

### 3 Thermische Belastungen

#### 3.1 Klimatische Belastungen

##### 3.1.1 Erläuterungen

Klimatische Belastungen (Klimaempfinden) des menschlichen Körpers werden hauptsächlich durch die Klimafaktoren Luft- und Umgebungslufttemperatur, relative Luftfeuchte, Luftgeschwindigkeit, Wärmestrahlung sowie durch individuelle Faktoren beeinflusst.

Zu den individuellen Faktoren zählt zum einen der Gesamtenergieumsatz des Menschen. Die innere Wärmeproduktion eines Menschen ist u. a. abhängig vom Stoffwechsel. Bei völliger Ruhe hat der erwachsene Mensch einen Grundumsatz von ca. 0,8 met (1 met = 58 Watt pro m<sup>2</sup> Körperoberfläche). Der Stoffwechsel wird durch jegliche Aktivitäten erhöht. Zum Beispiel beträgt der Gesamtenergieumsatz bei Schwerarbeit an Maschinen 2,8 met oder 162,4 W/m<sup>2</sup>, bei Schwerarbeit sind Spitzenbelastungen von > 232 W/m<sup>2</sup> (4 met) möglich.

Neben dem Gesamtenergieumsatz ist die Bekleidung entscheidend für das thermische Empfinden. Dabei sind die Wärmeisolation (Schutz gegen niedrige Temperaturen) der Kleidung und der Wärmeleitwiderstand (Wärmetransport zwischen Haut und Umgebung) der Kleidung bedeutend.

Darüber hinaus wirken das Geschlecht, das Alter, die Jahreszeit, die Beleuchtung, Gerüche, Stresssituationen, Nahrungsaufnahme und physisches sowie psychisches Wohlbefinden auf das klimatische Empfinden ein.

Da die wichtigsten inneren Organe des Menschen nur in einem Temperaturbereich um 37 °C voll funktionsfähig sind, verfügt das Thermoregulationssystem des Menschen über Mechanismen, die für eine konstante Körperkerntemperatur sorgen. Je nach Arbeitsenergieumsatz kann sich der menschliche Körper in gewissen Grenzen wechselnden Zuständen des Umgebungsklimas anpassen. Werden diese Grenzen überschritten, gerät der Wärmehaushalt des Menschen aus dem Gleichgewicht. Dies führt zu einer erhöhten Beanspruchung des Herz-Kreislauf-Systems. Als Folge dieser erhöhten Beanspruchung können kurzzeitige Störungen (z. B. Kreislaufstörungen, Unwohlsein) oder, bei länger andauernder Belastung, Erkrankungen auftreten. Bei extremen Klimabedingungen können die Belastungen sogar zum Kreislaufversagen und – sofern nicht unverzüglich eingegriffen wird – zum Tode führen.

Trotz einer guten Gesamtklimabewertung können auch einzelne Klima- bzw. Belastungsfaktoren bei Über- oder Unterschreitung gewisser Grenzbereiche kurzfristiges Unbehagen oder bei längerer Einwirkung Erkrankungen hervorrufen.

##### 3.1.2 Klimabereiche und Grenzbetrachtungen

Arbeitsplätze können in vier Klimabereiche eingeteilt werden [1; 2]:

- Kältebereich
- Behaglichkeitsbereich
- Warmbereich
- Hitzebereich

Der Behaglichkeitsbereich beschreibt die Klimaanforderungen und Belastungssituation, die üblicherweise an Arbeitsplätzen vorliegen sollen. Er ist als weitgehend thermisch neutraler Bereich anzusehen. Der Wärmeaustausch zwischen dem menschlichen Körper und der Umgebung steht hier im Gleichgewicht: Wärmezufuhr und -abfuhr sind ausgeglichen.

Im Warmbereich liegen Belastungssituationen und/oder klimatische Verhältnisse vor, die zu erhöhten Schweißabgaben und Beanspruchungen des Herz-Kreislauf-Systems führen. Bei längeren Einwirkungen ergeben sich Störungen des Klimaempfindens. Der Warmbereich beschreibt somit Belastungssituationen, die nicht unmittelbar zu gesundheitlichen Schäden führen, jedoch die Leistungsfähigkeit des Menschen herabsetzen. Arbeitspausen von ausreichender Zahl und Dauer, regelmäßiger Ausgleich des Flüssigkeitsverlustes (ggf. verbunden mit der Zuführung von Mineralstoffen), Wahl angemessener Kleidung usw. können die körperliche Belastung mindern, die Leistungsfähigkeit erhalten und gesundheitliche Probleme in der Regel ausschließen.

Tätigkeiten im Kältebereich oder im Hitzebereich sind auf das absolute Mindestmaß zu begrenzen. Personen, die sich in diesen Bereichen aufhalten, müssen in die Pflichtvorsorge nach der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge [3] bzw. DGUV Information 240-300 [4] aufgenommen werden. In bestimmten Fällen sind bei Arbeiten unter hohen Temperaturen oder Hitzebelastungen oder in bestimmten Regionen Tropentauglichkeitsuntersuchungen erforderlich.

##### 3.1.3 Klimabewertung

Eine einfache Bewertung des Raumklimas im Behaglichkeits- und Warmbereich kann ohne großen Messaufwand mithilfe der DGUV Information 215-510 „Beurteilung des Raumklimas“ [5] erfolgen. Hierzu müssen lediglich sieben Fragen beantwortet werden. Auch können die Klimadaten vor Ort in einen Klimagrafen eingetragen werden. Das Ergebnis zeigt direkt, ob Handlungsbedarf zum Raumklima besteht. Dabei handelt es sich um eine recht grobe Abschätzung. Sollten detaillierte Informationen benötigt werden, müssen Fachleute hinzugezogen werden.

###### 3.1.3.1 Behaglichkeitsbereich

Für eine umfassende Bewertung der Behaglichkeit werden der PMV- und der PPD-Index zugrunde gelegt (PMV = predicted mean vote; deutsch: vorausgesagtes mittleres Votum; PPD = predicted percentage of dissatisfied; deutsch: vorausgesagter Anteil Unzufriedener). Diese aus empirischen Untersuchungen ermittelten Indizes werden aus den Kombinationen der Klimafaktoren und dem Wärmedurchgang der Kleidung berechnet. Bei einem Wert von PMV = 0 wird das Raumklima in der Regel vom Menschen als thermisch neutral (behaglich) empfunden (siehe Tabelle 1). Die Berechnung dieser Werte erfolgt nach DIN EN ISO 7730 [6].

Tabelle 1:  
Bewertung der Behaglichkeit mithilfe des PMV- und des PPD-Index

PMV	+3	+2	+1	+0,5	0	-0,5	-1	-2	-3
Empfinden	heiß	warm	etwas warm		neutral		etwas kühl	kühl	kalt
PPD in %	99	75	25	10	5	10	25	75	99

Es gibt keinen Zustand des Raumklimas, mit dem alle Personen zufrieden sind. Der minimale PPD-Index liegt daher bei 5 % Unzufriedenheit, d. h., 5 % der befragten Personen sind mit der Klimasituation unzufrieden. In einem informativen Anhang der Norm DIN EN ISO 7730 wird der PPD-Index in drei Stufen (A, B, C) von Unzufriedenheit mit 6, 10 und 15 % eingeteilt. In der Regel sollte eine Unzufriedenheit von nicht mehr als 10 % angestrebt werden.

Der PMV- und der PPD-Index berücksichtigen den Einfluss des Raumklimas auf den gesamten Körper (mittleres Körperempfinden). Sind Teile des Körpers jedoch unterschiedlichen klimatischen Belastungen ausgesetzt, kann ein lokales Unbehagen auftreten, z. B. bei kalten oder zu warmen Fußböden. DIN EN ISO 7730 enthält Anforderungen an die lokale thermische Behaglichkeit. Die folgenden Empfehlungen entsprechen der Kategorie B.

**Zugluft**

Zugluft bewirkt eine unerwünschte lokale Abkühlung des Körpers durch Luftbewegung. Ein Bewertungsmaßstab für das Empfinden von Zugluft in Abhängigkeit von der Raumtemperatur ist der sogenannte „Turbulenzgrad“ (siehe Abbildung 1). Je geringer der Turbulenzgrad, desto geringer ist das Zugempfinden durch die Raumluftrömung. In Räumen mit Mischlüftung darf der Turbulenzgrad von 30 bis 60 % schwanken. In Räumen mit Verdrängungslüftung oder ohne maschinelle Lüftung darf er geringer sein. Entsprechend der Technischen Regel für Arbeitsstätten ASR A3.6 „Lüftung“ [7] dürfen Beschäftigte keiner unzumutbaren Zugluft ausgesetzt sein. Bei einer Lufttemperatur von + 20 °C tritt bei einer mittleren Luftgeschwindigkeit unter 0,15 m/s und einem Turbulenzgrad von 40 % üblicherweise keine unzumutbare Zugluft auf.

**Vertikaler Lufttemperaturunterschied**

Die Differenz der Lufttemperatur zwischen Kopf und Füßen soll 3 °C nicht überschreiten („kühler Kopf und warme Füße“).

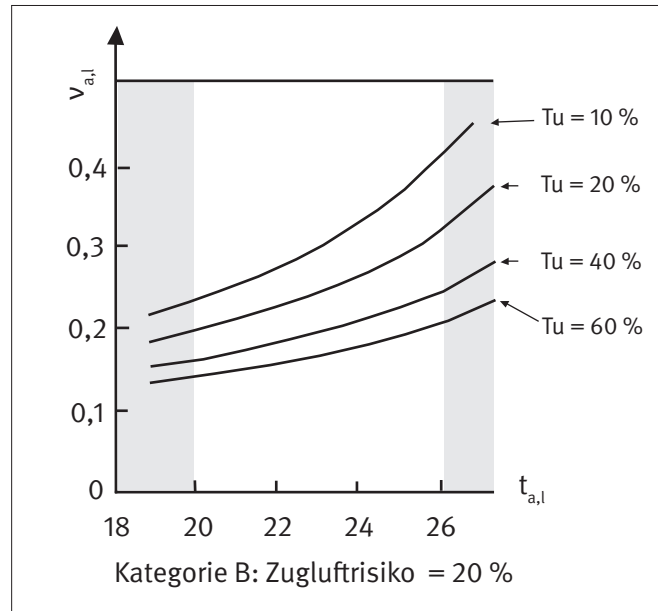
**Fußbodentemperatur**

Sowohl zu warme als auch zu kalte Fußböden werden als unbehaglich empfunden. Die Fußbodentemperatur soll zwischen 19 und 29 °C liegen.

**Asymmetrie der Strahlungstemperatur**

Differenzen bei den Temperaturen der Umschließungsflächen (z. B. kalte Fensterflächen, warme Decken) können zum lokalen Unbehagen führen. Die Temperaturdifferenz zwischen einer warmen Decke und dem Fußboden sollte maximal bei 5 °C liegen, diejenige zwischen einer kalten Wand und der gegenüberliegenden Wand maximal bei 10 °C.

Abbildung 1:  
Höchstzulässige mittlere Luftgeschwindigkeit als Funktion der lokalen Lufttemperatur und des Turbulenzgrades [6]



- $t_{a,l}$  lokale Lufttemperatur in °C
- $v_{a,l}$  lokale mittlere Luftgeschwindigkeit in m/s
- $T_u$  Intensität der Turbulenzen

**Luftfeuchte**

Die relative Luftfeuchte hat bei gemäßigten Temperaturen von 20 bis 26 °C in der Regel nur einen geringen Einfluss auf das Temperaturempfinden (Behaglichkeit). Laut DIN EN 13779 [8], in der Auslegungskriterien für raumluftechnische Anlagen beschrieben werden, ist eine Befeuchtung der Raumlufte in der Regel nicht erforderlich. Entsprechend der ASR A3.6 soll beim Einsatz lüftungstechnischer Anlagen die relative Luftfeuchte die in Tabelle 2 genannten Werte nicht überschreiten.

Tabelle 2:  
Empfohlene maximale relative Luftfeuchte in Abhängigkeit von der Lufttemperatur [7]

Lufttemperatur in °C	relative Luftfeuchte in %
20	80
22	70
24	62
26	55

Liegen die Werte für die relative Luftfeuchte darüber, wird das Raumklima als schwül empfunden.

Es ist umstritten, inwieweit trockene Luft den Menschen nachhaltig in seiner Gesundheit, seinem Wohlbefinden und seiner

Leistungsfähigkeit beeinträchtigt. Auch die landläufige Vorstellung, dass durch zu trockene Luft die Schleimhäute austrocknen und sich dadurch Krankheitserreger leichter ansiedeln können, ist nicht eindeutig bewiesen. So zeigten Laboruntersuchungen keine Veränderung der Schleimviskosität in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte [9]. Bei Beschwerden über zu trockene Luft ist zu berücksichtigen, dass die Ursache häufig in Staub oder anderen Verschmutzungen in der Luft zu suchen ist. Auch zu hohe Raumtemperaturen und/oder Außenluftvolumenströme können Auslöser sein.

Sofern die Luftfeuchte nicht über einen längeren Zeitraum in einen Bereich von 10 bis 20 % fällt, ist eine ständige Befeuchtung nicht ratsam, zumal die befeuchtete Luft zum Teil als stickig empfunden wird. Vielmehr sollte zunächst versucht werden, über eine Veränderung des Luftwechsels und eine niedrigere Temperatur die Luftqualität im Raum zu verbessern.

*Operative Temperatur*

Die Wirkung der Lufttemperatur und der Strahlungstemperatur wird in der Regel durch die operative Temperatur als Summenmaß beschrieben, die häufig verkürzt auch nur als Raumtemperatur bezeichnet wird. Die optimale operative Temperatur und den zulässigen Temperaturbereich als Funktion der Bekleidung und der Aktivität finden sich in [6].

Entsprechend der Technischen Regel für Arbeitsstätten ASR A3.5 „Raumtemperatur“ [10] sind während der gesamten Arbeitszeit die in Tabelle 3 aufgeführten Mindestlufttemperaturen zu gewährleisten.

Tabelle 3: Mindestlufttemperaturen in Arbeitsräumen in Abhängigkeit von der Arbeitshaltung und der Arbeitsschwere nach ASR A3.5 [10]

Überwiegende Arbeitshaltung	Arbeitsschwere		
	leicht	mittel	schwer
Sitzen	+ 20 °C	+ 19 °C	-
Stehen, Gehen	+ 19 °C	+ 17 °C	+ 12 °C

Darüber hinaus soll nach ASR A3.5 die Lufttemperatur 26 °C nicht überschreiten. Dabei wird vorausgesetzt, dass geeignete Sonnenschutzsysteme vorhanden sind. Bei Außentemperaturen über 26 °C gilt folgende Stufenregelung:

Steigt die Lufttemperatur über 26 °C sollen in diesem Bereich zusätzliche Maßnahmen wie effektive Steuerung des Sonnenschutzes, Reduzierung thermischer Lasten und ggf. zusätzliche organisatorische Maßnahmen ergriffen werden. Liegt die Lufttemperatur über 30 °C müssen wirksame Maßnahmen zur Reduzierung der Beanspruchung ergriffen werden; technische und organisatorische Maßnahmen haben dabei Vorrang vor persönlichen Maßnahmen. Steigt die Lufttemperatur auf mehr als 35 °C an, so ist der Arbeitsbereich ohne technische, organisatorische und persönliche Maßnahmen nicht als Arbeitsraum geeignet und ist wie ein Hitzebereich zu behandeln.

**3.1.3.2 Kältebereich**

Die Bewertung des Raumklimas im Kältebereich kann mithilfe der DIN EN 15743 [11] ohne großen Messaufwand erfolgen.

Anhand von sieben Fragen lassen sich kälteinduzierte Probleme identifizieren. Darüber hinaus kann Teil 5 der DIN 33403 [12] herangezogen werden. Er beschreibt vor allem die ergonomischen und organisatorischen Aspekte der Arbeit bei tiefen Raumtemperaturen. Dies ist sinnvoll, da diese Arbeitsbereiche meist technologisch bedingt tiefe Temperaturen aufweisen. Dazu zählen z. B. die Lebensmittelproduktion, einige Bereiche in Schlachthöfen sowie Kühl- und Gefrierhäuser. Die Maßnahmen, die hier getroffen werden können, zeigen vor allem in Richtung Persönliche Schutzausrüstung und Expositionszeitbegrenzung mit entsprechenden Aufwärmphasen.

**3.1.3.3 Warmbereich**

Zur Bewertung des Raumklimas im Warmbereich kann u. a. die Norm DIN EN 27243 [13] herangezogen werden. Mithilfe des einfachen Klimasummenmaßes WBGT-Index (WBGT, wet bulb globe temperature) wird die Erträglichkeit der Klimabelastung beurteilt. Dazu müssen in Räumen lediglich die natürliche Feuchttemperatur  $t_{nw}$  und die Globetemperatur  $t_g$  gemessen werden. Bei Einwirkung von Sonnenstrahlung ist zusätzlich die Lufttemperatur  $t_a$  zu bestimmen. Diese drei Temperaturen werden in einer einfachen Formel verknüpft:

Innerhalb und außerhalb von Gebäuden ohne direkte Wirkung von Sonneneinstrahlung gilt

$$WBGT = 0,7 \cdot t_{nw} + 0,3 \cdot t_g$$

Außerhalb von Gebäuden bei Einwirkung von Sonneneinstrahlung gilt

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

Werden die in Tabelle 4 angegebenen Richtwerte überschritten, so müssen Maßnahmen getroffen werden, um die Wärmebelastung in geeigneter Weise zu senken. Dabei kommen als Maßnahmen z. B. eine Änderung der Schwere der körperlichen Tätigkeit oder eine Verkürzung der Expositionszeit infrage.

**3.1.3.4 Hitzebereich**

Eine einfache Bewertung für den Hitzebereich kann mithilfe der DGUV Information 213-022 „Beurteilung von Hitzearbeit“ [14] erfolgen. Anhand weniger Fragen kann die Belastung abgeschätzt werden.

Zur umfassenden Beurteilung des Klimas im Hitzebereich werden in DIN 33403-3 [15] verschiedene Klimasummenmaße vorgeschlagen. Neben dem WBGT-Index kann u. a. die Normal-Effektivtemperatur (NET) herangezogen werden. Da die NET die Wärmestrahlung nicht berücksichtigt, sind die in Tabelle 5 angegebenen Orientierungsbereiche allerdings nur gültig, wenn die Temperatur der umschließenden Flächen weitgehend identisch mit der Lufttemperatur ist.

Überschreiten die Belastungsgrößen die jeweiligen Grenzbereiche, so sind Maßnahmen zur Minderung der Belastung erforderlich (DGUV Information 213-002 „Hitzearbeit: Erkennen – beurteilen – schützen“) [16].

Tabelle 4:  
Richtwerte für den WBGT-Index [13]

Energieumsatz M in W/m <sup>2</sup>	für akklimatisierte Beschäftigte		für nicht akklimatisierte Beschäftigte	
M ≤ 65	33		32	
65 < M ≤ 130	30		29	
130 < M ≤ 200	28		26	
	Keine spürbare Luftbewegung	Spürbare Luftbewegung	Keine spürbare Luftbewegung	Spürbare Luftbewegung
200 < M ≤ 260	25	26	22	23
M > 260	23	25	18	20

Tabelle 5:  
Orientierungsbereiche für Dauerexposition auf der Grundlage der Normal-Effektivtemperatur (NET) für akklimatisierte Personen [15]

Arbeitsenergieumsatz AU in W	Orientierungsbereich für NET in °C
AU ≤ 130	31 < NET ≤ 33
130 < AU ≤ 200	28 < NET ≤ 31
200 < AU ≤ 270	24 < NET ≤ 28
270 < AU ≤ 330	20 < NET ≤ 24
330 < AU ≤ 380	16 < NET ≤ 20
380 < AU ≤ 420	12 < NET ≤ 16
AU > 420	NET ≤ 12

Beschäftigte, die Hitzearbeiten durchführen, müssen laut Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) in die Pflichtvorsorge aufgenommen werden. Die Beurteilung, ob eine Untersuchung zu erfolgen hat, richtet sich nach der Arbeits-

medizinischen Regel AMR 13.1 „Tätigkeiten mit extremer Hitzebelastung, die zu einer besonderen Gefährdung führen können“ [17] und der DGUV Information 240-300. Zur Beurteilung von Hitzearbeit werden als Klimasummenmaß NET (Tabelle 6 und Tabelle 7) und die Effektive Bestrahlungsstärke (Tabelle 8 und Tabelle 9) verwendet. Mit der Beurteilung wird festgestellt, ob die Voraussetzungen für die arbeitsmedizinische Vorsorge erfüllt sind. Die muskuläre Belastung wird in leicht, mittelschwer und schwer bis sehr schwer unterteilt (siehe Tabelle 10).

Nach AMR 13.1 kann die Beurteilung auch anhand von typischen Arbeitsverfahren und -bereichen (z. B. Arbeiten an vorgewärmten Pfannen, Flämmen von warmen Brammen, Arbeiten an und in Behältern, Kesseln und Industrieöfen) oder verschiedener Anhaltspunkte (z. B. Lufttemperatur über 45 °C und Beschäftigungsdauer > 15 Minuten, Lufttemperatur über 30 °C mindestens vier Stunden pro Schicht und gleichzeitig hohe Luftfeuchte) erfolgen.

Tabelle 6:  
Beurteilungskriterium Normaleffektivtemperatur (NET) in °C zur Einstufung von Hitzearbeit [17]

	NET (ohne deutlichen Wärmestrahlungsanteil)	NET (mit deutlichem Wärmestrahlungsanteil)
Expositionszeit ≥ 60 min	> 25 °C	> 23 °C
Expositionszeit ≥ 15 min	≥ 30 °C	≥ 28 °C
Arbeitsenergieumsatz > 300 W/m <sup>2</sup>	> 35 °C	> 33 °C

Tabelle 7:  
Richtwerte der Normaleffektivtemperatur (NET) in °C zur Einstufung von Hitzearbeit in Abhängigkeit von der Expositionszeit [4]

Arbeitsenergieumsatz in W	ununterbrochene Expositionszeit in min			
	< 15	15 bis 30	31 bis 60	> 60
Gruppe 1	ständig exponierte, hitzeadaptierte Beschäftigte			
Stufe 1: 100	—	> 36	36	34
Stufe 2: 200	—	36	34	32
Stufe 3: 300	—	34	32	30
Stufe 4: > 300	35	32	30	(entfällt)
Gruppe 2	gelegentlich exponierte, nicht hitzeadaptierte Beschäftigte			
Stufe 1: 100	—	> 36	34	(entfällt)
Stufe 2: 200	—	34	32	(entfällt)
Stufe 3: 300	35	32	30	(entfällt)
Stufe 4: > 300	35	30	28	(entfällt)

Tabelle 8:  
Beurteilungskriterium Effektive Bestrahlungsstärke in W/m<sup>2</sup> zur Einstufung von Hitzearbeit [17]

Arbeitsenergieumsatz AU in W	Expositionszeit > 15 min	Expositionszeit 15 bis 30 min	Expositionszeit 31 bis 60 min
Stufe 1: 100	1 000	500	300
Stufe 2: 200	750	300	200
Stufe 3: 300	500	200	100
Stufe 4: > 300	250	100	35

Tabelle 9:  
Richtwerte der effektiven Bestrahlungsstärke in W/m<sup>2</sup> zur Einstufung von Hitzearbeit in Abhängigkeit von der Expositionszeit [4]

Arbeitsenergieumsatz in W	ununterbrochene Expositionszeit in min			
	< 15	15 bis 30	31 bis 60	> 60
Gruppe 1	ständig exponierte, hitzeadaptierte Beschäftigte			
Stufe 1: 100	1 000	750	500	300
Stufe 2: 200	750	500	300	200
Stufe 3: 300	500	300	200	100
Stufe 4: > 300	250	200	100	(entfällt)
Gruppe 2	gelegentlich exponierte, nicht hitzeadaptierte Beschäftigte			
Stufe 1: 100	1 000	500	300	(entfällt)
Stufe 2: 200	750	300	200	(entfällt)
Stufe 3: 300	500	200	100	(entfällt)
Stufe 4: > 300	250	100	35	(entfällt)

Tabelle 10:  
Einteilung des Arbeitsenergieumsatzes (AU) und des Gesamtenergieumsatzes (EU) nach Tätigkeitsarten [4]

Energieumsatz	Beispiele für Tätigkeiten
<b>Stufe 0</b> Ruhezustand EU: 100 bis 125 W AU: 20 bis 45 W	Sitzen oder Stehen im Ruhezustand
<b>Stufe 1</b> Leicht: AU ca. 100 W EU: etwa 125 bis 235 W AU: etwa 45 bis 155 W	<ul style="list-style-type: none"> <li>• leichte Handarbeit (Schreiben, Schreibmaschine schreiben, Zeichnen, Nähen, Buchführung)</li> <li>• Tätigkeiten mit Hand und Arm (kleine Handwerkzeuge, Inspektion, Zusammenbau oder Sortieren von leichten Gegenständen)</li> <li>• Tätigkeit mit Arm und Bein (Fahren eines Fahrzeuges unter üblichen Bedingungen, Betätigen eines Fußschalters oder Pedals)</li> <li>• Kontrollgänge, Kranführer aller Art, Fahrer von Flurförderzeugen, Elektriker für Steuer- und Regelanlagen, Tätigkeiten in Schaltwarten, Brenner in der keramischen Industrie</li> </ul>
<b>Stufe 2</b> Mittelschwer: AU ca. 200 W EU: etwa 235 bis 360 W AU: etwa 155 bis 240 W	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ununterbrochene Hand- und Armarbeit (Einschlagen von Nägeln, Feilen)</li> <li>• Arm- und Beinarbeit (Fahren von Lkw, Traktoren oder Baufahrzeugen im Gelände)</li> <li>• Arm- und Körperarbeit (Arbeiten mit Presslufthammer, Zugmaschinen, Pflasterarbeiten, ununterbrochenes Handhaben von mittelschweren Materialien, Schieben und Ziehen von leichten Karren oder Schubkarren, Schmieden)</li> <li>• Anfänger an Glasöfen, Betriebsschlosser, Abbrechen von Glas mittels Brecher, Eisengießer mit Hebezeug, Vulkaniseur</li> </ul>
<b>Stufe 3</b> Schwer: AU ca. 300 W EU: etwa 360 bis 465 W AU: etwa 240 bis 385 W	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intensive Arm- und Körperarbeit (Tragen von schwerem Material, Schaufeln, Arbeiten mit Vorschlaghammer, Sägen; Bearbeiten von hartem Holz mit Hobel oder Stechbeitel; Graben, Schieben oder Ziehen schwer beladener Handwagen oder Schubkarren; Zerschlagen von Gussstücken; Legen von Betonplatten)</li> <li>• Ein- und Aussetzen in der grobkeramischen Industrie, Ofenmaurer bei Heißreparaturen, Gemengeeinleger von Hand in Glashütten, Schmelzer, Eisengießer (Handguss), Handflämmer</li> </ul>
<b>Stufe 4</b> Sehr schwer: AU > 300 W EU: ab etwa 465 W AU: ab etwa 385 W	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sehr intensive Arm- und Körperarbeit mit hohem Arbeitstempo (Arbeiten mit der Axt, intensives Schaufeln oder Graben, Besteigen von Treppen, Rampen oder Leitern, schnelles Gehen mit kleinen Schritten)</li> </ul>

### 3.1.4 Literatur

- [1] DIN Fachbericht 128: Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung – Grundlagen zur Klimaermittlung. Beuth, Berlin 2003
- [2] DIN EN ISO 7726: Umgebungsklima – Instrumente zur Messung physikalischer Größen (04.02). Beuth, Berlin 2002
- [3] Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) vom 18. Dezember 2008. BGBl. I (2008), S. 2768; zul. geänd. BGBl. I (2016), S. 2549
- [4] DGUV Information: Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 30 „Hitze“ (240-300, bisher: BGI/GUV-I 504-30). Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin 2010
- [5] DGUV Information: Beurteilung des Raumklimas (215-510, bisher: BGI/GUV-I 7003). Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin 2016
- [6] 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 (05.06). Beuth, Berlin 2006
- [7] Technische Regeln für Arbeitsstätten: Lüftung (ASR A3.6). GMBL. (2012), S. 92; zul. geänd. GMBL. (2017), S. 10
- [8] DIN EN 13779: Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlsysteme (09.07). Beuth, Berlin 2007
- [9] von Hahn, N.: „Trockene Luft“ und ihre Auswirkungen auf die Gesundheit – Ergebnisse einer Literaturstudie. Gefahrstoffe Reinhalt. Luft 67 (2007) Nr. 3, S. 103-107
- [10] Technische Regeln für Arbeitsstätten: Raumtemperaturen (ASR A3.5). GMBL. (2010), S. 751; zul. geänd. GMBL. (2014), S. 287
- [11] DIN EN ISO 15743: Ergonomie der thermischen Umgebung – Arbeitsplätze in der Kälte – Risikobewertung und Management (11.08). Beuth, Berlin 2008
- [12] DIN 33403-5: Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung – Teil 5: Ergonomische Gestaltung von Kältearbeitsplätzen (01.97). Beuth, Berlin 1997
- [13] DIN EN 27243: Warmes Umgebungsklima – Ermittlung der Wärmebelastung des arbeitenden Menschen mit dem WBGT-Index (wet bulb globe temperature) (12.93). Beuth, Berlin 1993
- [14] DGUV Information: Beurteilung von Hitzearbeit – Tipps für Wirtschaft, Verwaltung, Dienstleistung (213-022, bisher: BGI/GUV-I 7002). Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin 2011
- [15] DIN 33403-3: Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung – Teil 3: Beurteilung des Klimas im Warm- und Hitzebereich auf der Grundlage ausgewählter Klimaauswertemaße (07.11). Beuth, Berlin 2011
- [16] DGUV Information: Hitzearbeit; Erkennen – beurteilen – schützen (213-002, bisher: BGI 579). Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin 2013
- [17] Arbeitsmedizinische Regel: Tätigkeiten mit extremer Hitzebelastung, die zu einer besonderen Gefährdung führen können (AMR 13.1). GMBL. (2014), S. 97

#### Weiterführende Literatur

DIN EN ISO 11399: Ergonomie des Umgebungsklimas – Grundlagen und Anwendung relevanter Internationaler Normen (04.01). Beuth, Berlin 2001

DIN EN ISO 15265: Ergonomie der thermischen Umgebung – Strategie zur Risikobeurteilung zur Abwendung von Stress oder Unbehagen unter thermischen Arbeitsbedingungen (11.04). Beuth, Berlin 2004

### 3.2 Berührungen heißer Oberflächen

#### 3.2.1 Erläuterungen

Beim Berühren einer heißen Oberfläche kann es zur Verbrennung der Haut kommen. Ob eine Verbrennung auftritt, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Die wichtigsten sind

- die Temperatur der Oberfläche,
- das Material der Oberfläche und
- die Dauer des Kontaktes zwischen der Oberfläche und der Haut.

Schwellenwerte der Oberflächentemperatur, ab der eine Verbrennung auftritt, wurden vom IFA für verschiedene Materialien und für verschiedene Kontaktzeiten ermittelt. Sie können der Norm DIN EN ISO 13732-1 [1] entnommen werden.

#### 3.2.2 Grenzwerte

Eine rechtsverbindliche Festlegung von höchstzulässigen Temperaturen heißer Oberflächen zum Schutz vor Verbrennungen erfolgte bisher nur in einzelnen Bereichen. Zur Umsetzung der EU-Maschinenrichtlinie [2] im Hinblick auf Gefährdungen durch heiße Oberflächen (Nr. 1.5.5 des Anhangs I der Richtlinie) wurde die Norm DIN EN ISO 13732-1 in die Liste der harmonisierten Normen [3] aufgenommen. Ihre Anwendung löst daher die Vermutung der Konformität mit der Richtlinie aus.

Darüber hinaus gibt es in einer Reihe von Produktnormen Festlegungen für maximal zulässige Oberflächentemperaturen. Teils dienen diese Festlegungen zum Schutz vor Verbrennungen bei der Berührung, zum Teil aber auch zum Schutz der Materialien vor thermischen Schäden. Liegen diese Oberflächentemperaturen über den Werten der Verbrennungsschwellen nach DIN EN ISO 13732-1, dann schützen sie nicht vor Verbrennungen der Haut.

Eine zur Umsetzung der Betriebssicherheitsverordnung geplante Technische Regel für Betriebssicherheit (TRBS) „Thermische Gefährdungen“ wurde mit dem Hinweis auf die Existenz der DIN EN ISO 13732-1 zurückgezogen. Sie wird nicht veröffentlicht werden.

#### 3.2.3 Empfehlungen

Die Schwellenwerte nach DIN EN ISO 13732-1 für die Verbrennung der Haut sind gleichzeitig auch Empfehlungen für Oberflächentemperatur-Grenzwerte, sofern zur Vermeidung von Verbrennungen eine Begrenzung der Oberflächentemperatur notwendig ist. Der Norm ist zu entnehmen, wie solche Grenzwerte für verschiedene Oberflächen und verschiedene Berührungssituationen festgelegt werden können.

Aufgrund des Umfangs können die Verbrennungsschwellen hier nicht abgedruckt werden. Es wird auf DIN EN ISO 13732-1 [1] verwiesen.

### 3.2.4 Literatur

- [1] DIN EN ISO 13732-1: Ergonomie der thermischen Umgebung – Bewertungsverfahren für menschliche Reaktionen bei Kontakt mit Oberflächen – Teil 1: Heiße Oberflächen (ISO 13732-1:2006); Deutsche Fassung EN ISO 13732-1:2008
- [2] Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Neufassung) (Text für Bedeutung für den EWR). ABl. EU (2006) Nr. L 157, S 24-86
- [3] 2009/C 214/01: Mitteilung der Kommission im Rahmen der Durchführung der Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (1) (Veröffentlichung der Titel und der Bezugsdaten der harmonisierten Normen im Sinne dieser Richtlinie). ABl. EU (2009) Nr. C 214

### 3.3 Berührungen kalter Oberflächen

#### 3.3.1 Erläuterungen

Bei der Berührung einer kalten Oberfläche kann es zu Schmerzen, Taubheitsgefühl und Erfrierungen der Haut kommen. Ob eine Kälteschädigung auftritt und welcher Art sie ist, hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie

- Oberflächeneigenschaften des berührten Gegenstandes,
- Temperatur der kalten Oberfläche und der Umgebung,
- Dauer des Kontaktes zwischen der Haut und der Oberfläche,
- Merkmale der Haut und Art des Kontakts.

Schwellenwerte der Oberflächentemperatur, ab der eine Kälteschädigung auftritt, wurden für verschiedene Materialien, für verschiedene Kontaktzeiten und für verschiedene Arten von Schädigungen ermittelt. Sie können der Norm DIN EN ISO 13732-3 [1] entnommen werden.

#### 3.3.2 Grenzwerte

Eine für alle Bereiche rechtsverbindliche Festlegung von niedrigstzulässigen Temperaturen kalter Oberflächen zum Schutz vor Kälteschädigungen erfolgte bisher nicht. Im Bereich der Maschinensicherheit wurde zur Umsetzung der EU-Maschinenrichtlinie [2] im Hinblick auf Gefährdungen durch kalte Oberflächen (Nr. 1.5.5 des Anhangs I der Richtlinie) die Norm DIN EN ISO 13732-3 in die Liste der harmonisierten Normen [3] aufgenommen. Ihre Anwendung löst daher die Vermutung der Konformität mit der Richtlinie aus.

Eine zur Umsetzung der Betriebssicherheitsverordnung geplante Technische Regel für Betriebssicherheit (TRBS) „Thermische Gefährdungen“ wurde mit dem Hinweis auf die Existenz der DIN EN ISO 13732-3 [1] zurückgezogen. Sie wird nicht veröffentlicht werden.

### 3.3.3 Empfehlungen

Die Schwellenwerte nach DIN EN ISO 13732-3 von Oberflächentemperaturen für Kälteschädigungen sind gleichzeitig Empfehlungen für Oberflächentemperatur-Grenzwerte, sofern zur Vermeidung von Kälteschädigungen eine Begrenzung von niedrigen Oberflächentemperaturen notwendig ist. Der Norm ist zu entnehmen, wie solche Grenzwerte für verschiedene Oberflächeneigenschaften, Berührungssituationen und mögliche Kälteschädigungen festgelegt werden können.

Aufgrund des Umfangs können die Verbrennungsschwellen hier nicht abgedruckt werden. Es wird auf DIN EN ISO 13732-3 [1] verwiesen.

### 3.3.4 Literatur

- [1] DIN EN ISO 13732-3: Ergonomie der thermischen Umgebung – Bewertungsmethoden für Reaktionen des Menschen bei Kontakt mit Oberflächen – Teil 3: Kalte Oberflächen (ISO 13732-3:2005), Deutsche Fassung EN ISO 13732-3:2008
- [2] Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Neufassung) (Text für Bedeutung für den EWR). ABl. EU (2006) Nr. L 157, S. 24 vom 9. Juni 2006
- [3] 2009/C 214/01: Mitteilung der Kommission im Rahmen der Durchführung der Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (1) (Veröffentlichung der Titel und der Bezugsdaten der harmonisierten Normen im Sinne dieser Richtlinie). ABl. EU (2009) Nr. C 214