der Klimawirkungen im Bereich thermischer Behaglichkeit nicht geeignet.

## ANLAGE 5

### Gestaltung von Entwärmungsphasen bei Hitzearbeit

in Anlehnung an BGI 579 und [6]

Ist die Hitzebelastung so hoch, dass ein dauernder Aufenthalt auch nach einer Reduzierung der Arbeitsschwere nicht mehr möglich ist, sind Entwärmungsphasen vorzusehen. Entwärmungsphasen sind Zeiträume, in denen der Körper durch den Aufenthalt in weniger belastenden Klimabereichen Wärme abgeben kann. Dabei kann leichte körperliche Arbeit durchgeführt werden.

Nach sehr hohen Hitzebelastungen können auch Hitzepausen (ohne körperliche Arbeit) innerhalb der Entwärmungsphasen notwendig sein. Die Entwärmungsphasen und Hitzepausen sind in einem Bereich zu verbringen, der kühler ist als der Arbeitsbereich, jedoch keine zu großen Temperaturunterschiede aufweist. Der Temperaturbereich von 25 bis 35 °C hat sich unter Berücksichtigung der Bekleidung als zweckmäßig erwiesen. Die Entwärmungsphasen und Hitzepausen müssen zur Aufnahme geeigneter Getränke genutzt werden, um die durch Schwitzen verlorene Flüssigkeit wieder zu ersetzen.

Die Dauer der Entwärmungsphasen richtet sich nach den vorangegangenen Belastungen. Legt der Beschäftigte nicht schon aufgrund seiner eigenen Einschätzung früher eine Unterbrechung ein, werden die nachfolgenden Zeiten (Richtwerte nach Tab. 1) in Abhängigkeit von Lufttemperatur und Luftfeuchte empfohlen (Abb. 1). Der Grad der Belastung durch Hitzearbeit orientiert sich an den Bereichen H1, H2 und H3. Die Hitzearbeit kann nach der Entwärmungsphase wieder aufgenommen werden.

Bei nennenswerter zusätzlicher Wärmestrahlung wird empfohlen, die Lufttemperatur durch eine „resultierende Temperatur“ ( $t_{res}$ ) zu ersetzen, die auf der Grundlage der Lufttemperatur ( $t_a$ ) und der Globetemperatur ( $t_g$ ) nach folgender Formel bestimmt wird:

$$t_{res} = 0,7 \cdot t_g + 0,3 \cdot t_a$$

Tabelle 2 gibt eine Übersicht zu Bedingungen und Handlungsempfehlungen bei der Gestaltung von Arbeits- und Entwärmungsphasen. Generell bzw. darüber hinaus gilt:

- Beschäftigte auf Gefahren hinweisen und für Anzeichen einer Überbeanspruchung sensibilisieren, nur gesunde und nicht vorgeschädigte Beschäftigte einsetzen;
- ausreichendes Trinkregime sicherstellen;
- Entwärmungsphasen in klimaneutraler Umgebung bei Ruhe oder höchstens leichter körperlicher Arbeit gewährleisten;
- sonstige Vorschriften und Regelungen besonderer Berufsgruppen beachten.

Ungünstigere Bedingungen liegen z. B. dann vor, wenn die Bekleidungsisolation größer als 0,9 clo ist oder der Arbeitsenergieumsatz während der Expositionsphasen größer als 200 W ist. Ebenso wird die Anwendung des PHS-Modells empfohlen, wenn der Bezug auf eine Stunde aufgrund der organisatorischen Randbedingungen nicht sinnvoll erscheint, d. h. längere Entwärmungsphasen möglich sind und hieraus die Frage resultiert, wie lang unter diesen Umständen die Expositionsphase sein kann.

Zum Schutz der Gesundheit der Beschäftigten, aber auch aus wirtschaftlichen Überlegungen, sollte generell vorab geprüft werden, ob eine Reduzierung der Belastungssituation während der Expositionsphase möglich ist, d. h. ob Klimabedingungen, Arbeitsschwere und/oder Bekleidungsisolation reduziert werden können. Bei der Bekleidungsisolation sind jeweils u. U. erforderliche zusätzliche Schutzanforderungen zu berücksichtigen.

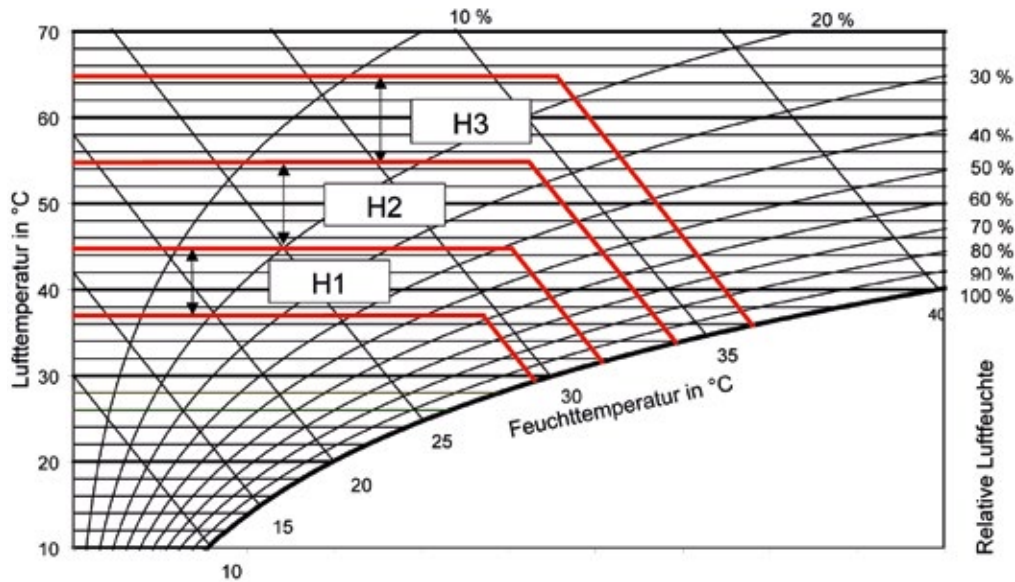
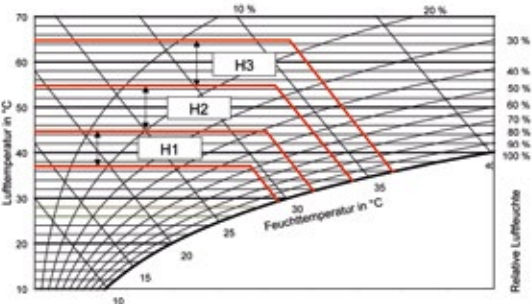


Abb. 1 Richtwerte für Entwärmungsphasen bei Hitzearbeit

Tab. 1 Richtwerte der Entwärmungsphasen je Stunde

| Hitzebereich | Entwärmungsphase                |
|--------------|---------------------------------|
| H1           | 15 Minuten/Stunde               |
| H2           | 30 Minuten/Stunde               |
| H3           | 45 Minuten/Stunde               |
| über H3      | keine gesicherte Angabe möglich |

**Tab. 2** Handlungs- und Entscheidungshilfe bei der Gestaltung von Arbeits- und Entwärmungsphasen

| Bedingung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Handlungsempfehlung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Die Randbedingungen für die Anwendung des Diskussionsvorschlages sind erfüllt, d. h. während der Expositionsphase:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– leichte bis mittlere Bekleidungs-<br/>isolation (ca. 0,6–0,9 clo)</li> <li>– leichte bis mittlere Arbeitsschwere<br/>(bis ca. 200 W Arbeitsenergieumsatz)</li> <li>– geringe Luftgeschwindigkeiten<br/>(bis ca. 0,20–0,50 m/s)</li> <li>– weitestgehend konstante Klimabedingungen</li> <li>– Lufttemperatur unter ca. 65 °C und Feuchttemperatur unter ca. 36 °C</li> <li>– keine zusätzliche Wärmestrahlung, z. B. durch heiße Oberflächen oder Aggregate</li> </ul> |  <p>Anwendung des Diagramms (vgl. Abb. 1) zur Bestimmung der Dauer von Expositions- und Entwärmungsphasen auf der Grundlage von Lufttemperatur und relativer Luftfeuchte während der Expositionsphasen.</p>                                                                                                             |
| <p>Während der Expositionsphasen besteht zusätzliche Wärmestrahlungsbelastung, z. B. durch heiße Oberflächen oder Aggregate.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <p>Bestimmung einer resultierenden Temperatur (<math>t_{res}</math>) aus Globetemperatur (<math>t_g</math>) und Lufttemperatur (<math>t_a</math>) nach folgender Formel:</p> $t_{res} = 0,7 \cdot t_g + 0,3 \cdot t_a$ <p>Ersatz der Lufttemperatur durch die resultierende Temperatur bei der Anwendung des Diagramms (vgl. Abb. 1) zur Bestimmung der Dauer von Expositions- und Entwärmungsphasen.</p> |
| <p>geringere Belastbarkeit z. B. von weiblichen Beschäftigten berücksichtigen</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p>Zur Anpassung an die bei gleichen Anforderungen erhöhte Beanspruchungsreaktion sollte der angesetzte Arbeitsenergieumsatz erhöht werden, z. B. im Fall von weiblichen Beschäftigten +30 %.</p>                                                                                                                                                                                                         |
| <p>schwere körperliche Arbeit, d. h. Arbeitsenergieumsatz &gt; 200 W und/oder schwere Bekleidung (&gt; 0,9 clo) erforderlich</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <p>Überprüfung des Ergebnisses auf der Grundlage des PHS-Modells: Wenn die Expositionsphasen kürzer sind/ausfallen, diese kürzeren Zeiten anwenden.</p>                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <p>erhöhte Luftgeschwindigkeiten und/oder nicht weitgehend konstante Klimabedingungen während der Expositionsphasen</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <p>Lufttemperatur über ca. 65 °C oder Feuchttemperatur über ca. 36 °C oder auf der Grundlage des PHS-Modells ermittelte Expositionsdauer &lt; 15 Minuten</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <p>Einleitung technischer Schutzmaßnahmen bzw. Kontrolle physiologischer Parameter während der Belastung (z. B. Herzfrequenz, Körperkerntemperatur) unter Hinzuziehung des Betriebsarztes</p>                                                                                                                                                                                                             |

## ANLAGE 6

### Berechnung der vorhergesagten Wärmebeanspruchung – PHS

in Anlehnung an DIN 33403-3

Das Klimasummenmaß „Berechnung der vorhergesagten Wärmebeanspruchung“ beruht auf einem physiologischen und physikalischen Modell der Wärmeabgabe des Menschen an die Umgebung. Da die Anpassung an eine Wärmebelastung physiologisch im Wesentlichen durch eine Erhöhung der Schweißbildung erfolgt, bestimmt das Klimasummenmaß die für den Ausgleich der Wärmebilanz (Wärmeabgabe = Wärmezufuhr) erforderliche Schweißabgabe.

Die „Berechnung der vorhergesagten Wärmebeanspruchung“ wird nach einem Verfahren durchgeführt, in dem die klima- und die personenbezogenen Größen als Eingangsgrößen berücksichtigt werden. Im Einzelnen werden der Wärmeaustausch durch Konvektion und Strahlung sowie die zum Ausgleich der Wärmebilanz erforderliche Schweißverdunstung berechnet. Die erforderliche Schweißrate wird aus der zum Ausgleich der Wärmebilanz erforderlichen Schweißverdunstung bestimmt, indem zusätzlich zum verdunsteten auch der von der Bekleidung aufgesogene und der von der Haut abgetropfte Schweiß Berücksichtigung findet (Abb. 1).

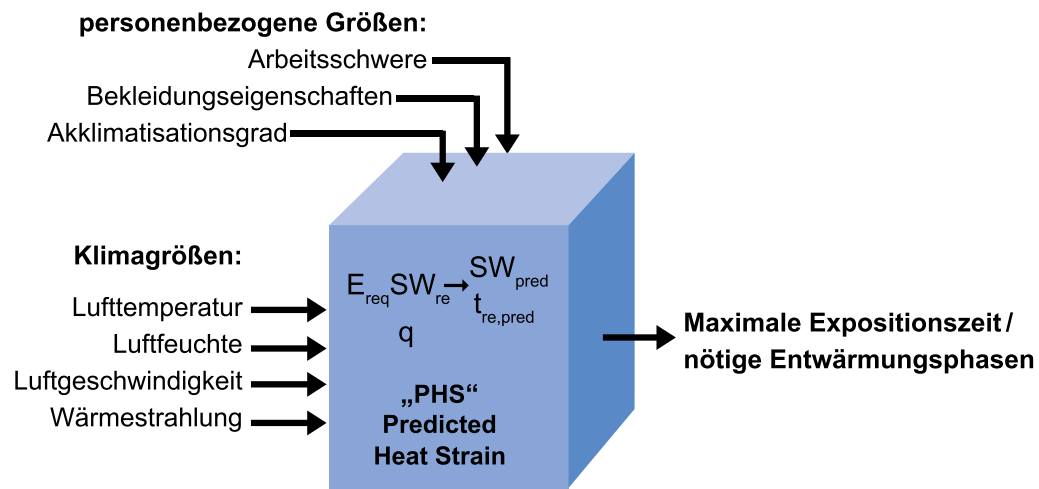
Bei einem Ungleichgewicht der Wärmebilanz, d.h. wenn die Wärmezufuhr die mögliche Wärmeabgabe übersteigt, tritt eine mit der Erhöhung der Körpertemperatur einhergehende Wärmespeicherung auf. Zur Vermeidung von Gesundheitsrisiken darf die Körpertemperatur (rektal) für die Gesamtheit exponierter Personen im Mittel einen Wert von 38 °C nicht überschreiten.

Die Dehydratation des Körpers durch Schweißabgabe darf einen Betrag von 3 % des Körpergewichtes nicht überschreiten, um pathologische Effekte zu vermeiden.

Wenn mindestens einer dieser Maximalwerte unter den vorgegebenen Bedingungen überschritten wird, weist das Modell eine maximal zulässige Expositionszeit aus. Für die Durchführung der Berechnungen ist der Einsatz von Datenverarbeitungsprogrammen zu empfehlen; ein entsprechendes BASIC-Programm ist in DIN EN ISO 7933 enthalten.

Die Berechnung der vorhergesagten Wärmebeanspruchung PHS erlaubt es, innerhalb eines weiten Bereichs der Klimaparameter (DIN EN ISO 7933; Tab. A.1) maximale zulässige Expositionsauern abzuschätzen.

Die maximalen zulässigen Expositionsauern entsprechend PHS lassen sich für vorgegebene Belastungsgrößen – und auch für Folgen unterschiedlicher Klimaexpositionen – mithilfe des angegebenen Computerprogramms errechnen.



### Wärmebilanz des menschlichen Körpers

**Abb. 1** PHS-Modell: Predicted Heat Strain – nach DIN ISO 7933. Vorhergesagte Wärmebeanspruchung des Menschen

## Impressum

### Bitte zitieren als:

Herausgeber: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Hrsg., 2019.  
Gefährdungsfaktoren: Ein Ratgeber; Dortmund  
[Bitte Zugriffsdatum einfügen].]  
Verfügbar unter: [www.baua.de/gefaehrungsfaktoren](http://www.baua.de/gefaehrungsfaktoren)

### Herausgeber:

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)  
Friedrich-Henkel-Weg 1–25,  
44149 Dortmund  
Postanschrift: Postfach 17 02 02, 44061 Dortmund

Telefon: 0231 9071-2071  
Telefax: 0231 9071-2070  
E-Mail: [info-zentrum@baua.bund.de](mailto:info-zentrum@baua.bund.de)  
Internet: [www.baua.de](http://www.baua.de)

**Redaktion:** Dieter Mantei, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

**Gestaltung:** eckedesign, Berlin

**Fotos:** Uwe Völkner, Fotoagentur FOX, Lindlar/Köln

Diese Handlungshilfe benutzt eine geschlechtergerechte Sprache. Dort, wo das nicht möglich ist oder die Lesbarkeit stark eingeschränkt würde, gelten die gewählten personenbezogenen Bezeichnungen für beide Geschlechter.

Alle Urheberrechte bleiben vorbehalten. Die auf der Website der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin hinterlegten Datenbankinhalte, Texte, Grafiken, Bildmaterialien, Ton-, Video- und Animationsdateien sowie die zum Download bereitgestellten Publikationen sind urheberrechtlich geschützt. Wir behalten uns ausdrücklich alle Veröffentlichungs-, Vervielfältigungs-, Bearbeitungs- und Verwertungsrechte an den Inhalten vor. Die Inhalte dieser Handlungshilfe wurden mit größter Sorgfalt erstellt und entsprechen dem aktuellen Stand der Wissenschaft. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte übernimmt die BAuA jedoch keine Gewähr.

Nachdruck und sonstige Wiedergabe sowie Veröffentlichung, auch auszugsweise, nur mit vorheriger Zustimmung der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.