



## Handbuch Gefährdungsbeurteilung - Teil 2 7 Gefährdungen durch Arbeitsumgebungsbedingungen

# Inhaltsverzeichnis

7 Gefährdungen durch Arbeitsumgebungsbedingungen	3
7.1 Klima	5
7.2 Beleuchtung/Licht	34
7.3 Ersticken, Ertrinken	45
7.4 Unzureichende Gestaltung der Arbeitsstätte	65
7.5 Benutzungsschnittstelle	76

## **Autoren**

### **Klima**

- Dr.-Ing. Kersten Bux

### **Beleuchtung/Licht**

- Dr.-Ing. Erik Romanus
- Dr. rer. nat. Ljiljana Udovicic
- Dr. rer. nat. Stefan Bauer
- Dr. rer. Nat. Andreas Wojtysiak

### **Ersticken, Ertrinken**

- Dipl.-Ing. Christof Barth

### **Unzureichende Gestaltung der Arbeitsstätte**

- Dr.-Ing. Kersten Bux

### **Benutzungsschnittstelle**

- Dipl.-Ing. Bettina Lafrenz

## 7 Gefährdungen durch Arbeitsumgebungsbedingungen



Die verschiedenen Arbeitsumgebungsbedingungen können eine Gefährdung der Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten bewirken. Neben akuten Wirkungen, die unmittelbar zu Unfällen führen können, gibt es langzeitliche Einwirkungen, die zu einer chronischen Schädigung der Gesundheit, aber auch zur Minderung der Leistungsfähigkeit und zur Unzufriedenheit der Beschäftigten führen können. Außer den physikalischen Parametern Klima, Beleuchtung und Atemluft werden in diesem Abschnitt Gestaltungsmerkmale der Arbeitsstätte und der Schnittstelle Mensch/Maschine betrachtet. Untersuchungen der Arbeitsumgebungsbedingungen in Arbeitsstätten<sup>1</sup> zeigen für das Jahr 2018, dass von den in Vollzeit abhängig Beschäftigten in Facharbeit - über alle Wirtschaftszweige gemittelt - 11,0 % einer schlechten Beleuchtung und 24,3 % Kälte, Hitze, Nässe, Zugluft gegenüber exponiert sind. Über die Hälfte davon (53 %) fühlten sich durch diese Arbeitsanforderungen belastet.

Zudem treten Wechselwirkungen zwischen den Arbeitsumgebungsbedingungen auf, die zu einem zusätzlichen Risiko führen können. So untersuchte KULVE et al. 2018<sup>2</sup> die kombinierten Auswirkungen von Beleuchtung und Klima auf den thermischen Komfort des Menschen. Demnach beeinflussen sich die visuelle Wahrnehmung und die thermische Wahrnehmung gegenseitig. Danach scheinen thermische Beschwerden teilweise durch Beleuchtung kompensierbar zu sein. Allerdings ist die Erkenntnislage bisher noch nicht ausreichend, um daraus bereits konkrete Hinweise für die Gefährdungsbeurteilung ableiten zu können.

Im Kapitel 7 werden die nachfolgenden Faktoren der Arbeitsumgebung betrachtet:

- **Klima:** Hier liegt der Schwerpunkt auf sehr kalten und warmen/heißten Bereichen wie bei der Arbeit in Kühlräumen oder in einem Stahlwerk, die zu einer unmittelbaren Gefährdung führen können. Klimate wie in Büroräumen werden nur kurz dargestellt, da die Klimabedingungen hier keine unmittelbare Gefährdung darstellen.
- **Beleuchtung, Licht:** Zu geringe Beleuchtung oder Blendung kann zu Arbeitsunfällen führen. Zur Erfüllung der Sehaufgabe am Arbeitsplatz sind Mindestbeleuchtungsstärken nötig.
- **Reduzierung der Sauerstoffkonzentration:** Durch Verdrängung oder Verbrauch von Sauerstoff (z. B. in Folge Brandschutzmaßnahmen mit sauerstoffreduzierter Atmosphäre in einem Archiv) in der Atemluft können Beschäftigte ersticken.
- **Unzureichend gesicherte Gewässer oder Becken:** Durch fehlende Sicherungen kann es zu einem Sturz in Gewässer oder Becken mit der Gefahr des Ertrinkens kommen.
- **Unzureichende Gestaltung der Arbeitsstätte:** Bei einer unzureichenden Gestaltung z. B. der Flucht- und Rettungswege kann im Falle eines Brandes für die Beschäftigten das sichere Verlassen der Arbeitsstätte nicht gewährleistet werden.
- **Mensch-Maschine/Rechner-Schnittstelle:** Eine mangelhafte bzw. nicht ergonomische Gestaltung von Bedienelementen einer Maschine kann zur Fehlbedienung führen und auch Unfälle zur Folge haben.

<sup>1</sup>) Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit - Berichtsjahr 2020. Unfallverhütungsbericht Arbeit 1. Auflage. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2021. ISBN: 978-3-88261-742-9, Seiten 228, DOI:

10.21934/baua:bericht20211201 (online)

2) KULVE, M.; SCHLANGEN, L.; MARKEN LICHTENBELT, W.: Interactions between the perception of light and temperature. In: Indoor Air 28 (2018), H. 6, 881-891

**Autor**

– Dr.-Ing. Kersten Bux

## 7.1 Klima

Der Arbeitsumgebungsfaktor Klima lässt sich durch die physikalischen Größen Temperatur, Feuchtigkeit und Geschwindigkeit der Luft sowie die Wärmestrahlung der Umschließungsflächen beschreiben. Es wirkt maßgeblich auf das thermoregulatorische Gleichgewicht des Menschen zum Konstanthalten der Körperkerntemperatur. Im Zusammenwirken mit Arbeitsintensität und persönlichen Faktoren wie Art der Bekleidung und Akklimatisation, sowie anderen Belastungsfaktoren, wie Beleuchtung oder Lärm hat das Klima zudem einen wesentlichen Einfluss auf Gesundheit, Leistungsfähigkeit und Wohlbefinden der Menschen. Das Klima wirkt sich förderlich auf die Gesundheit des Menschen aus, wenn es optimal an seine Bedürfnisse angepasst ist (z. B. im Behaglichkeitsbereich) bzw. er sich optimal daran angepasst hat (z. B. mit der Bekleidung). Abweichungen, z. B. zu hohe oder zu niedrige Lufttemperaturen, können zu Unbehagen, Leistungsminderung bis hin zu Schädigungen der Gesundheit führen.

### Bei der Gefährdungsbeurteilung zu berücksichtigende Belastungsgrößen

- Lufttemperatur ( $t_a$  [°C])
- Luftfeuchte (relative Luftfeuchte RH [%])
- Luftgeschwindigkeit (mittlere Geschwindigkeit  $V_a$  [m/s])
- Wärmestrahlung (von z. B. Maschinen, Lampen, Wandflächen, Fenstern,  $E_{\text{eff}}$  [W/m<sup>2</sup>])
- energetische Arbeitsbelastung (Arbeitsenergieumsatz AU oder Energieumsatz in [W] oder auf die Körperoberfläche bezogen in [met], 1 met = 58,15 Wm<sup>-2</sup>)
- Bekleidungsisolationswert ( $I_{\text{cl}}$  [clo] vom engl. "Clothing level", 1 clo = 0,155 m<sup>2</sup> K/W)
- Expositionsdauer (Zeit [min, h])

### Klimabereiche am Arbeitsplatz

Für eine systematische Gefährdungsbeurteilung des Klimas wird dieses in drei Bereiche eingeteilt, wie sie auch in der Arbeitswelt anzutreffen sind:

- **Behaglichkeitsbereich:**  
Der Wärmeaustausch des Menschen mit der Umgebung befindet sich im thermoregulatorischen Gleichgewicht. In diesem thermisch neutralen Klima treten keine akuten gesundheitlichen Gefährdungen auf und die Arbeit kann ohne besondere Schutzmaßnahmen ausgeführt werden.
- **Kältebereich:**  
Der Körper verliert kontinuierlich Wärme, mit bestimmten Schutzmaßnahmen kann die Arbeit eine begrenzte Zeit ausgeführt werden, es besteht die Gefahr von Kälteerkrankungen.
- **Warm-/Hitzebereich:**  
Im Warmbereich (auch Erträglichkeitsbereich) kann unter bestimmten Bedingungen über eine Arbeitsschicht ohne akute Gesundheitsgefahren im thermoregulatorischen Gleichgewicht gearbeitet werden. Im Hitzebereich erwärmt sich der Körper mit der Zeit, die Arbeit ist nur begrenzt und mit Schutzmaßnahmen ausführbar, sonst können akute Hitzeerkrankungen eintreten.

### Wirkung auf den Menschen

Im **Behaglichkeitsbereich** hat das Klima kaum Auswirkungen auf die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten, jedoch können Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit beeinflusst werden. In Auswertung verschiedener Studien zeigte SEPPÄNEN et al. (2006) mit steigender Raumtemperatur einen Leistungsabfall bezüglich kognitiver und psychomotorischer Tests im Mittel von ca. 2 % je Kelvin. In einer Literaturstudie untersuchten BUX, POLTE (2016) den Einfluss des Raumklimas auf die psychische Gesundheit des Menschen. Demnach können insbesondere Unzufriedenheit mit dem Raumklima (zu warm, zu kalt), Stress durch das Unvermögen, selbst das Raumklima beeinflussen zu können, Leistungsminderung durch niedrige/hohe Temperaturen sowie Auswirkungen bestimmter Klimaphänomene (z. B. Hautreizung infolge trockener Raumluft) indirekt psychische Beanspruchungen hervorrufen. Das Klima kann als Stressor wirken.

Im **Kältebereich** kann es zu einer kältebedingten Minderdurchblutung von Haut und Extremitäten kommen, was Kälteempfindungen, Muskelzittern sowie Einschränkungen von Beweglichkeit, Sensibilität und Geschicklichkeit hervorrufen kann. Die Abkühlung kann zudem zur Unterkühlung und lokalen Erfrierungen des Körpers führen, im extremen Fall kann eine lebensbedrohliche Absenkung der Körperkerntemperatur mit Bewusstseinsverlust eintreten.

Im **Warm-/Hitzebereich** kommt es zu einer erhöhten Durchblutung der Haut verbunden mit steigender Frequenz des Herzschlags und Zunahme der Schweißsekretion. Das 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.

### Thermoregulation

Im thermisch neutralen Klima, das weitgehend identisch mit dem Behaglichkeitsbereich ist, befindet sich der Wärmeaustausch des Menschen mit der Umgebung im Gleichgewicht, d. h. umgewandelte und aufgenommene Wärmeenergie entsprechen der Wärmeabgabe. In relativ engen Grenzen kann der Mensch diese Wärmebilanz regulieren, dafür bestehen folgende Möglichkeiten:

- Wärmeproduktion durch Stoffwechsel (Muskelarbeit)
- Wärmeabgabe durch Verdunstung (Schweißbildung)
- Wärmeübertragung durch Leitung (direkter Kontakt mit Oberflächen)
- Wärmeübertragung durch Konvektion (Luftbewegung)
- Wärmeübertragung durch Strahlung (Strahlungsaustausch mit den Umschließungsflächen des Raumes)
- Wärmeübertragung durch Atmung
- Wärmeisolation durch Kleidung

Bei hochgradiger Wärme- oder Kältebelastung werden die Grenzen der internen (thermophysiologischen) und externen (verhaltensbezogenen) Möglichkeiten zur Thermoregulation überschritten. Es können dann in Abhängigkeit von Art, Intensität und Dauer der thermischen Einwirkung akute oder chronische Gesundheitsschäden entstehen. Abbildung 7.1-1 veranschaulicht die Wärmebilanz des Körpers bei unterschiedlichen klimatischen Bedingungen. So ist z. B. die Kühlung durch Schwitzen nur begrenzt möglich, da der Körper nur eine begrenzte Menge an Schweiß in einer bestimmten Zeit erzeugen kann.

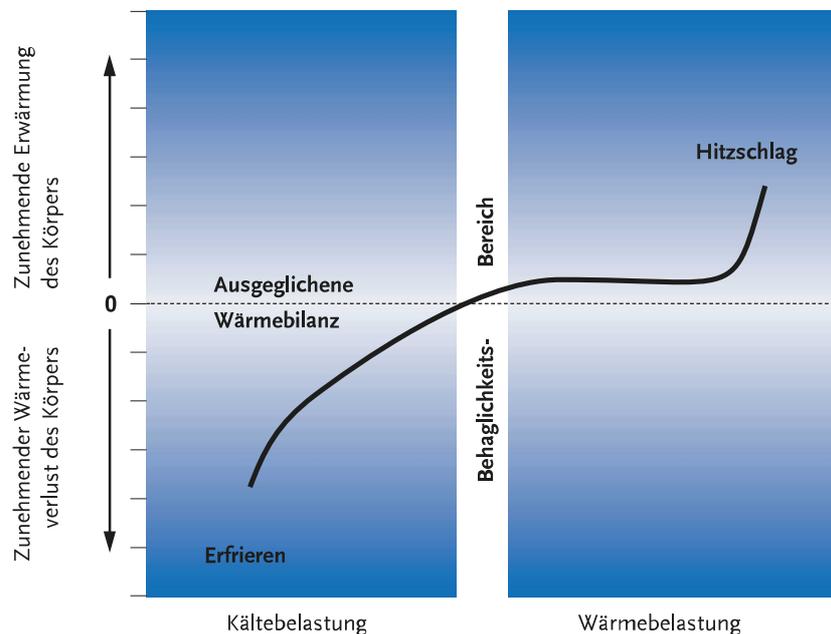


Abbildung 7.1-1. Die Wärmebilanz des Körpers bei verschiedenen Klimabelastungen (nach E. Grandjean)

Den Zusammenhang zwischen den Einflussgrößen auf die Thermoregulation und Körperreaktionen verdeutlicht Abbildung 7.1-2.

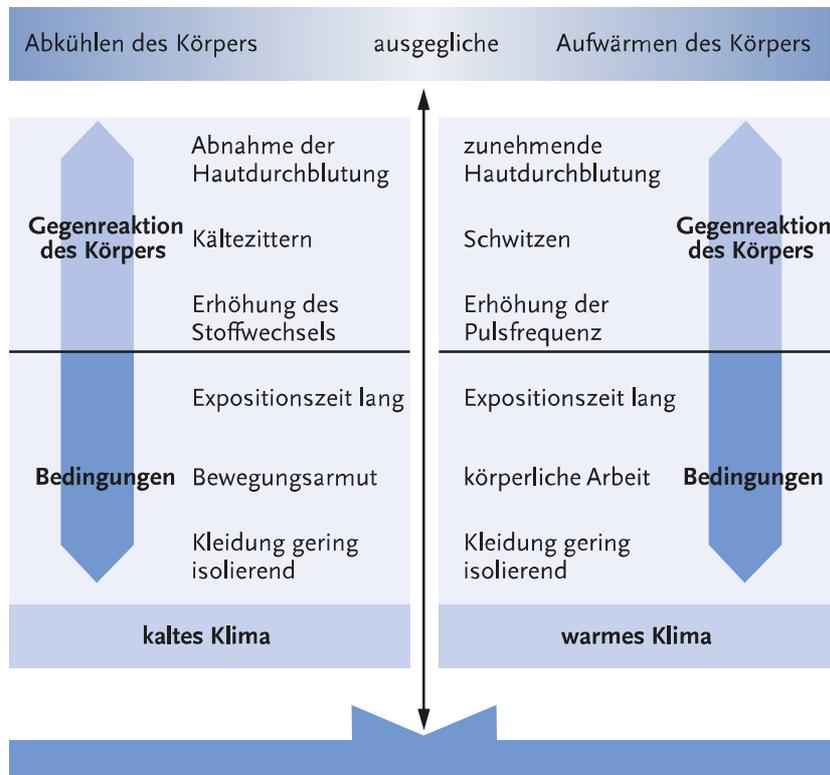


Abbildung 7.1-2. Wärmebilanz des menschlichen Körpers

### Hinweise zum thermisch-neutralen Klima - Behaglichkeitsbereich

In Arbeitsstätten wird, sofern nicht betriebstechnische Erfordernisse das Klima bestimmen (z. B. Kühlhaus), ein gesundheitlich zuträgliches Klima angestrebt. Das Klima sollte deswegen im Behaglichkeitsbereich liegen. Dementsprechend werden im Anhang 3.5 und 3.6 ArbStättV Festlegungen zu Raumtemperaturen und Lüftung getroffen, die einzuhalten sind. Konkretisiert wird dies in den ASR A3.5 und ASR A3.6. Hier werden u. a. Mindest- und Höchstwerte der Lufttemperatur sowie Grenzen für Luftgeschwindigkeiten (Zugluft) und relative Luftfeuchte aufgeführt, die das allgemeine Schutzziel "gesundheitlich zuträglich" erfüllen.

Anhaltspunkte für ein behagliches Raumklima bei leichter und hauptsächlich sitzender Tätigkeit gibt Tabelle 7.1-1. Auf geeignete Kleidung und möglichst geringe Wärmeleitung durch Hautkontakt sollte geachtet werden.

**Tabelle 7.1-1** 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 (Heizperiode)	Sommerbedingungen (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)	K	< 3	< 3
Oberflächentemperatur des Fußbodens	°C	19-29	-
mittlere Luftgeschwindigkeit, abhängig von Lufttemperatur und Turbulenzgrad	m/s	< 0,16	< 0,19
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> Die Angaben sind Orientierungswerte aus der DIN EN ISO 7730 für klimatisierte Räume. Insbesondere für die kalte Jahreszeit lässt sich aus Sicht des Gesundheitsschutzes noch kein Mindestwert der relativen Luftfeuchte in Innenräumen ableiten (DERBY et al. 2016, WHO 2019, Bux, K., von Hahn, N.: 2020). Bei nicht klimatisierten und natürlich belüfteten Räumen hängt die relative Luftfeuchte 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 SPEC 33428 und DIN EN ISO 7726.

Protokolle von Klimamessungen sollten außer den eigentlichen Messergebnissen der Klimagrößen (z. B. Lufttemperatur, Luftfeuchte, Luftgeschwindigkeit, Witterungsverhältnisse) folgende Angaben enthalten, sofern diese entscheidenden Einfluss auf das Klima haben:

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

Ein Messprotokoll zur Klimamessung befindet sich in der Anlage 1. Anlage 2 enthält Begriffserklärungen.

## 7.1.1 Art der Gefährdungen und ihre Wirkungen - Kälte

### Kältebereiche

Nach DIN 33403-5 unterscheidet man fünf Kältebereiche:

**Tabelle 7.1-2** Kältebereiche nach DIN 33403-5

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, z. B.

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

### Gesundheitsgefahren

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 [BUX, K.; KAMPMANN, B. 2014]. Die Abkühlung kann im extremen Fall eine lebensbedrohliche Absenkung der Körperkerntemperatur zur Folge haben. Bei unter +35 °C können z. B. Kältezittern, vertiefte Atmung, erhöhte Herzschlagfrequenz, blasse Hautfarbe und eine Beeinträchtigung der geistigen Funktionen auftreten.

## 7.1.2 Art der Gefährdungen und ihre Wirkungen - Hitze

### Ursachen

An vielen Arbeitsplätzen, z. B. 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 den Behaglichkeitsbereich 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 Hitzekrankheiten wie Hitzekrämpfe, Hitzekollaps und Hitzschlag ausgelöst werden. Durch direkten Kontakt mit heißen Oberflächen, Flüssigkeiten, Dämpfen oder durch Einwirkung intensiver Wärmestrahlung können lokale Gewebeschäden entstehen (Verbrennungen, Verbrühungen, siehe [BUX, K.; KAMPMANN, B. 2014] auch Abschnitt "[Thermische Gefährdungen](#)").

### 7.1.3 Ermittlung und Beurteilung - Kälte

#### Gefährdungsabschätzung

Für eine grobe Einschätzung des Gesundheitsrisikos bei **Arbeiten im Freien** unter Berücksichtigung auch höherer Luftgeschwindigkeiten kann Abbildung 7.1-3 als Anhaltspunkt dienen (siehe auch DIN EN ISO 15743).

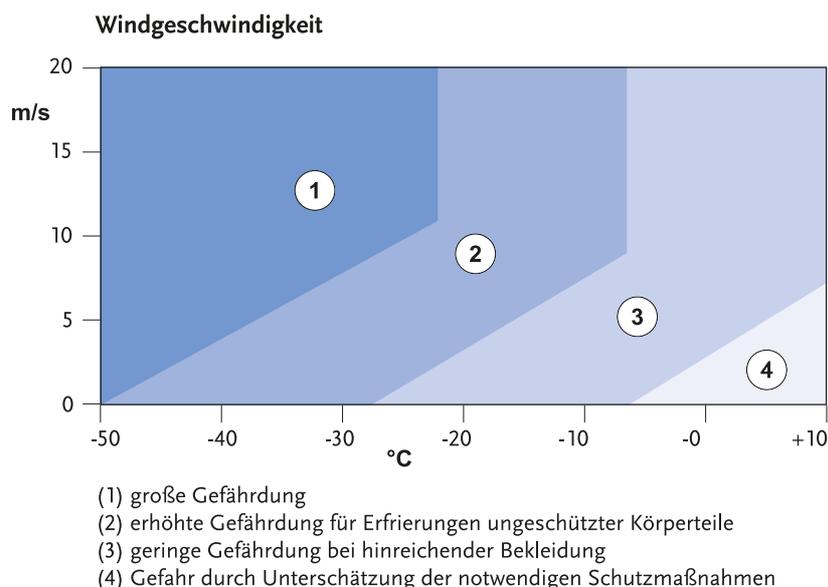


Abbildung 7.1-3. Bereiche kalter Klimabedingungen mit verschieden großer Gefährdung des Menschen

#### Einflussgrößen

Folgende Einflussgrößen, die sich nach DIN SPEC 33428 und DIN 33403-5 ermitteln bzw. anhand von Tabellen abschätzen lassen, sind für thermische Belastung 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 thermische Belastung bei Kältearbeit sollte 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. Allgemein sollten die Schutzmaßnahmen mindestens sicherstellen, dass an keiner dieser Körperstellen die Hauttemperatur unter +12 °C absinkt.

### 7.1.4 Ermittlung und Beurteilung - Hitze

Die Ermittlung und Beurteilung einer Gefährdung durch Hitzeeinwirkungen erfordert eine komplexe Erhebung verschiedener Einflussgrößen und eine individuelle Beurteilung, wofür i. d. R. Klimasummenmaße verwendet werden. Dabei müssen die verschiedenen Umgebungsbedingungen berücksichtigt werden.

#### 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 Hitzeklima 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, Anlage 4)
- vorhergesagte Wärmebeanspruchung PHS (DIN EN ISO 7933, Anlage 6)

Die zur Ermittlung der Klimasummenmaße erforderlichen Klimagrößen werden in DIN SPEC 33428 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 [17] DGUV Empfehlungen für arbeitsmedizinische Beratungen und Untersuchungen bzgl. Hitzearbeiten). Hinweise zur Anwendung von NET enthält z.B. die DGUV Information 213-002 und die DIN SPEC 33428.

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 (vgl. Abb. 7.1-4). 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).

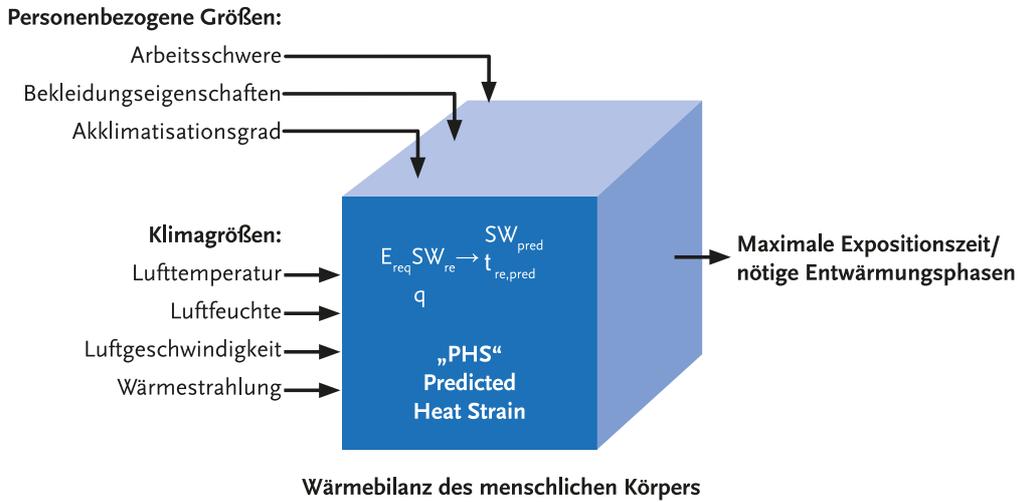


Abbildung 7.1-4 PHS-Modell nach DIN ISO 7933 - vorhergesagte Wärmebeanspruchung des Menschen (PHS - Predicted Heat Strain)

### Orientierungswerte für die Erträglichkeit von Klimabelastungen

#### Ermittlung der Erträglichkeitsgrenze

In Tabelle 7.1-3 sind Orientierungswerte für die Erträglichkeitsgrenze anhand des WBGT-Indexes (siehe Anlage 4) 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 7.1-3** WBGT-Richtwerte für fünf Klassen von Energieumsatzniveaus für akklimatisierte und nicht akklimatisierte Personen (nach DIN EN ISO 7243)

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

#### Wärmestrahlung

Belastungen durch technisch bedingte Wärmestrahlung lassen sich nicht immer ausschließen. Grenzwerte zum Schutz vor Schädigungen durch die Einwirkung optischer Strahlung sind in der EU-Richtlinie 2006/25/EG "Künstliche optische Strahlung" festgelegt und durch die Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung OStrV in Deutschland rechtsverbindlich umgesetzt. Orientierungswerte der Belastungsgrenzen durch Wärmestrahlung sind zudem in Bild 5 der DIN 33403-3 für Dauerbelastung (Achtstundenschicht) und in Bild 6 der DIN

33403-3 für Kurzzeitbelastung (bis 1,5 Stunden) angegeben. In der Empfehlung des IFA 2011 [15] wird das abgestimmte Zusammenwirken zwischen der Norm DIN 33403-3 und den Rechtstexten dargestellt.

### 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)  $E_{\text{eff}} \leq 35 \text{ W/m}^2$ :

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 Abbildung 7.1-5 eingetragenen Geraden möglich (Bereich 1). Oberhalb dieser Geraden sind Muskelerholzeiten erforderlich (Bereich 2). 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 (Bereich 3). Eine Dauerexposition ist nicht zulässig. Bei höherer Bestrahlungsstärke ist auch bei kurzer Einwirkung auf die ungeschützte Haut u. U. eine Verbrennungsgefahr gegeben.

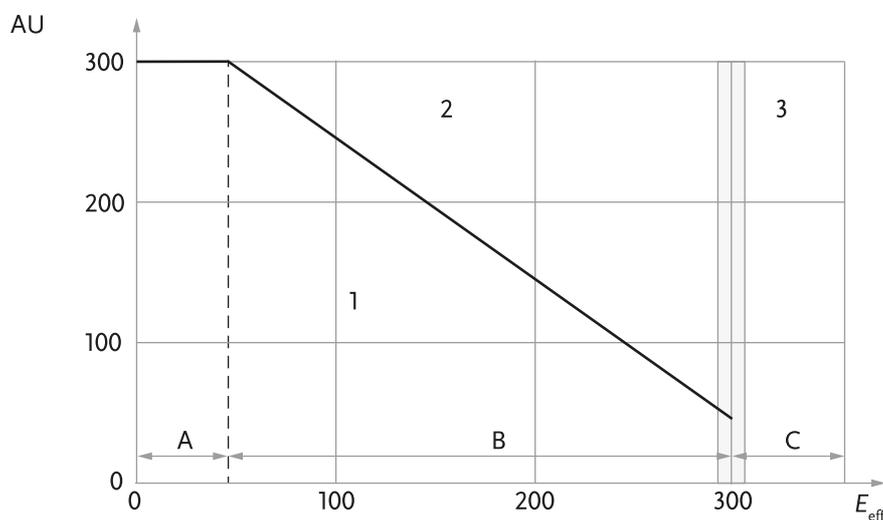


Abbildung 7.1-5 Orientierungsbereich für die Wärmestrahlungsexposition in Abhängigkeit vom Arbeitsenergieumsatz AU (nach DIN 33403-3)

### Unbekleidete Hautpartien

Auf unbekleidete Hautpartien darf Wärmestrahlung nicht unbegrenzt einwirken. Abbildung 7.1-6 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 (siehe auch Empfehlung des IFA 2011 [16]).

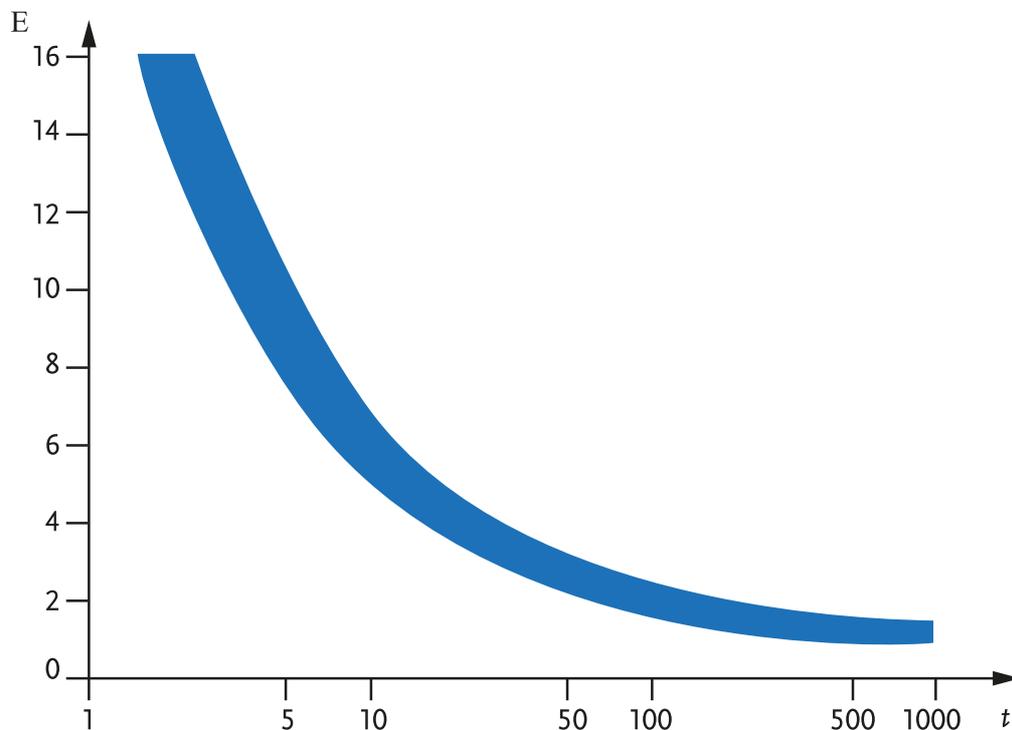


Abbildung 7.1-6 Schmerzgrenze der unbedeckten Haut in Abhängigkeit von der Bestrahlungsstärke und der Expositionszeit (nach DIN 33403-3), Angaben Zeit in Sekunden [s] und effektive Bestrahlungsstärke  $E_{\text{eff}}$  in  $10^3 \text{ W/m}^2$

#### Arbeitsmedizinische Vorsorge

Arbeitgeber haben für Beschäftigte, die einer extremen Hitzebelastung ausgesetzt sind, arbeitsmedizinische Pflichtvorsorge zu veranlassen (siehe § 4 Absatz 1 in Verbindung mit Anhang Teil 3 Absatz 1 Nummer 1 ArbMedVV). Das wird mit der [AMR Nr. 13.1](#) konkretisiert. Richtwerte der Normal-Effektivtemperatur (NET) in  $^{\circ}\text{C}$  sowie für die effektive Bestrahlungsstärke  $E_{\text{eff}}$  in  $[\text{W/m}^2]$ , die für die Auswahl der zu untersuchenden Beschäftigten dienen, sind in der DGUV Empfehlung für arbeitsmedizinische Beratungen und Untersuchungen "Hitzearbeiten" [17] zu finden.

### 7.1.5 Arbeitsschutzmaßnahmen und Wirksamkeitskontrolle - 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 die witterungsbedingte Belastung wie Wind und Niederschläge. Praktische Hinweise für Arbeitsplätze im Freien bei Kälte sind in der Norm DIN EN ISO 15743 "Ergonomie der thermischen Umgebung - Arbeitsplätze in der Kälte - Risikobewertung und Management" zu finden, z. B. bezüglich Arbeitsplanung, technischer Schutzmaßnahmen, Schutzkleidung, Schulung und beruflicher Gesundheitsfürsorge.

#### 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 Klimabelastung zwischen den Kältebereichen sowie zwischen Kältebereich und Außenklima einschränken, z. B. 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).

– nach DIN 33403-5 empfohlene Kälteexpositions- und Aufwärmzeiten möglichst einhalten (siehe Tabelle 7.1-4).

**Tabelle 7.1-4** 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 Umkleideräume einrichten (Anhang 4.1 und 4.2 [ArbStättV](#), ASR A4.1, ASR A4.2))
- 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 die Arbeit in den Kältebereichen III und IV sollten Einrichtungen zur Trocknung (Trockenschränke) und Erwärmung der Kleidung, Stiefel und Handschuhe vorgesehen 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). Die BGI 504-21 "Auswahlkriterien für die spezielle arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 21 Kältearbeiten" wurde zurückgezogen. Dafür wurde eine DGUV Empfehlung für arbeitsmedizinische Beratungen und Untersuchungen für Kältearbeiten veröffentlicht [4].

## 7.1.6 Arbeitsschutzmaßnahmen und Wirksamkeitskontrolle - Hitze

Neben technischen Maßnahmen können ergonomisch-organisatorische Maßnahmen die Klimabelastung und auch die Beanspruchung der Beschäftigten wirkungsvoll reduzieren.

### 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 eng umgrenzten 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 K betragen.

#### – Klimatisierung

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

#### Wärmestrahlschutz

Die Wärmestrahlung sollte verringert werden, zum Beispiel durch:

- Anlagenkapselung
- Schutzgläser
- Drahtgewebe
- Hitzeschutzschirme
- Kettenvorhänge

### Ergonomisch-organisatorische Maßnahmen

#### – Reduzierung der Arbeitsschwere

Muskelarbeit der großen Muskelgruppen (Arm-, Bein- und Rumpfmuskulatur) ist möglichst zu reduzieren.

#### – 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) entsprechen müssen.

#### – 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 (AMR 13.1).

## 7.1.7 Vorschriften, Regelwerke, Literatur - Kälte

### Gesetze, Verordnungen

[www.gesetze-im-internet.de](http://www.gesetze-im-internet.de); <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>

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

### Technische Regelwerke zu den Arbeitsschutzverordnungen

[www.baua.de](http://www.baua.de)

- ASR A3.5: Raumtemperatur
- ASR A3.6: Lüftung
- ASR A4.2 Pausen- und Bereitschaftsräume

### Vorschriften der Unfallversicherungsträger

[www.dguv.de/de/praevention/vorschriften\\_regeln](http://www.dguv.de/de/praevention/vorschriften_regeln)

- DGUV Vorschrift 1: Grundsätze der Prävention

### Weitere Regeln der Technik

[www.beuth.de](http://www.beuth.de)

- DIN EN 342: Schutzkleidung - Kleidungs-systeme und Kleidungsstücke zum Schutz gegen Kälte
- DIN 33403-5: Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung: Ergonomische Gestaltung von Kältarbeitsplätzen
- 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 SPEC 33428 (ehemals 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 - Arbeitsphysiologie, Arbeitspsychologie, Klinische Arbeitsmedizin, Gesundheitsförderung und Prävention, Heidelberg: ecomed MEDIZIN
- [3] Bux, K., von Hahn, N.: "Trockene Luft" - Literaturstudie zu den Auswirkungen auf die Gesundheit. 1. Auflage. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2020. DOI: 10.21934/baua:bericht20200624
- [4] DGUV Empfehlungen für arbeitsmedizinische Beratungen und Untersuchungen, Herausgegeben von der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, ISBN: 978-3-87247-783-5, 1.Auflage 2022, gebunden, 1064 Seiten

## 7.1.8 Vorschriften, Regelwerke, Literatur - Hitze

### Gesetze, Verordnungen

[www.gesetze-im-internet.de](http://www.gesetze-im-internet.de); <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
- Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)
- PSA-Benutzungsverordnung (PSA-BV)
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV)
- Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (OStrV)
- EU-Richtlinie 2006/25/EG "Künstliche optische Strahlung"

### Technische Regelwerke zu den Arbeitsschutzverordnungen

[www.baua.de](http://www.baua.de)

- ASR A3.5: Raumtemperatur
- ASR A3.6: Lüftung
- ASR A4.1 Sanitärräume
- AMR 13.1: Tätigkeiten mit extremer Hitzebelastung, die zu einer besonderen Gefährdung führen können

### Vorschriften der Unfallversicherungsträger

[www.dguv.de/de/praevention/vorschriften\\_regeln](http://www.dguv.de/de/praevention/vorschriften_regeln)

- DGUV Vorschrift 1: Grundsätze der Prävention
- DGUV Statistik: Arbeitsunfallgeschehen 2018

### Weitere Regeln der Technik

[www.beuth.de](http://www.beuth.de)

- DIN 33403-3: Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung: Beurteilung des Klimas im Warm- und Hitzebereich auf der Grundlage ausgewählter Klimasummenmaße
- DIN EN 340: Schutzkleidung - Allgemeine Anforderungen
- DIN EN ISO 11612: Schutzkleidung - Kleidung zum Schutz gegen Hitze und Flammen - Mindestleistungsanforderungen
- 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. 1–5). 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 Hitzearbeitsplätze](#). Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW 1999 (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin:

Forschung, Fb 829)

- [6] PANGERT, R.; BUX, K.; FRENER, P.: Hitzearbeit - Hitzepausen. 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] GRANDJEAN, 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
- [12] SEPPÄNEN, O.; FISK, W. J.; LEI, Q. H. 2006. Effect of temperature on task performance in office environment. Cold Climate HVAC 2006, Moscow
- [13] BUX, K. & POLTE, C. (2016). Psychische Gesundheit in der Arbeitswelt - Klima, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 54
- [14] WHO: Non-pharmaceutical public health measures for mitigating the risk and impact of epidemic and pandemic influenza. In: World Health Organization GLOBAL INFLUENZA PROGRAMME (2019), 91
- [15] DERBY; ECKELS; SHULAN: Update the Scientific Evidence for Specifying Lower Limit Relative Humidity Levels for Comfort, Health and IEQ in Occupied Spaces. In: ASHRAE Research Project Report 1630-RP (2016)
- [16] Expositionsgrenzwerte zum Schutz der Haut vor Verbrennungen durch Wärmestrahlung. Empfehlung des IFA (2011)
- [17] DGUV Empfehlungen für arbeitsmedizinische Beratungen und Untersuchungen, Herausgegeben von der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, ISBN: 978-3-87247-783-5, 1.Auflage 2022, gebunden, 1064 Seiten

### 7.1.9 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 z. B. Abdichten von Fenstern/Türen; Windschutz; geringe Luftgeschwindigkeit
- Wärmestrahler einsetzen
- persönliche Schutzausrüstung anwenden
- Aufwärmzeiten nach DIN 33403-5 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 Fahrerinnenkabinen einrichten
- Zwischenlagerräume einrichten
- Arbeitsteilung zwischen den Klimabereichen vorsehen

### 7.1.10 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 (z. B. durch Jalousien, Dachüberstände)
- natürliche Lüftung ermöglichen
- Lüftungsanlagen installieren (z. B. Ventilatoren, Luftduschen)
- Steuerständen oder Kabinen gekühlte Luft zuführen
- Arbeitsbereiche klimatisieren
- Wärmestrahlung verringern durch (Anlagenkapselung; Schutzgläser)
- Arbeitsschwere reduzieren
- viele kurze Pausen zur Muskelerholung vorsehen
- längere Entwärmungsphasen (Anlage 5) einplanen
- PSA anwenden

### 7.1.11 Autoren, Ansprechpartner und Anlagen

#### Autoren:

- Dr.-Ing. Kersten Bux  
Fachgruppe 2.4 "Arbeitsstätten, Maschinen- und Betriebssicherheit"

Mit Verwendung der Texte von:

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

#### Ansprechpartner:

- Dr.-Ing. Kersten Bux  
Fachgruppe 2.4 "Arbeitsstätten, Maschinen- und Betriebssicherheit"

#### Kontakt

#### Anlagen

- Anlage 1: Protokoll Klimamessung
- Anlage 2: Begriffe in Anlehnung an DIN SPEC 33428
- Anlage 3: Beispiele für Isolationswerte verschiedener Bekleidungen (trocken, in Anlehnung an DIN 33403-3)
- Anlage 4: WBGT-Index in Anlehnung an DIN 33403-3
- Anlage 5: Gestaltung von Entwärmungsphasen bei Hitzearbeit in Anlehnung an DGUV Information 213-002 und [6]
- Anlage 6: Berechnung der vorhergesagten Wärmebeanspruchung (PHS) in Anlehnung an DIN 33403-3



## Anlage 2

### Begriffe in Anlehnung an DIN SPEC 33428

#### 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 Globe-Temperatur  $t_g$  oder der mittleren Strahlungstemperatur  $t_r$  beurteilt werden.

#### Effektive Bestrahlungsstärke

Durch Wärmestrahlung nimmt der Mensch aus seiner Umgebung Wärme auf; gleichzeitig gibt er Wärmestrahlung an der Körperoberfläche ab. Die Differenz zwischen der durch Strahlung zugeführten und der durch Strahlung abgeführten Wärmestromdichte wird hier effektive Bestrahlungsstärke  $E_{\text{eff}}$  genannt. Um eine einheitliche Bezugsbasis zu erhalten, wird die effektive Bestrahlungsstärke 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  $t_a$ , der Luftgeschwindigkeit  $v_a$  und der Globetemperatur  $t_g$  nach folgender Näherungsformel berechnet:

$$\bar{t}_r = \sqrt[4]{(t_g + 273)^4 + 2,5 \cdot 10^8 \cdot (t_g - t_a) \cdot v_a^{0,6}} - 273$$

### Anlage 3

#### Beispiele für Isolationswerte verschiedener Bekleidungen (trocken in Anlehnung an DIN 33403-3)

Bekleidung	Isolationswert $I_{cl}$	
	[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

## 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,  $WBGT = 0,7 * t_{nw} + 0,3 * t_g$
- außerhalb von Gebäuden und bei direkter Einwirkung von Sonnenstrahlung,  $WBGT = 0,7 * t_{nw} + 0,2 * t_g + 0,1 * t_a$

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 SPEC 33428) 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 DGUV Information 213-002 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. A5-1) in Abhängigkeit von Lufttemperatur und Luftfeuchte empfohlen (Abb. A5-1). 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:

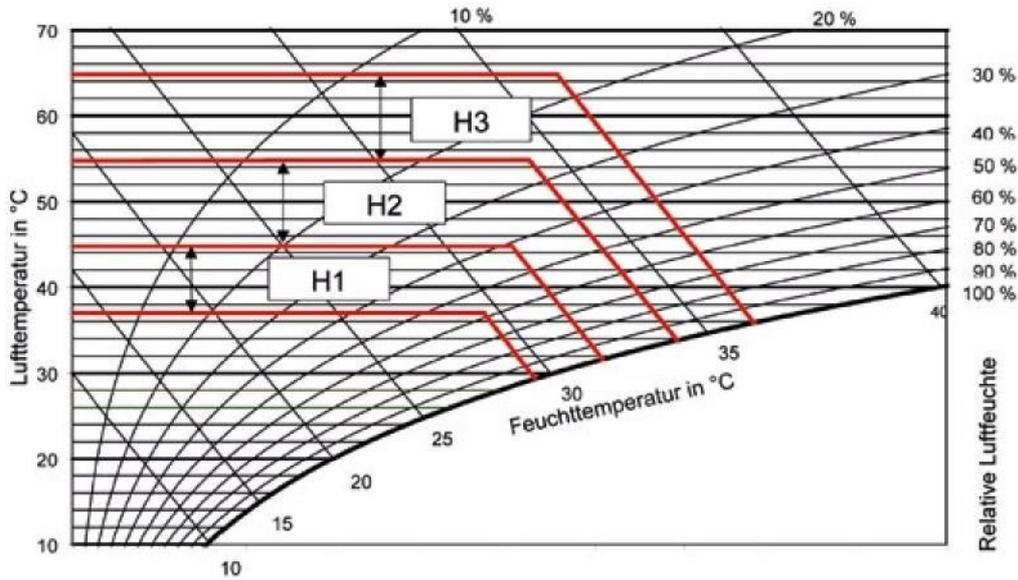
$$t_{res} = 0,7 * t_g + 0,3 * t_a$$

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 Bekleidungsisolierung  $> 0,9$  clo ist oder der Arbeitsenergieumsatz während der Expositionsphasen  $> 200$  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.

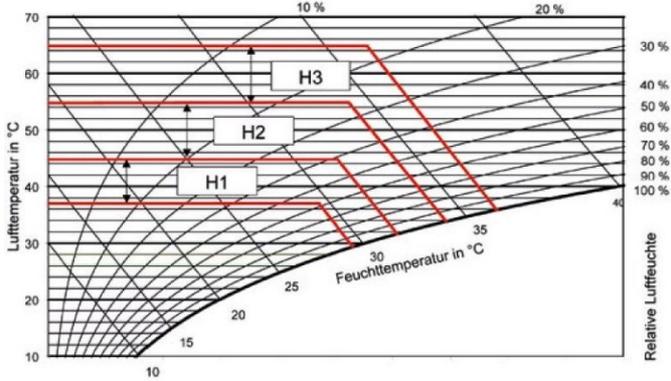


**Abb. A5-1** Richtwerte für Entwärmungsphasen bei Hitzearbeit

**Tab. A5-1** 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. A5-2** 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 Bekleidungsisoliation (ca. 0,6 – 0,9 clo)</li> <li>- leichte bis mittlere Arbeitsschwere (bis ca. 200 W Arbeitsenergieumsatz)</li> <li>- geringe Luftgeschwindigkeiten (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. A5-1) 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> $t_{res} = 0,7 * t_g + 0,3 * t_a$ <p>Ersatz der Lufttemperatur durch die resultierende Temperatur bei der Anwendung des Diagramms (vgl. Abb. A5-1) 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 ( 0,9 clo) erforderlich</p> <p>erhöhte Luftgeschwindigkeiten und/oder nicht weitgehend konstante Klimabedingungen während der Expositionsphasen</p>	<p>Überprüfung des Ergebnisses auf der Grundlage des PHS-Modells: Wenn die Expositionsphasen kürzer sind/ausfallen, diese kürzeren Zeiten anwenden.</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 der Betriebsärztin/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. A6-1).

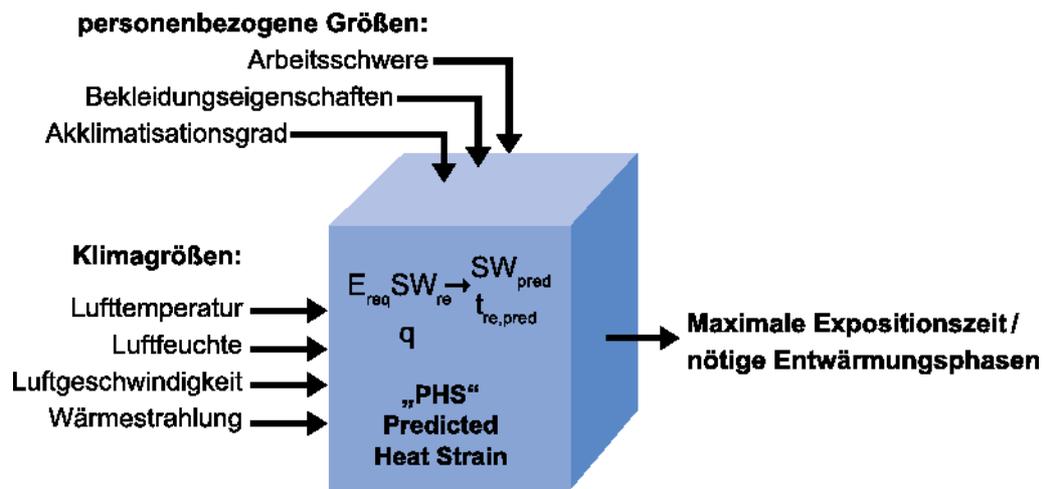
Bei einem Ungleichgewicht der Wärmebilanz, d. h., wenn die Wärmezufuhr die mögliche Wärmeabgabe übersteigt, tritt eine mit der Erhöhung der Körpertemperatur einhergehende Wärmespeicherung auf. Zur Vermeidung von Gesundheitsrisiken darf die Körpertemperatur (rektal) für die Gesamtheit exponierter Personen 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 Expositionsdauern abzuschätzen.

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



### Wärmebilanz des menschlichen Körpers

**Abb. A6-1** PHS-Modell nach DIN ISO 7933 – Vorhergesagte Wärmebeanspruchung des Menschen (PHS – Predicted Heat Strain)

## 7.2 Beleuchtung/Licht

Der Begriff Licht bezeichnet die durch das menschliche Auge wahrnehmbaren, sicht-baren Wellenlängen elektromagnetischer Strahlung von 380 nm bis 780 nm und reicht vom kurzwelligen violetten bis zum langwelligen roten Spektralbereich. Licht ist sowohl für die Natur als auch für den Menschen lebensnotwendig, kann stimulierend und motivierend wirken und zu unserem Wohlbefinden beitragen. An Arbeitsplätzen ist Licht allgegenwärtig, in der Arbeitswelt gibt es jedoch zahlreiche Innenräume, die keinen Zugang zu ausreichend natürlichem Licht besitzen, selbst wenn z. B. Fenster vorhanden sind. Und auch für Beschäftigte im Schichtdienst, die abends oder nachts tätig sind, steht kein natürliches Licht zur Verfügung. Diese Arbeitsstätten müssen mithilfe künstlicher Quellen beleuchtet werden.

Die aufgrund ihrer warmen Farbtemperatur geschätzten Glühlampen haben aus Energieeffizienzgründen als Beleuchtungsmittel ausgedient. Dagegen sind Halogenquellen, Energiesparlampen oder Leuchtstoffröhren weit verbreitet, werden aber zunehmend durch energieeffizientere Licht emittierende Dioden (LEDs) ersetzt (Abb. 7.2-1).



Glühlampe    Halogenlampe    Halogenreflektor    Energiesparlampe    LED-Lampe

Abbildung 7.2-1 Künstliche Beleuchtungsquellen (Beispiele), Fotos (v. l. n. r.): malerapaso/iStock.com, malerapaso/iStock.com, mkos/iStock.com, wavebreakme-dia/iStock.com, zhudifeng/iStock.com

Beleuchtung hat nicht nur direkten Einfluss auf das Sehvermögen, sondern kann auch das vegetative Nervensystem und physiologische Parameter beeinflussen. Grundsätzlich soll die Arbeitsplatzbeleuchtung das Sehen optimal unterstützen. Störende Schatten oder Reflexionen sowie verminderter Kontrast und Blendung sollen vermieden werden.

Neben den visuellen Wirkungen auf Sehleistung und Sehkomfort haben wissenschaftliche Studien der letzten Jahre gezeigt, dass Beleuchtung auch die innere Uhr und die damit verbundenen circadianen Rhythmen beeinflussen kann. Die Art der nicht visuellen (oder melanopischen) Beeinflussung ist von einer Vielzahl von Parametern abhängig, z. B. von der spektralen Zusammensetzung des Lichts, von der Lichtintensität, vom Zeitpunkt der Lichteinwirkung, von der Dauer der Lichteinwirkung sowie von der persönlichen "Lichthistorie". Obwohl die nicht visuellen Wirkungen des Lichts in diversen wissenschaftlichen Disziplinen untersucht werden, ist der Kenntnisstand für eine wissenschaftliche Bewertung der Chancen und Risiken von melanopisch wirksamen Beleuchtungssystemen noch nicht hinreichend gesichert. Auch wenn derzeit noch kein spezifisches gesetzliches Regelwerk für diese Aspekte der Lichtwirkungen vorhanden ist, sind mögliche Gefährdungen beim Einsatz derartiger Systeme an Arbeitsplätzen zu prüfen. Hinweise, wie Gefahren für die Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit gemindert und Chancen zur Erhaltung der Gesundheit genutzt werden können, gibt die DGUV Information 215-220 "Nichtvisuelle Wirkung von Licht auf den Menschen" und die Empfehlung des Ausschusses für Arbeitsstätten (ASTA) "Künstliche biologisch wirksame Beleuchtung in Arbeitsstätten" [ASTA 2018]. Die KAN-Studie "Gesicherte arbeitsschutzrelevante Erkenntnisse über die nichtvisuelle Wirkung von Licht auf den Menschen - Eine Literaturstudie" hat arbeitsschutzrelevante Ergebnisse wissenschaftlicher Studien zur nicht visuellen Wirkung von Licht aufbereitet [KAN 2018]. Weitere Informationen sind im KAN-Positionspapier zum Thema künstliche, biologisch wirksame Beleuchtung und Normung zu finden [KAN 2017].

### 7.2.1 Art der Gefährdungen und ihre Wirkungen

Eine übermäßige und lang andauernde Belastung des Sehapparates sowie ungenügende Beleuchtungsbedingungen können sowohl Augenbeschwerden und Kopfschmerzen als auch Ermüdung hervorrufen, die zu Mattigkeit und herabgesetzter Aufmerksamkeit führen können. Tageslicht ist der künstlichen Beleuchtung vorzuziehen, da die Sehaufgabe bei gleichem Niveau der lichttechnischen Parameter leichter bewältigt werden kann. Deshalb sollten Arbeitsplätze fensternah (mit Sichtverbindung nach außen) und unter Berücksichtigung der Sehaufgabe eingerichtet werden.

#### Anforderungen an eine künstliche Beleuchtungsanlage

Häufig ist jedoch kein Zugang zu ausreichendem Tageslicht möglich, sodass künstliche Beleuchtung zum Einsatz kommen muss. An eine künstliche Beleuchtungsanlage für Arbeitsstätten sind Anforderungen zu stellen, die in der Technischen Regel für Arbeitsstätten ASR A3.4 beschrieben sind und

- Beleuchtungsstärke,
- Begrenzung von Blendung,
- Farbwiedergabe,
- Flimmern oder Pulsation sowie
- Schatten

umfassen. Diese Anforderungen sollten in ihrer Gesamtheit betrachtet werden, da bereits die Nichteinhaltung einer Anforderung die Erfüllung der Sehaufgabe beeinträchtigen und zu einer Unfallgefahr führen kann.

#### Unfallursachen

Unfallgefahren können beispielsweise entstehen durch

unangemessene Beleuchtungsstärke; dadurch ist beispielsweise

- die Erfüllung der Sehaufgabe gefährdet,
- ein nicht rechtzeitiges Erkennen von Stolperstellen möglich sowie
- ein Anstoßen von Personen an Gegenstände im Raum nicht auszuschließen;

zu große Beleuchtungsstärkeunterschiede innerhalb des Bereichs der Sehaufgabe

- zwischen Arbeitsplatz und Umgebung sowie
- im weiteren Umfeld;

Blendung, entweder

- Direktblendung, z. B. unmittelbares Sehen in eine Lichtquelle oder
- Reflexblendung, z. B. Blendung an spiegelnden Oberflächen;

– Farbverfälschung (fehlende Erkennbarkeit von Sicherheitsfarben);

– optische Täuschung durch stroboskopischen Effekt (scheinbarer Stillstand oder scheinbar langsamere Bewegung rotierender Teile);

Schattigkeit, Lichtrichtung und Kontrast, wie

- Überdeckung von Schlagschatten und Gefahrenquellen (räumliche Ausdehnung von Stufen ist z. B. nicht klar bestimmbar),
- unangepasste Lichtrichtung (mangelnde Erkennbarkeit von Feinheiten und eventuell Blendung) sowie
- zu geringe oder zu große Kontrastunterschiede.

## 7.2.2 Ermittlung und Beurteilung

Nach der Verordnung über Arbeitsstätten ([Arbeitsstättenverordnung - ArbStättV](#)) im Zusammenhang mit dem Arbeitsschutzgesetz müssen Arbeitsstätten möglichst ausreichend Tageslicht erhalten und mit Einrichtungen für eine der Sicherheit und dem Gesundheitsschutz der Beschäftigten angemessenen künstlichen Beleuchtung ausgestattet sein. Die Beleuchtungsanlagen sind so auszuwählen und anzuordnen, dass sich dadurch keine Unfall- oder Gesundheitsgefahren ergeben können. Die Technischen Regeln für Arbeitsstätten A3.4 ([ASR A3.4](#)) "Beleuchtung" und A3.4/7 ([ASR A3.4/7](#)) "Sicherheitsbeleuchtung, optische Sicherheitsleitsysteme" konkretisieren die Anforderungen der ArbStättV an das Einrichten und Betreiben der Beleuchtung von Arbeitsstätten, von Sicherheitsbeleuchtung und von optischen Sicherheitsleitsystemen, sowie die Anforderungen bezüglich des Blendschutzes bei Sonneneinstrahlung. Bei Einhaltung der ASR A3.4 und der ASR A3.4/7 kann der Arbeitgeber davon ausgehen, dass die entsprechenden Anforderungen der ArbStättV erfüllt sind (Vermutungswirkung). Weicht der Arbeitgeber von den technischen Regeln ab oder wählt eigenständig eine andere Lösung zur Erfüllung der ArbStättV, muss er damit mindestens die gleiche Sicherheit und den gleichen Gesundheitsschutz für die Beschäftigten erreichen.

Die DGUV Information 215-210 "Natürliche und künstliche Beleuchtung von Arbeitsstätten" bietet den Arbeitgebern ebenfalls eine Hilfestellung bei der Umsetzung der ASR A3.4 "Beleuchtung". Weitere branchenspezifische Hinweise zum Thema Beleuchtung enthalten Informationsschriften der Unfallversicherungsträger, wie z. B. die DGUV Regel 115-402 "Branche Call Center", die DGUV Regel 115-401 "Branche Büro" oder die DGUV Information 215-410 "Bildschirm- und Büroarbeitsplätze".

Die Anforderungen der ASR A3.4 weichen in Einzelfällen von Normen, insbesondere von der DIN EN 12464-1 "Beleuchtung von Arbeitsstätten - Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen" und von der DIN EN 12464-2 "Beleuchtung von Arbeitsstätten - Teil 2: Beleuchtung im Freien" ab. Diese Normen geben Planungsgrundlagen für Beleuchtungsanlagen an, legen aber nicht die Anforderungen an Sicherheit und Gesundheitsschutz der Beschäftigten bei der Arbeit fest.

In den nachfolgenden Ausführungen werden wichtige Angaben zur Beurteilung der Beleuchtung dargestellt. Eine Verringerung des individuellen Sehvermögens, z. B. mit zunehmendem Alter, kann höhere Beleuchtungsstärken und eine höhere Anforderung an die Begrenzung der Blendung erfordern.

### Beleuchtungsstärke

Die Beleuchtungsstärke ist ein Maß für das auf eine Fläche auftreffende Licht und wird in Lux (lx) gemessen. Die Angabe der Beleuchtungsstärken für Arbeitsstätten in Innenräumen und im Freien erfolgt als Mindestwert der Beleuchtungsstärke. Der Mindestwert der Beleuchtungsstärke ist der Wert, unter den die mittlere Beleuchtungsstärke (die über eine Fläche gemittelte Beleuchtungsstärke) auf einer bestimmten Fläche nicht sinken darf.

Beispiele für Mindestwerte der Beleuchtungsstärke in Innenräumen aus der ASR A3.4 (Anhang 1):

- Büroarbeitsplätze (Schreiben, Lesen, Datenverarbeitung): 500 lx
- Waschräume, Bäder, Toiletten, Umkleieräume: 200 lx
- Lagerräume mit Leseaufgaben: 200 lx
- Treppen, Fahrtreppen, Fahrsteige, Aufzüge: 100 lx
- Verkehrsflächen und Flure ohne Fahrzeugverkehr: 50 lx

Beispiele für Mindestwerte der Beleuchtungsstärke im Freien aus der ASR A3.4 (Kapitel 8, Tabelle 2 sowie Anhang 2):

- Baustellen, feine Tätigkeiten wie anspruchsvolle Montagen, Oberflächenbehandlung, Verbindung von Tragwerkselementen: 200 lx
- Gleisanlagen und Bahnbereiche, Laderampen: 150 lx
- Tankstellen: 100 lx
- Baustellen, grobe Tätigkeiten, wie Erdarbeiten, Hilfs- und Lagerarbeiten, Transport, Verlegen von Entwässerungsrohren: 50 lx
- Verkehrswege, Fußwege: 5 lx

In der ASR A3.4 (Kapitel 7) sind Angaben zur Messung und Bewertung der Beleuchtung enthalten. Sofern zur Auswahl oder zur Prüfung von Beleuchtungseinrichtungen orientierende Messungen im Betrieb durchgeführt werden, sind Beleuchtungsstärke-messgeräte zu verwenden, die mindestens der Klasse C gemäß DIN 5035 Teil 6, Ausgabe 2006-11 entsprechen. Danach ist die Beleuchtungsstärke an mehreren Punkten zu messen.

Die Beurteilung der Not- und Sicherheitsbeleuchtung erfolgt nach ASR A3.4/7. Diese enthält Anforderungen für die Sicherheitsbeleuchtung von Fluchtwegen und Arbeitsbereichen mit besonderer Gefährdung, für optische Sicher-

heitssysteme sowie abweichende/ergänzende Anforderungen für Baustellen.

Zur Charakterisierung des Tageslichtes im Innenraum wird der messtechnisch ermittelte Tageslichtquotient herangezogen.

### Begrenzung von Blendung

Die Leuchtdichte beschreibt den Helligkeitseindruck einer leuchtenden oder beleuchteten Fläche und wird in Candela pro Flächeneinheit ( $\text{cd m}^{-2}$ ) angegeben. Unter Blendung versteht man Störungen durch zu hohe Leuchtdichten oder zu große Leuchtdichteunterschiede im Gesichtsfeld. Blendung entsteht z. B. durch schlecht abgeschirmte und zu helle Lichtquellen (Direktblendung) oder störende Spiegelungen auf Arbeitsmitteln mit glänzenden Oberflächen, z. B. auf Bildschirmen, blanken Werkstücken oder glänzenden Maschinenteilen (Reflexblendung).

Blendung, die zu Unfällen führen kann, muss vermieden werden. Geeignete Maßnahmen zur Vermeidung und Begrenzung der Blendung sind beispielweise die richtige Auswahl und Anordnung der Leuchten, Verringerung der Helligkeitsunterschiede zwischen Blendungsquelle und Umfeld (z. B. durch helle Decken und Wände) sowie Vermeidung von Reflexionen (z. B. durch matte Oberflächen).

Zur Bewertung der Blendung kann die DGUV Information 215-210 „Natürliche und künstliche Beleuchtung von Arbeitsstätten“ herangezogen werden.

### Farbwiedergabe

Die Farbwiedergabe ist die Wirkung einer Lichtquelle auf den Farbeindruck, den ein Mensch von einem Objekt hat, das mit dieser Lichtquelle beleuchtet wird. Nach ASR A3.4 wird die Farbwiedergabe von Lichtquellen durch den Farbwiedergabe-Index ( $R^a$ ) charakterisiert.  $R_a$  ist eine dimensionslose Kennzahl von 0 bis 100 und die beste Farbwiedergabe liegt bei  $R_a = 100$ .

### Flimmern oder Pulsation

Beim Wechselstrombetrieb von Lampen kommt es zu schnellen periodischen Lichtstromschwankungen oder Pulsationen, die zumeist unbemerkt bleiben. Wenn sie von einem Betrachter in Ruhe wahrgenommen werden können, spricht man von Flimmern oder Flackern. Dieser Effekt tritt auch manchmal beim Einsatz von LEDs auf, hauptsächlich, wenn diese mit der Pulsweitenmodulation gedimmt werden. Er kann den Sehkomfort beeinträchtigen und ermüdend wirken oder Stress induzieren.

Daneben spielt besonders die zeitliche Gleichmäßigkeit des Lichtstroms dann eine wichtige Rolle, wenn die Drehung oder Bewegung von Maschinenteilen deutlich erkannt werden muss. Hier können die Pulsationen den sog. stroboskopischen Effekt erzeugen, bei dem bewegte Objekte langsamer erscheinen, scheinbar stillstehen oder sogar den Eindruck einer umgekehrten Bewegungsrichtung (Umkehr der Drehrichtung bei rotierenden Teilen) erwecken können. Da der stroboskopische Effekt zu Unfällen führen kann, muss er besonders im Bereich rotierender Maschinenteile verhindert werden.

Eine weitere, aber nur vereinzelt auftretende optische Täuschung ist der sog. Perlschnureffekt. Dabei führen die Pulsationen zum Eindruck einer zusammenhängenden Kette von Lichtquellen, wenn entweder der Kopf bzw. die Augen des Betrachters oder das leuchtende Objekt oder beide sich schnell bewegen. Vom Perlschnureffekt allein geht allerdings keine Gefährdung aus.

### Schatten

Für eine gute Erkennbarkeit von Gegenständen in ihrer Form und Oberflächenstruktur ist eine angemessene Schattwirkung Voraussetzung. Die Schattigkeit wird durch die Anzahl, Verteilung und Anordnung von Leuchten im Raum beeinflusst.

## 7.2.3 Arbeitsschutzmaßnahmen und Wirksamkeitskontrolle

### Grundsätzliche Anforderungen an die Beleuchtung von Arbeitsstätten

Im [Anhang 3.4 der Arbeitsstättenverordnung \(ArbStättV\)](#) werden die Anforderungen an die Beleuchtung von Arbeitsstätten festgelegt. Danach müssen Arbeitsstätten, Pausen- und Bereitschaftsräume, Kantinen sowie Unterkünfte möglichst ausreichend Tageslicht erhalten und mit einer Sichtverbindung nach außen ausgestattet sein. Ausnahmen von dieser Anforderung für bestimmte Räume regelt die ArbStättV im Anhang 3.4 (1).

Arbeitsstätten müssen außerdem mit angemessener künstlicher Beleuchtung ausgestattet sein. Beleuchtungsanlagen sind so auszuwählen und anzuordnen, dass Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten nicht gefährdet werden. Des Weiteren müssen Arbeitsstätten, in denen die Beschäftigten bei Ausfall der Allgemeinbeleuchtung Unfallgefahren ausgesetzt sind, eine ausreichende Sicherheitsbeleuchtung haben.

### Beleuchtung mit Tageslicht

Beleuchtung mit Tageslicht hat Vorrang vor einer ausschließlich künstlichen Beleuchtung, weil die Güteigenschaften von Tageslicht in ihrer Gesamtheit von künstlicher Beleuchtung nicht erreicht werden können. Außerdem wirkt sich Tageslicht allgemein positiv auf Gesundheit und Wohlbefinden aus.

Voraussetzung für den Einfall von Tageslicht in Arbeitsräume ist ein ausreichender Abstand zu benachbarten Gebäuden. Der Mindestabstand wird durch das Bauordnungsrecht der Länder geregelt. Tageslicht kann durch Fenster, Dachoberlichter und lichtdurchlässige Bauelemente in Arbeitsräume gelangen. Fenster ermöglichen gleichzeitig die Sichtverbindung nach außen. Eine gleichmäßige Lichtverteilung mit Dachoberlichtern kann dadurch erreicht werden, dass ihr Abstand voneinander nicht größer ist als die lichte Raumhöhe. Für die Verglasung sind Materialien zu verwenden, die eine möglichst geringe Veränderung des Farbeindrucks hervorrufen. Helle Wände und Decken unterstützen die Nutzung von Tageslicht.

Nach ASR A3.4 wird die Forderung nach ausreichendem Tageslicht erfüllt, wenn in Arbeitsräumen

- am Arbeitsplatz ein Tageslichtquotient  $> 2\%$  bzw. bei Dachoberlichtern  $> 4\%$  erreicht wird oder
- ein Verhältnis von lichtdurchlässiger Fenster-, Tür- oder Wandfläche bzw. Oberlichtfläche zur Raumgrundfläche von mindestens 1:10 (entspricht ca. 1:8 Rohbaumaße), eingehalten wird und
- fensternahe Arbeitsplätze bevorzugt eingerichtet wurden.

Die o. g. Anforderungen gelten auch für Aufenthaltsbereiche in Pausenräumen. Gegebenenfalls kann im Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung die Einrichtung und Nutzung von Pausenräumen mit hohem Tageslichteinfall in Verbindung mit einer geeigneten Pausengestaltung erforderlich sein.

Die Stärke des Tageslichteinfalls am Arbeitsplatz muss in Arbeitsräumen entsprechend der Tätigkeit reguliert werden können, denn Tageslicht kann auch mit thermischer Belastung oder Blendung durch Sonnenstrahlung verbunden sein.

### Begrenzung von Blendung durch Tageslicht

Zur Vermeidung bzw. Begrenzung störender Blendungen oder Reflexionen durch Sonnenlicht und Wärmestrahlung ist ein mehrstufiges Maßnahmenkonzept anzuwenden. Dabei beziehen sich

- primäre Maßnahmen auf eine entsprechende Gestaltung des Gebäudes und die Anordnung des Arbeitsplatzes, z. B. Gebäudeorientierung, Vordächer, Sonnenschutzglas, lichtstreuende Materialien oder Verglasungen mit integrierten Lamellen-rastern für Dachoberlichter
- sekundäre Maßnahmen auf mit dem Gebäude verbundene, einstellbare Einrichtungen, z. B. Außenjalousien, Markisen oder mittels Verschattung durch Bäume und
- tertiäre Maßnahmen auf nachträgliche Einbauten, z. B. Rollos, Jalousien oder Textillamellen.

Die Anforderungen aus der ASR A3.5 "Raumtemperatur" bezüglich übermäßiger Sonneneinstrahlung (siehe Punkt 4.3 sowie Tabelle 3 der ASR A3.5) sind zu beachten.

### Künstliche Beleuchtung in Gebäuden

Nach ASR A3.4 kann die Beleuchtung raumbezogen oder auf den Bereich des Arbeitsplatzes bezogen gestaltet werden. Tätigkeiten mit besonderen Sehansforderungen können eine zusätzliche Beleuchtung erforderlich machen, um die Mindestbeleuchtungsstärken entsprechend den Sehaufgaben sicherzustellen. Ein individuell, das heißt z. B. altersbedingt verringertes Sehvermögen von Beschäftigten kann die Anforderungen an die Beleuchtungsqualität (z.

B. eine größere Beleuchtungsstärke und restriktivere Anforderungen an die Begrenzung der Blendung) erhöhen.

Folgende Beleuchtungskonzepte werden empfohlen:

- Eine raumbezogene Beleuchtung ist vorzusehen, wenn ein Raum in seiner ganzen Ausdehnung weitgehend gleichmäßig auszuleuchten ist. Das kann z. B. der Fall sein, wenn Arbeitsplätze in der Planungsphase örtlich noch nicht zugeordnet werden können bzw. wenn eine flexible Anordnung der Arbeitsplätze vorgesehen ist. Entsprechend der späteren Nutzung ist ggf. eine zusätzliche Beleuchtung erforderlich.
- Eine auf den Bereich des Arbeitsplatzes bezogene Beleuchtung ist sinnvoll, wenn die Anordnung der Arbeitsplätze und ihre Umgebungsbereiche bekannt sind bzw. wenn an bestimmten Arbeitsplätzen, auch innerhalb eines Raumes, unterschiedliche Beleuchtungsbedingungen erforderlich sind.
- Eine teilflächenbezogene Beleuchtung ist für spezielle Sehaufgaben oder zur Anpassung an das individuelle Sehvermögen der Beschäftigten zweckmäßig. Hierzu können zusätzlich Arbeitsplatzleuchten verwendet werden.

Zur Gestaltung der Beleuchtung gelten folgende Grundsätze:

- Die Mindestwerte der Beleuchtungsstärken gemäß ASR A3.4 Anhang 1 sind einzuhalten. Sollte für bereits bestehende Arbeitsstätten der Aufwand dazu unverhältnismäßig sein, prüft der Arbeitgeber im Rahmen einer individuellen Gefährdungsbeurteilung der betroffenen Arbeitsplätze, wie durch andere bzw. ergänzende Maßnahmen Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten gewährleistet werden können, und führt diese Maßnahmen durch.
- Für nicht in Anhang 1 gelistete Arbeitsplätze, Arbeitsräume und Tätigkeiten werden die erforderlichen Werte der Beleuchtungsstärke im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung ermittelt.
- Im Bereich des Arbeitsplatzes darf das 0,6-fache der mittleren Beleuchtungsstärke nirgendwo unterschritten werden. Der niedrigste Wert darf nicht im Bereich der Hauptsehaufgabe liegen.
- Die Beleuchtungsstärke im Umgebungsbereich muss auf die Beleuchtungsstärke eines Arbeitsplatzes abgestimmt sein. Konkrete Vorgaben enthält die ASR A3.4 Kapitel 5.2 (5).
- Bei teilflächenbezogener Beleuchtung darf ein Einzelwert der Beleuchtungsstärke an keiner Stelle des Arbeitsplatzes 300 lx unterschreiten, die mittlere Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz muss mindestens 500 lx betragen.
- Die mittlere vertikale Beleuchtungsstärke muss der Seh- und Arbeitsaufgabe angemessen sein. Bei hellen Raumflächen und breit strahlenden Leuchten kann grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass bei Einhalten der horizontalen Beleuchtungsstärken gemäß ASR A3.4 Anhang 1 auch eine ausreichende vertikale Beleuchtungsstärke vorhanden ist. Für Büroarbeitsplätze, Arbeitsplätze im Gesundheitsdienst und vergleichbare Arbeitsplätze hat sich ein Verhältnis von vertikaler Beleuchtungsstärke zu horizontaler Beleuchtungsstärke von  $\geq 1:3$  bewährt.

### Begrenzung von Blendung durch künstliche Quellen

Blendung, die zu Unfällen führen kann, muss vermieden werden. Geeignete Maßnahmen zur Vermeidung und Begrenzung der Blendung sind beispielweise die richtige Auswahl und Anordnung der Leuchten, Verringerung der Helligkeitsunterschiede zwischen Blendungsquelle und Umfeld (z. B. durch helle Decken und Wände) sowie Vermeidung von Reflexionen (z. B. durch matte Oberflächen).

- Blendung durch Leuchten kann z. B. durch Abschirmungen mit Reflektoren, Rastern oder Einbauten verringert oder behoben werden.
- Im Gesichtsfeld eines Beschäftigten, d. h. dem Teil der Umgebung, der mit ruhen-dem Kopf und ruhenden Augen überblickt werden kann, soll sich keine direkt blendende Lichtquelle befinden.
- Am Arbeitsplatz sollten in der Mitte des Gesichtsfeldes die helleren und außen die dunkleren Flächen liegen. Die Leuchtdichten (Flächenhelligkeiten) aller größeren Flächen und Gegenstände im Gesichtsfeld sollten möglichst gleicher Größenordnung sein.
- Zur Vermeidung von Blendungen durch Spiegelungen soll der Arbeitsplatz zur Lichtquelle so angeordnet sein, dass die häufigste Blickrichtung nicht mit reflektiertem Licht zusammenfällt.
- Auf reflektierende Anstriche und Materialien an Maschinen, Geräten, Tischflächen, Schalttafeln etc. soll zur Vermeidung von Spiegelungen verzichtet werden.

### Farbwiedergabe

Die einzuhaltenden Mindestwerte für Farbwiedergabe-Indizes für Arbeitsräume, Arbeitsplätze und Tätigkeiten sind im Anhang 1 der ASR A3.4 angegeben. Werden Lampen mit einem Farbwiedergabeindex  $R_a < 40$  verwendet, muss durch geeignete Maßnahmen sichergestellt werden, dass Sicherheitsfarben erkennbar bleiben (z. B. durch Hinterleuchtung oder Anstrahlung).

### Reduktion des Flimmerns

Da der stroboskopische Effekt zu Unfällen führen kann, muss dieser im Bereich von sich bewegenden Maschinenteilen verhindert werden. Deutlich sichtbares Flimmern oder Flackern kann sich zudem in Ermüdung oder Stress äußern. Die Lichtstromschwankungen, die beide Effekte verursachen können, lassen sich durch den Einsatz elektronischer Vorschalt- und Betriebsgeräte mit hohen Frequenzen, z. B. bei LEDs, Leuchtstofflampen und Kompaktleuchtstofflampen, oder durch Drei-Phasen-Schaltung vermeiden. Leuchtmittel mit sichtbarem Flimmern oder Flackern sind zu ersetzen.

### Schatten

Schatten dürfen Gefahrenquellen nicht überdecken. Unfallrisiken können z. B. durch Anordnung mehrerer Leuchten, die Licht aus verschiedenen Richtungen abgeben, minimiert werden. Schattigkeit soll entsprechend der Sehaufgabe bemessen sein, z. B. sind für Büroarbeit weiche Schatten mit geringem Kontrast empfehlenswert.

### Künstliche Beleuchtung im Freien

Die Mindestwerte der Beleuchtungsstärken gemäß ASR A3.4 Anhang 2 sind einzuhalten. Sollte der Aufwand dazu unverhältnismäßig sein, prüft der Arbeitgeber im Rahmen einer individuellen Gefährdungsbeurteilung der betroffenen Arbeitsplätze, wie durch andere bzw. ergänzende Maßnahmen Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten gewährleistet werden können und führt diese Maßnahmen durch. Sofern an ortsfesten Arbeitsplätzen Tätigkeiten verrichtet werden, die denen in Arbeitsräumen entsprechen, sind diese Arbeitsplätze mit Beleuchtungsstärken gemäß ASR A3.4 Anhang 1 zu beleuchten.

Zur Ableitung und Durchführung von Maßnahmen zur Begrenzung von Blendung, zur Vermeidung von Flimmern, für eine angemessene Farbwiedergabe und Schattigkeit gelten die Anforderungen bei künstlicher Beleuchtung in Innenräumen in vergleichbarer Weise.

## 7.2.4 Vorschriften, Regelwerke, Literatur

### Gesetze, Verordnungen, EU-Richtlinien

[www.gesetze-im-internet.de](http://www.gesetze-im-internet.de); <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>

- ProdSG: Gesetz über die Bereitstellung von Produkten auf dem Markt (Produktsicherheitsgesetz - ProdSG), Ausfertigungsdatum 08.11.2011, Stand: 31.08.2015
- ArbStättV: Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung - ArbStättV)

### Technisches Regelwerk zu den Arbeitsschutzverordnungen

[www.baua.de](http://www.baua.de)

- ASR A3.4: Beleuchtung
- ASR A3.4/7: Sicherheitsbeleuchtung, optische Sicherheitsleitsysteme

### DGUV Vorschriften, DGUV Regeln und DGUV Informationen

[www.dguv.de/de/praevention/vorschriften\\_regeln](http://www.dguv.de/de/praevention/vorschriften_regeln)

- DGUV Information 215-210: Natürliche und künstliche Beleuchtung von Arbeitsstätten
- DGUV Information 215-211: Tageslicht am Arbeitsplatz - leistungsfördernd und gesund
- DGUV Information 215-220: Nichtvisuelle Wirkungen von Licht auf den Menschen
- DGUV Information 215-410 (bisher BGI 650): Bildschirm- und Büroarbeitsplätze - Leitfaden für die Gestaltung
- DGUV Information 215-444 (bisher BGI 827): Sonnenschutz im Büro
- DGUV Information 215-442 (bisher BGI 856): Beleuchtung im Büro - Hilfen für die Planung von Beleuchtungsanlagen von Räumen mit Bildschirm- und Büroarbeitsplätzen
- DGUV Regel 115-402: Branche Call Center
- DGUV Regel 115-401: Branche Büro

### Veröffentlichungen (der Arbeitsschutzbehörden) aus den Bundesländern

- LV 40: Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (Hrsg.): Leitlinien zur Arbeitsstättenverordnung
- LV 41: Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (Hrsg.): Handlungsanleitung zur Beleuchtung von Arbeitsstätten: Gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse für Tageslicht in Gebäuden, künstliches Licht in Gebäuden, künstliches Licht im Freien, Sicherheitsbeleuchtung

### Normen

[www.beuth.de](http://www.beuth.de)

Die Anforderungen des Technischen Regelwerks zur ArbStättV (ASR A3.4) weichen in Einzelfällen von denen in Normen ab. Beispielsweise legen die DIN EN 12464 Teil 1 und 2 Planungsgrundlagen für Beleuchtungsanlagen fest, berücksichtigen aber nicht die Anforderungen, die an Sicherheit und Gesundheitsschutz der Beschäftigten bei der Arbeit zu stellen sind.

- DIN 5034: Normenreihe "Tageslicht in Innenräumen"
- DIN 5035: Normenreihe "Beleuchtung mit künstlichem Licht"
- DIN EN 12464-1:2011-08: Licht und Beleuchtung - Beleuchtung von Arbeitsstätten - Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen
- DIN EN 12464-2:2014-05: Licht und Beleuchtung - Beleuchtung von Arbeitsstätten - Teil 2: Arbeitsplätze im Freien
- DIN EN 12665:2018-08: Licht und Beleuchtung - Grundlegende Begriffe und Kriterien für die Festlegung von Anforderungen an die Beleuchtung
- DIN EN 13032: Normenreihe Licht und Beleuchtung - Messung und Darstellung photometrischer Daten von Lampen und Leuchten
- DIN EN 1838:2019-11: Angewandte Lichttechnik - Notbeleuchtung
- DIN EN 17037:2019-03: Tageslicht in Gebäuden

### Internet-Links

- AUVA
- Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse

- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
- Institut für Arbeit und Gesundheit der DGUV

#### Literatur

- [1] [ASTA2018] [Empfehlung des Ausschusses für Arbeitsstätten \(ASTA\) - Künstliche biologisch wirksame Beleuchtung in Arbeitsstätten](#) Beschluss 9, 7. ASTA-Sitzung vom 28.11.2018, bekannt gemacht im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales (BMAS)
- [2] [KAN2017] KAN-Positionspapier zum Thema künstliche, biologisch wirksame Beleuchtung und Normung, Herausgeber: Verein zur Förderung der Arbeitssicherheit in Europa e.V. (VFA), April 2017
- [3] [KAN2018] [KAN-Studie "Gesicherte arbeitsschutzrelevante Erkenntnisse über die nichtvisuelle Wirkung von Licht auf den Menschen - Eine Literaturstudie"](#) Herausgeber: Verein zur Förderung der Arbeitssicherheit in Europa e.V. (VFA), August 2018

## 7.2.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

### Prüffragen

- Erfolgt eine angemessene Bereitstellung des Tageslichtes in Innenräumen?
- Sind die Arbeitsplätze fensternah eingerichtet?
- Sind die Arbeitsplätze durch eine künstliche Beleuchtung ausreichend hell (Beleuchtungsstärke) und gleichmäßig (Kontraste) beleuchtet?
- Besitzen die Beleuchtungsanlagen ausreichenden Blendschutz?
- Werden Blendung und Reflexionen von Oberflächen vermieden?
- Ist eine angemessene Schattenwirkung gewährleistet?
- Wird Flimmern/Flackern bei Leuchten vermieden?
- Ist die Lichtfarbe, also der Weißton, der Beleuchtungsanlage für die entsprechende Raumart und Tätigkeit geeignet?
- Ist die erforderliche Stufe der Farbwiedergabeeigenschaften der Lampen eingehalten?
- Sind die Arbeitsplätze gegen Blendung und Wärmestrahlung durch direkte Sonneneinstrahlung geschützt?
- Ist eine ausreichende Sicherheitsbeleuchtung für Rettungswege und Arbeitsplätze mit besonderer Gefährdung vorhanden?

### Maßnahmen

- Arbeitsplätze günstig zu den Fenstern anordnen
- Beleuchtungsanlage ändern/neu projektieren
- Messung der Innenraumbeleuchtung durchführen/veranlassen
- Leuchten regelmäßig warten/reinigen
- Beleuchtungsstärke nach Art der Tätigkeit und räumlichen Bedingungen anpassen
- Sicherheitsbeleuchtung auf Rettungswegen einrichten
- Sicherheitsbeleuchtung an Arbeitsplätzen mit besonderer Gefährdung einrichten
- große Kontraste (Unterschiede der Leuchtdichten) im Gesichtsfeld beseitigen (durch Oberflächengestaltung von Wänden und Decke, Reflexionsgrade, Farbe)
- Blendung beseitigen/begrenzen (durch Abschirmung von Blendungsquellen)
- angemessene Schattigkeit anstreben (durch entsprechende Anzahl, Verteilung und Anordnung der Leuchten im Raum)
- Leuchtstofflampen mit sichtbarem Flimmern/Flackern ersetzen
- stroboskopischen Effekt beseitigen (durch Zwei- oder Dreiphasenschaltung, Vorschaltgeräte mit HF-Betrieb)
- Lichtfarbe und Farbwiedergabe im Raum sowie Farbgebung des Raumes überprüfen/aufeinander abstimmen
- wirksamen Sonnenschutz vorsehen
- erforderlichenfalls Fachleute konsultieren

## 7.2.6 Autoren und Ansprechpartner

### Autoren

- Dr.-Ing. Erik Romanus  
Fachgruppe 2.2 "Physikalische Faktoren"
- Dr. rer. nat. Ljiljana Udovicic  
Fachgruppe 2.2 "Physikalische Faktoren"
- Dr. rer. nat. Stefan Bauer  
Fachgruppe 2.2 "Physikalische Faktoren"
- Dr. rer. Nat. Andreas Wojtysiak  
Fachgruppe 2.2 "Physikalische Faktoren"

### Ansprechpartner

- Dr. Andreas Wojtysiak  
Fachgruppe 2.2 "Physikalische Faktoren"

### Kontakt

### **7.3 Ersticken, Ertrinken**

Reduzierung der Sauerstoffaufnahme in den Körper gefährdet Gesundheit und Leben, z. B. durch sauerstoffreduzierte Atemluft oder Behinderung der Atmung in Gewässern. Ersticken oder Ertrinken kann sehr schnell eintreten.

### 7.3.1 Einführung

Ersticken ist eine Sammelbezeichnung für zahlreiche unterschiedliche Vorgänge, die die Sauerstoffaufnahme in den Körper und damit die Sauerstoffversorgung der Organe beeinträchtigen. Zu unterscheiden sind:

- äußere Erstickung durch Sauerstoffmangel der Atemluft oder Verlegung der Atemwege oder Atemlähmung
- innere Erstickung durch Stoffe/Gase, die die Aufnahme und die Bereitstellung von Sauerstoff im Körper beeinträchtigen

Ertrinken ist eine Sonderform des äußeren Erstickens durch Verlegung der Atemwege durch Flüssigkeit (meist Wasser).

Im allgemeinen Sprachgebrauch schließt Ersticken und Ertrinken den Tod der betreffenden Person ein.

Die Unfallversicherung in Deutschland registrierte von 2014 bis 2018 [1]

gut 3 000 meldepflichtige Arbeitsunfälle durch Ersticken, davon

- gut 400 durch Ertrinken,
- gut 500 durch verschüttet werden sowie
- etwa 1 200 durch Gase;

– knapp 100 Unfälle davon verliefen tödlich.

## 7.3.2 Art der Gefährdungen und ihre Wirkungen

### Ersticken

Ersticken ist die Auswirkung unterschiedlicher wirksam gewordener Gefährdungen:

- mangelnde Verfügbarkeit von Atemluft oder Sauerstoff beim Verschüttetwerden
- Einatmen oder Verschlucken von Fremdkörpern mit einer Blockierung der Atemwege, in besonderer Form bei Einatmen oder Verschlucken von Wasser als Ertrinken
- mangelnde Sauerstoffkonzentration in großen Höhen
- Verbrauch von Sauerstoff in engen oder abgeschlossenen Räumen
- Verdrängung von Sauerstoff durch andere Gase
- Tätigkeiten in Räumen und Bereichen mit reduzierter Sauerstoffkonzentration
- Blockierung der Atmung durch giftige Gase
- Einatmen von höheren Konzentrationen von Kohlendioxid

Der Mensch ist auf eine ständige und gleichbleibende Sauerstoffzufuhr angewiesen. Sauerstoffmangel in der Einatemluft führt zu einem Sauerstoffmangel in den Zellen des menschlichen Körpers und blockiert wichtige Lebensfunktionen. Er wird durch die menschlichen Sinne nicht wahrgenommen. Sauerstoffmangel kann zu Bewusstlosigkeit führen, irreversible Schädigung von Gehirnzellen und den Tod bewirken. Der Umfang der Schädigung ist abhängig von der restlichen Sauerstoffkonzentration in der Einatemluft, der Einwirkdauer, dem Atemminutenvolumen und der körperlichen Verfassung.

### Verschüttung

Bei Verschüttungen entsteht die Gefährdung durch unkontrolliert bewegte Erdmassen oder Sande sowie durch Schnee bei Lawinenabgängen. Durch mangelnde Sauerstoffzufuhr ist Atemnot die Folge. Teilweise tritt auch eine mechanische Blockierung der Atmung durch eine Quetschung des Brustkorbs hinzu. Aufgrund der genannten Gefahrenquellen, die zu den mechanischen Faktoren gehören, wird diese Gefährdung im Abschnitt "[Unkontrollierte bewegte Teile](#)" behandelt.

### Fremdkörper verschlucken oder einatmen

Einatmen oder Verschlucken von Fremdkörpern ist häufig eine Folge zu hastigen Essens. Ist der Fremdkörper (z. B. Bestandteile des Essens) zu groß, kann ein Reflex des Kehlkopf-Nervengeflechts plötzlichen Herz-Kreislauf-Stillstand auslösen (Bolustod). Es handelt sich also nicht um Ersticken.

Das Einatmen oder Verschlucken von größeren Mengen Wasser wird als Sonderfall behandelt, hier spricht man vom Ertrinken (siehe folgenden Abschnitt "Ertrinken").

### Mangelnde Sauerstoffkonzentration

Die mangelnde Sauerstoffkonzentration ist eine Folge des abnehmenden Luftdrucks, insbesondere in Höhen über 3 000 Metern. Diese Gefährdung wird im Abschnitt "[Unter- oder Überdruck](#)" behandelt.

In engen oder abgeschlossenen Räumen ist die verfügbare Sauerstoffmenge begrenzt. Bei unzureichender Frischluftzufuhr kann es durch den Verbrauch von Sauerstoff zu Sauerstoffmangel kommen. Sauerstoffverbraucher sind u. a.:

- Der Mensch durch seine eigene Atmung
- Offenes Feuer, zum Beispiel bei Schweißarbeiten
- Chemische Reaktionen (z. B. Oxidation) mit Gütern (vgl. Stoffliste in [Anhang 5 DGUV Regel 113-004](#))

Es erfolgt bei diesen Prozessen eine Bindung des Sauerstoffs in Oxidationsprodukten, oft in Form von Kohlendioxid CO<sub>2</sub>. Die Gefährdungen bestehen im Sauerstoffmangel und im Einatmen von Gefahrstoffen. Sauerstoffmangel liegt nach DGUV Regel 103 003 und DGUV Regel 113-004 vor, wenn bei Normaldruck der Sauerstoffgehalt niedriger ist als der Sauerstoffgehalt der natürlichen Atemluft von ca. 20,9 Vol.-% Sauerstoff. Auch Bereiche, die nur teilweise von festen Wandungen umgeben sind, in denen sich aber Gefahrstoffe ansammeln können bzw. Sauerstoffmangel entstehen kann, sind enge Räume im Sinne der [DGUV Regel 113-004](#). Mit abnehmendem Sauerstoffgehalt in der Luft treten schwerere Folgen ein:

**Tab. 7.3-1** Gefährdung und Auswirkung bei abnehmender Sauerstoffkonzentration [2]

O <sub>2</sub> -Anteil in der Atemluft	Gefährdung und Auswirkung
21 - 18 Vol.-%	Betroffene können keine erkennenden Symptome feststellen.
18 - 11 Vol.-%	Ohne dass der Betroffene es merkt, sind körperliche und geistige Leistungsfähigkeiten beeinträchtigt.
11 - 8 Vol.-%	Mögliche Ohnmacht innerhalb weniger Minuten ohne Vorwarnung. Unter 11 % tödliches Risiko.
8 - 6 Vol.-%	Ohnmacht nach kurzer Zeit. Bei sofortiger Durchführung ist Wiederbelebung möglich.
6 - 0 Vol.-%	Unmittelbare Ohnmacht. Hirnschäden, auch bei Rettung.

#### Sauerstoffverdrängung durch andere Gase

Durch die Freisetzung von anderen Gasen kann die atmosphärische Luft verdrängt werden, damit sinkt der Sauerstoffanteil in der Atemluft. Erhöhtes Risiko besteht in engen, unbelüfteten Räumen wie Tanks, Behältern, Schächten, Kanälen und Kellern. Viele Gase sind schwerer als Sauerstoff und reichern sich daher in Bodennähe an. Tödliche Unfälle haben sich schon ereignet, bei denen sich Mitarbeiter leicht in einen Behälter gebeugt haben, um ihn zu inspizieren und dort kein ausreichender Sauerstoffgehalt war.

Inerte Gase wie Stickstoff, Argon und Helium sind geruchs-, farb- und geschmacklos, sie haben daher keine Warnwirkung. Die Erstickung tritt ohne vorher spürbare Signale ein.

Weitere mögliche Gefährdungen sind Vergiftungen durch giftige Gase sowie Explosionsgefahren durch brennbare Gase.

Mögliche Gefahrenquellen sind:

- Undichtigkeiten an Druckgasflaschen und Gasleitungen
- unzureichende Belüftung von Tanks und Behältern, die mit Stickstoff gespült wurden
- Auslösung von Kohlendioxid-Feuerlöschanlagen
- Umgang mit tiefkaltverflüssigten oder unter Druck verflüssigten Gasen. Wenn verflüssigte Gase (z. B. tief kalt verflüssigter Stickstoff, der zu Kühlzwecken eingesetzt wird) verdampfen, so entstehen aus einem Liter Flüssigkeit etwa 600 bis 850 Liter Gas. Durch diese Ausdehnung kann es zu einer schnellen Verdrängung kommen.
- biologische Reaktionen, z. B. Gärung bei der Herstellung von Bier mit der Freisetzung von Kohlendioxid im Gärkeller oder Verrottung von biologischem Material in Abwassersystemen mit Bildung von Faulgasen

#### Tätigkeiten in Räumen mit reduzierter Sauerstoffkonzentration

Eine aktive Verdrängung des Sauerstoffs, in der Regel durch Stickstoff, ist eine technische Maßnahme zur Brandverhütung. Sie wird u. a. eingesetzt in EDV-Räumen, Telekommunikationsanlagen, Lebensmittellagern, Kühlhäusern, Bibliotheken und Archiven, in denen Beschäftigte regelmäßig Kontroll-, Reparatur- und Wartungsarbeiten mit Aufenthaltsdauern von bis zu mehreren Stunden vornehmen.

Der Sauerstoffgehalt wird in diesen Bereichen von 21 Vol.-% auf 13 bis 17 Vol.-% durch Einbringung von Stickstoff abgesenkt. Neben Beeinträchtigungen der Leistungsfähigkeit können Ohnmacht und Tod eintreten, wenn der Sauerstoffgehalt durch Störungen unter die festgelegte Mindestsauerstoffkonzentration absinkt (Abschnitt "Ermittlung und Beurteilung").

#### Blockierung der Atmung durch giftige Gase und Dämpfe

Kohlenmonoxid (CO) sowie Blausäure (Cyanwasserstoff HCN) blockieren durch ihre starke Bindung an das Hämoglobin den Sauerstofftransport im Blut. Schwefelwasserstoff (H<sub>2</sub>S) hemmt wichtige Enzyme der Atmungskette. Dadurch werden vor allem Gewebe mit hohem Sauerstoffverbrauch (Nerven, Herz) geschädigt. Alle drei Stoffe können in höheren Konzentrationen in Rauchgasen bei Bränden, schlecht eingestellten Motoren oder Öfen entstehen.

Nach Einatmen von Dichlormethan-Dämpfen, das z. B. als Löse- oder Abbeizmittel sowie Klebstoff zur Anwendung kommt, wird im Körper Kohlenmonoxid als Abbauprodukt gebildet, das an Hämoglobin gebunden wird.

Schon nach wenigen Atemzügen ist Bewusstlosigkeit und Tod durch Ersticken möglich. Aufgrund dieser Wirkungen als innere Erstickung (Vergiftung) sind diese Stoffe als Gefahrstoffe zu betrachten. Diese Gefährdung wird im Abschnitt "Einatmen von Gefahrstoffen" behandelt.

#### Einatmen von höheren Konzentrationen von Kohlendioxid

Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) ist nicht als gefährlicher Stoff (nach § 3a Chemikaliengesetz (ChemG)) eingestuft. Ab einer Raumlufkonzentration von ca. 4 Vol.-% wird aber das Abatmen vom im Körper gebildeten CO<sub>2</sub> behindert und es kommt dadurch zu einer Anreicherung im Körper. Bei höheren Konzentrationen sind Bewusstlosigkeit und Tod durch Ersticken möglich. Aufgrund dieser erstickenden Wirkung (sonstige durch Gefahrstoff bedingte Gefährdung) ist Kohlendioxid ein Gefahrstoff (TRGS 400).

Gefährdungen durch Kohlendioxid bestehen insbesondere bei

- Undichtigkeiten an Getränkeschankanlagen; hier ist Kohlendioxid, umgangssprachlich als Kohlensäure bezeichnet, das am häufigsten verwendete Druckgas;
- Umgang mit Trockeneis (tiefkalt verfestigtes Kohlendioxid) zu Kühlzwecken;
- Einatmen von Motorabgasen, z. B. in Garagen, hier ist auch die Vergiftung durch Einatmen von Kohlenmonoxid zu beachten.

Arbeiten Personen in Behältern, teilweise geschlossenen Räumen, Gräben, Gruben oder in kleinen Räumen, werden plötzlich ohnmächtig und geben kein Lebenszeichen mehr von sich, dann ist davon auszugehen, dass Sauerstoffmangel vorliegt.

#### Gefährdungen beim Retten von verunfallten Personen

Bei Rettungsversuchen kam es schon zu Todesfällen, weil Personen ohne ein von der Umgebungsluft unabhängiges Atemschutzgerät zum Verunfallten gelangen wollten. Hier ist von einem hohen Risiko auszugehen, weil in der Stresssituation notwendige Schutzmaßnahmen häufig außer Acht gelassen werden.

### Ertrinken

Ertrinken ist ein Tod durch Sauerstoffmangel, der infolge Einatmens von Wasser oder anderen Flüssigkeiten in die Lunge eintritt. Oft wird verallgemeinert jeder Tod im Wasser als Ertrinken bezeichnet. In der Medizin wird als Ertrinken das Eintauchen des Körpers und des Kopfes mit Todesfolge innerhalb von 24 Stunden bezeichnet.

#### "Trockenes Ertrinken"

Beim Einatmen selbst geringer Mengen Flüssigkeit kann es zu einem Atemwegskampf (Verschluss der Stimmritze im Bereich des Kehlkopfes durch die Stimmbänder) kommen, wodurch die Atmung unterbunden wird. Hält dieser Krampf z. B. bei Bewusstlosigkeit an, führt dies innerhalb von fünf bis zehn Minuten zum Tod, dem sog. "trockenen" Ertrinken.

#### "Nasses Ertrinken"

In der Mehrzahl der Fälle löst sich aber der Krampf innerhalb von Sekunden und die verunfallte Person unter Wasser schluckt und atmet größere Mengen Wasser ein. Ein Tod infolge von eingeatmetem Wasser in der Lunge wird als "nasses" Ertrinken bezeichnet. In beiden Fällen führt der Sauerstoffmangel in der Regel zum Kammerflimmern und schließlich zum Herzstillstand.

#### Sekundäres Ertrinken

In Fällen, in denen ein Verunfallter aus dem Wasser gerettet wird (Beinaheertrinken), kann es innerhalb von Stunden durch Lungenschäden (Lungenödeme oder Lungenentzündung) ebenfalls zu Todesfällen kommen (sekundäres Ertrinken). Die Lungenschädigung kann durch Bestandteile im Wasser (z. B. Salze, Bakterien, Algen) verstärkt werden. Unterschiedliche Wirkungen von Salz- und Süßwasser sind für die Praxis kaum von Bedeutung, hier ist eher der Verschmutzungsgrad entscheidend. Auch kann es nach dem Verschlucken von größeren Mengen Wasser zum Erbrechen kommen. Dadurch besteht die Möglichkeit, dass Bestandteile des Mageninhalts eingeatmet werden. Dies löst ebenfalls eine starke Entzündungsreaktion aus.

#### Sturz in eine Flüssigkeit

Bei der Möglichkeit eines Sturzes in eine Flüssigkeit (insbesondere in einen Wasser-behälter, ein Wasserbecken oder in ein Gewässer) ist stets von der Gefährdung "Ertrinken" in der Folge des Sturzes auszugehen.

Insbesondere sind folgende Situationen zu betrachten (DGUV Regel 112-201 Abschnitt 3.1.2.1):

- Sturz in eine Flüssigkeit
- Sturz in eine Flüssigkeit in bewegungsunfähigem Zustand oder Ohnmacht, hervorgerufen durch ein vorhergehendes Ereignis oder einen Unfall
- Bewegungsunfähigkeit nach dem Sturz in die Flüssigkeit, hervorgerufen durch Schock, Kreislaufversagen oder Ohnmacht bzw. durch Eigenschaften der Flüssigkeit (z. B. Kälte)
- Bewegungsunfähigkeit oder Ohnmacht durch Erschöpfung oder durch Unterkühlung bei entsprechend langer Verweildauer in der Flüssigkeit
- Probleme der Ortung bei Nacht und unsichtigem Wetter und in strömenden Gewässer

Tätigkeiten mit einer Gefährdung des Sturzes in Flüssigkeiten oder Gewässer sind z. B.:

- Tätigkeiten auf Deck von Binnen- oder Hochseeschiffen, insbesondere auf Fischereifahrzeugen beim Ausbringen und Einholen der Fischernetze
- Bootsübergänge z. B. beim Überwechseln eines Lotsen, bei Schiffskontrollen durch die Wasserschutzpolizei
- Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten an Schiffen sowie im Schiffbau
- Tätigkeiten in Häfen, an Kanälen und Talsperren
- Bau- und Abbrucharbeiten im Bereich von Gewässern, insbesondere Arbeiten an Brücken, Ufer- und Kanalbefestigungen sowie Schifffahrtseinrichtungen
- Tätigkeiten in Kläranlagen und Kanalisationsanlagen
- Tätigkeiten der Kiesgewinnung
- Hilfeinsätze an Gewässern von Feuerwehr, Technisches Hilfswerk (THW), Deutsche Lebens-Rettungs-Gesellschaft e. V. (DLRG) und anderen Hilfsorganisationen im und am Wasser sowie bei Überschwemmungen und der Eisrettung

#### **Wassereinbruch in Arbeitsbereiche**

Als weitere Gefährdung kann der Einbruch von Wasser auftreten:

- beim Tunnelbau und bei Bohrungen, insbesondere bei Arbeiten unterhalb der Grundwasserlinie
- bei Inspektionen und Arbeiten in Kanalisationsanlagen, insbesondere bei starken Gewitterregen, die zu einem kurzzeitigen, starken Anstieg des Wasserspiegels führen

#### **Taucherarbeiten**

Etwa 80 % aller tödlichen Tauchunfälle beruhen auf Ertrinken. Neben Mängeln in der Ausrüstung ist oft die mangelnde Erfahrung bei Sporttauchern Ursache eines Unfalls.

#### **Wasserrettung**

Retter bei Unfällen im Wasser sind ebenfalls der Gefährdung "Ertrinken" ausgesetzt. Sie können vom wild um sich schlagenden Ertrinkenden getroffen werden oder der Ertrinkende klammert sich an den Retter und zieht ihn unter Wasser.

### 7.3.3 Ermittlung und Beurteilung

Eine Gefährdung zu ersticken bzw. zu ertrinken besteht, wenn Arbeitsbedingungen wie in Abschnitt 7.3.2 "Art der Gefährdungen und deren Wirkungen" und im Folgenden beschrieben vorliegen.

Die Methodik zur Beurteilung des Risikos, zu ersticken bzw. zu ertrinken, hängt von den Arbeitsbedingungen der jeweiligen Gefährdungen ab. In vielen Fällen geht dem Ersticken bzw. Ertrinken eine andere wirksam gewordene Gefährdung voraus, die bei der Risikobeurteilung zu berücksichtigen ist.

#### Ersticken

##### Verschüttung unter Erdmassen, Streugut oder Schnee

Das Risiko, infolge von Verschüttung unter Erdmassen, Streugut oder Schnee zu ersticken, ist nach Abschnitt [Unkontrolliert bewegte Teile](#) (Mechanische Gefährdungen) zu beurteilen.

##### Einatmen oder Verschlucken von Fremdkörpern mit Blockierung der Atemwege

Für die Beurteilung des Risikos, in Folge des Einatmens oder Verschluckens von Fremdkörpern durch Blockierung der Atemwege zu ersticken, liegt keine spezifische Methodik vor. Sie sollte unter Einbeziehung arbeitsmedizinischer Expertise erfolgen.

##### Mangelnde Sauerstoffkonzentration in Höhenlagen

Das Risiko, in Höhen über 3 000 Meter über Normalhöhennull (NHN) aufgrund mangelnder Sauerstoffkonzentration zu ersticken, ist nach Abschnitt "[Unter- oder Überdruck](#)" (Gefährdungen durch physikalische Einwirkungen) zu beurteilen.

##### Mangelnde Sauerstoffkonzentration in engen Räumen

Für die Beurteilung des Risikos, in engen Räumen aufgrund mangelnder Sauerstoffkonzentration zu ersticken, stehen eine Reihe Technischer Regeln und Informationen zur Verfügung:

- Die Technische Regel für Arbeitsstätten [ASR A3.6](#) definiert in Abschnitt 4.1, dass in umschlossenen Arbeitsräumen eine "gesundheitlich zuträgliche Atemluft in ausreichender Menge vorhanden sein muss". In der Regel entspricht dies der Außenluftqualität. Bei Bauarbeiten in abwassertechnischen Anlagen, unter Tage oder in engen Räumen ist ein Sauerstoffgehalt von mindestens 19 Vol.-% sicherzustellen ([ASR A3.6, 7 \(2\)](#)).
- Nach [DGUV Regel 101-604](#), Abschnitte 3.7.4 und 3.8.1 muss an jeder Arbeitsstelle ein Sauerstoffgehalt von mehr als 19 Vol.-% vorhanden sein. Arbeiten in Arbeitsumgebungen mit begrenzter natürlicher Belüftung, z. B. in tieferen Schächten oder unter Tage, sind nur mit einer Überwachung durch ein Sauerstoffmessgerät zulässig.
- Bei Arbeiten in umschlossenen Räumen abwassertechnischer Anlagen stellt die [DGUV Regel 103-003](#) insbesondere in Abschnitt 4.2 Anforderungen auf, deren Einhaltung eine hinreichende Risikobeherrschung angeben.
- Für Rohrleitungsbauarbeiten gibt die [DGUV Information 201-052](#) insbesondere in Abschnitt 5.4 Anforderungen zur Risikobeherrschung an.
- Für Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen enthält [DGUV Regel 113-004](#) insbesondere in Abschnitt 4.4 Anforderungen zur Beherrschung des Risikos zu ersticken. Danach handelt es sich um gefährliche Arbeiten nach § 8 [DGUV Vorschrift 1](#) und § 22 [Jugendarbeitsschutzgesetz \(JArbSchG\)](#).

Werden die für den jeweiligen Anwendungsfall zutreffenden qualitativen Anforderungen in den Technischen Regeln

- vollständig und zuverlässig eingehalten, kann von einem geringen Restrisiko im Akzeptanzbereich ausgegangen werden. Weitere Risikoreduzierung ist aber ggf. möglich und anzustreben.
- weitgehend vollständig, aber nicht hinreichend zuverlässig eingehalten, besteht ein Risiko im Besorgnisbereich, der Maßnahmen insbesondere des aktiven Risikomanagements erfordert, um sicherzustellen, dass das noch tolerierbare Risiko zuverlässig eingehalten und möglichst weit unterschritten bleibt.
- nicht oder unzureichend eingehalten, besteht Gefahr (nicht tolerierbares Risiko). Maßnahmen der Risikoreduzierung sind erforderlich.

Die Betriebsärztin/der Betriebsarzt ist bei Bedarf bei der Risikobeurteilung hinzuzuziehen.

##### Sauerstoffverdrängung durch Gase

Das grundsätzliche Risikopotenzial kann durch eine erste Worst-Case-Betrachtung erfolgen, indem man die verbleibende Sauerstoffkonzentration ermittelt, wenn sich alle vorhandenen sauerstoffverdrängenden Gase im Raum

ausgebreitet haben. Befinden sich beispielsweise in einem 20 m<sup>3</sup> großen Raum zwei Liter Flüssigstickstoff, könnte dieser bei einer Havarie ca. 1,6 m<sup>3</sup> Raumluft verdrängen; der durchschnittliche Sauerstoffgehalt würde um weniger als 10 % sinken; das wäre unbedenklich. Da kalter Stickstoff schwerer ist als Luft bei Raumtemperatur, würde er bei geringer Luftbewegung aber eine bis zu 50 cm hohe Stickstoffgasschicht am Boden bilden, die fast keinen Sauerstoff enthält und damit schon beim Bücken ein sehr hohes Erstickungsrisiko bedeuten.

DGUV Regel 113-004 enthält in Abschnitt 4.3 Anforderungen, die zur Risikobeurteilung herangezogen werden können.

Tätigkeiten in Räumen mit reduzierter Sauerstoffkonzentration

DGUV Information 205-006 legt Risikobereiche nach Sauerstoffkonzentration O<sub>2</sub> in der Luft fest:

- Risikoklasse 0: > 17 Vol.-%: unbedenklich
- Risikoklasse 1: < 17 und > 15 Vol.-%: Leistungseinschränkungen
- Risikoklasse 2: < 15 und > 13 Vol.-%: gesundheitsschädlich
- Risikoklasse 3: < 13 Vol.-%: Bewusstlosigkeit, irreversible Schäden, Tod

Bei der Beurteilung der Arbeitsbedingungen sind die lokalen Gegebenheiten (z. B. Höhenlage, Wetter-/Luftdruckbedingungen), zusätzliche chemische, biologische oder physikalische Einwirkungen (wie Kälte) sowie der Schweregrad der zu verrichtenden körperlichen Arbeit und die psychomentalen Belastungen mit zu berücksichtigen. Ab einer Höhe von 700 m über NHN ist der Einfluss der Höhe über Meer mit zu berücksichtigen. Zur arbeitsmedizinischen Risikoklassifikation sind die reale Höhe und die Äquivalenzhöhe, die die Anlage produzieren, zu addieren. Die baulichen, technischen, organisatorischen und arbeitsmedizinischen Maßnahmen sind in der Gefährdungsbeurteilung (dem betriebsspezifischen Sicherheitskonzept) zu dokumentieren (DGUV Information 205-006).

### Gefährdungen durch Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)

Für Kohlendioxid besteht ein Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) von 5 000 ml/m<sup>3</sup> (ppm), was 0,5 Vol.-% entspricht. Als resorptiv wirksamer Stoff gilt für Kurzzeitwerte (15-Minuten-Mittelwert) ein Überschreitungsfaktor von 2; dies entspricht einem Mittelwert von 1 Vol.-% (TRGS 900).

Kohlendioxid kommt mit einer Konzentration von etwa 0,035 Vol.-% in der Atmosphäre vor. In der Ausatemluft des Menschen beträgt die Konzentration ca. 4 Vol.-%. Steigt der Gehalt in der Einatemluft über 4 Vol.-%, kommt es zu einer Anreicherung von Kohlendioxid im Blut, da kein Austausch gegen Sauerstoff mehr stattfindet (vgl. Tabelle 7.3-2).

DGUV Regel 110-007 und ASI 6.80, Anhang 1 enthalten Verfahren zur worst-case-Berechnung der Kohlendioxid- bzw. Stickstoff-Konzentration bei Austritt des gesamten Flascheninhalts in Abhängigkeit vom Raumvolumen.

Tab. 7.3-2 Gefährdung und Auswirkung bei zunehmender CO<sub>2</sub>-Einwirkung gem. ASI 6.80, Abschnitt 2.2

CO <sub>2</sub> -Anteil in der Atemluft	Gefährdung und Auswirkung bei zunehmender Kohlendioxid-Einwirkung
0,5 - 1 Vol.-%	bei nur kurzzeitiger Einatmung generell noch keine besonderen Beeinträchtigungen der Körperfunktionen
2 - 3 Vol.-%	zunehmende Reizung des Atemzentrums mit Aktivierung der Atmung und Erhöhung der Pulsfrequenz.
4 - 7 Vol.-%	Verstärkung der vorgenannten Beschwerden; zusätzlich Durchblutungsprobleme im Gehirn, Aufkommen von Schwindelgefühl, Brechreiz und Ohrensausen
8 - 10 Vol.-%	Verstärkung der vorgenannten Beschwerden bis zu Krämpfen und Bewusstlosigkeit mit kurzfristig folgendem Tod
10 Vol.-%	Tod tritt kurzfristig ein

### Blockierung der Atmung durch giftige Gase und Dämpfe

Angaben zur Risikobeurteilung enthält der Abschnitt "**Gefahrstoffe**".

TRGS 900 gibt die Arbeitsplatzgrenzwerte an, z. B.

- 50 ppm für Dichlormethan
- 30 ppm für Kohlenmonoxid
- 5 ppm für Schwefelwasserstoff
- 0,9 ppm für Cyanwasserstoff

## Ertrinken

Mit erhöhten Risiken des Ertrinkens ist zu rechnen bei

- den in [DGUV Regel 112-201](#), Anhang 2 aufgeführten Einsatzgebieten,
- seemänischem Überstieg von Wasserfahrzeugen auf Anlagen oder andere Wasserfahrzeuge und umgekehrt (vgl. [DGUV Information 203-007](#), insbesondere Abschnitt C 2.2).

Besonders gefährliche Arbeiten im Sinne der [Baustellenverordnung](#) (Anhang II) und [RAB 10](#) sind:

- Tätigkeiten an, auf oder über Flüssigkeit, insbesondere Wasser, in einem Abstand von weniger als 2 m von der Absturzkante ohne technische Schutzmaßnahmen, da dann eine unmittelbare Gefahr des Ertrinkens im Sinne der BaustellV besteht
- Brunnenbauarbeiten, also Arbeiten zur Errichtung, Änderung, Instandhaltung oder Instandsetzung von Brunnen jeder Art, bei denen die Gefahr des Hineinfallens, des Verschüttetwerdens, des Ertrinkens, des Vergiftetwerdens oder eine Verpuffungs-gefahr aufgrund eines explosiven Gas-Luft-Gemisches besteht
- Arbeiten mit Tauchgeräten in flüssigen Medien, bei denen die Taucher über Tauchgeräte mit Atemgas versorgt werden. Dabei befinden sich die Taucher in lebensfeindlicher Umgebung. Der Ausfall der Atemgasversorgung bedeutet akute Lebensgefahr für den Taucher. Daher dürfen derartige Arbeiten nur unter besonderen Schutzmaßnahmen durchgeführt werden (vgl. [DGUV Vorschrift 40](#) "Taucharbeiten").

## Absturzhöhe

In Abhängigkeit von der jeweiligen Absturzhöhe muss bei der Beurteilung des Risikos bedacht werden, dass der Verunfallte beim Aufprall auf der Wasseroberfläche verletzt wird oder bewusstlos werden kann.

## Schwimmfähigkeiten

Beim Sturz in fließende oder kalte Gewässer sowie auf hoher See sind Schwimmfähigkeiten des Verunfallten kein Beurteilungskriterium, da auch ein geübter Schwimmer schnell unterkühlt und schon nach wenigen Minuten nicht mehr handlungsfähig sein kann.

Die Schwimmfähigkeit kann auch durch weitere Ausrüstung (z. B. Atemschutzgeräte, schwere Schutzausrüstung) beeinträchtigt sein. Die Schutzwirkung von Schwimmwesten kann durch Funktionsstörung oder Beschädigung ausfallen (vgl. [DGUV Regel 112-201](#), Abschnitt 3.1.2.3).

## Unterkühlung

Da Wasser eine höhere Wärmeleitfähigkeit als Luft hat, kommt es bei Stürzen in Gewässer häufig zu einer schnellen Auskühlung des Verunfallten. Eine Faustformel spricht von etwa einer Minute Handlungsfähigkeit pro Grad Wassertemperatur über null. Ab etwa 26 °C ist kaum mehr von einer Unterkühlung auszugehen. Bei Wassertemperaturen um den Gefrierpunkt muss damit gerechnet werden, dass der Verunfallte innerhalb weniger Minuten bewusstlos wird.

## Flüssigkeiten mit geringem Auftrieb

Bei Arbeiten in Kläranlagen muss der mangelnde Auftrieb in Belüftungs- und Belebungsbecken berücksichtigt werden. Durch eingeblassene Luft wird die Dichte des Wassers herabgesetzt. Stürzt ein Mensch in das Becken, sinkt er sofort zu Boden. Schwimmwesten sind in der Regel wirkungslos. Infolge des eingeatmeten stark verschmutzten Abwassers verlaufen derartige Unfälle in der Regel tödlich.

## Weitere gefahrbringende Bedingungen

Es können auch mehrere Gefährdungen kombiniert auftreten. Bei der Gefährdungsermittlung ist grundsätzlich davon auszugehen, dass der Abgestürzte nicht aktiv zu seiner Rettung beitragen kann.

Zum möglichen Sturz in eine Flüssigkeit können auch weitere gefahrbringende Bedingungen am jeweiligen Arbeitsplatz beitragen und sind deshalb in die Gefährdungsermittlung mit einzubeziehen, z. B. „(vgl. u.a. [DGUV Regel 112-](#)

201, Abschnitt 3.1.2.2.):

- unzureichende oder fehlende Absturzsicherungen
- Stürzen oder Stolpern
- Ausrutschen auf Verunreinigungen oder Eis
- austretende Flüssigkeiten oder Gase
- mechanische Einwirkungen, z. B. getroffen werden von bewegten Gegenständen
- optische Einwirkungen, Blendung, Spiegelungen, unzureichende Beleuchtung
- chemische Einwirkungen
- thermische Einwirkungen
- Hitze, hohe Sonneneinstrahlung, Wind
- schwere dynamische Arbeit mit Ermüdungspotenzial
- Ablenkung
- Zeitdruck

#### **Wechselwirkungen**

Die am Arbeitsplatz vorhandenen Gefährdungen können auch direkten Einfluss auf die Schutzwirkung der persönlichen Schutzausrüstungen gegen Ertrinken haben, z. B. durch mechanische Einwirkungen (Stiche oder Stöße) oder thermische Einflüsse (Schweißperlen bei Schweißarbeiten). Hier sind ggf. zusätzliche Schutzmaßnahmen, z. B. das Anbringen spezieller Schutzhüllen, vorzusehen.

### 7.3.4 Arbeitsschutzmaßnahmen und Wirkungskontrolle

Arbeitsschutzmaßnahmen sind in aller Regel vor Aufnahme der Tätigkeit zu ergreifen, um sicherzustellen, dass Beschäftigte nur einem akzeptablen, zumindest aber tolerablen Restrisiko zu ersticken bzw. zu ertrinken ausgesetzt sind.

Um dies zu gewährleisten, ist eine entsprechende Wirksamkeit der Maßnahmen vor Aufnahme der Tätigkeit zu kontrollieren. Der Arbeitgeber muss sicherstellen, dass die Maßnahmen dauerhaft wirksam bleiben. Dies ist in geeigneten Abständen zu kontrollieren. Dabei hat der Arbeitgeber eine stetige Verbesserung der Arbeitsbedingungen anzustreben (vgl. § 3, Absatz 1 ArbSchG).

#### Ersticken

Die Maßnahmen sind vorrangig darauf auszurichten, dass eine ausreichend gesundheitlich zuträgliche Atemluft vorhanden ist ([Anhang, Nr. 3.6 ArbStättV](#)). Technische Regeln konkretisieren die Anforderungen, insbesondere [ASR A3.6 Lüftung](#) sowie [DGUV Regel 109-002 Arbeitsplatzlüftung - Lufttechnische Maßnahmen](#).

#### Maßnahmen bei Tätigkeiten mit einem möglichen Sauerstoffmangel

Aufgrund des hohen Risikopotenzials ist stets zu prüfen, ob Arbeiten in solchen Gefahrenbereichen vermeidbar sind (z. B. Reinigungsarbeiten von außen oder Inspektionen mittels Kameratechnik).

[DGUV Regel 113-004](#) legt in Abschnitt 4 Anforderungen und erforderliche Maßnahmen für Tätigkeiten in Behältern, Silos und engen Räumen fest, wie z. B.:

- Festlegung der Zugangsverfahren und Gestaltung der Zugänge für Arbeit und Rettung, der Anschlagpunkte bzw. Anschlagkonstruktionen für persönliche Schutz-ausrüstung, Möglichkeiten des Abtrennens (z. B. der Zu- und Abgangsleitungen) bei der Planung und Errichtung der Anlagen (empfohlene Mindestmaße für Behälteröffnungen siehe [DGUV Regel 113-004 Anhang 4](#), vgl. auch [FBRCI-005](#) "Zugangsöffnungen für Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen")
- Planung des Arbeitsablaufs mit Bestimmung eines Aufsichtsführenden, von Sicherungsposten und für Freimesungen Zuständigen (Auswahl, Ausbildung und Beauftragung von Fachkundigen zum Freimesen erfolgt nach [DGUV Grundsatz 313-002](#))
- Erstellung eines Erlaubnisscheins (oder Betriebsanleitung) mit festgelegten Maßnahmen durch den Unternehmer oder Aufsichtsführenden mit Unterschriften von Aufsichtsführendem, Sicherungsposten und ggf. Fremdfirmenverantwortlichen (siehe Mustererlaubnisschein in [DGUV Regel 113-004, Anhang 1](#))
- Bereitstellung geeigneter Sicherungs- und Rettungsgeräte (vgl. [DGUV Information 213-055](#))
- Unterweisung aller beteiligten Personen (mit praktischen Übungen einschließlich Rettungsübungen) auf der Grundlage der Gefährdungsbeurteilung vor Aufnahme der Arbeiten
- Umsetzungs- und Wirkungskontrolle der festgelegten Maßnahmen (einschl. Unterweisung aller beteiligten Beschäftigten) durch den Aufsichtsführenden vor Beginn und während der Arbeiten; Aufhebung der Schutzmaßnahmen durch den Aufsichtsführenden nach Überprüfung, dass alle Personen den engen Raum verlassen haben
- Sicherung der Arbeitsstelle zum Fernhalten nicht beteiligter Personen
- Entleeren, Reinigung und Abtrennen der Behälter, Silos und engen Räume
- Lüftung mit Frischluft (vgl. siehe [DGUV Regel 113-004 Anhang 3](#)) und Freimesen
- Atemschutz (Isoliergeräte, nicht Filtergeräte: vgl. [DGUV Regel 112-190](#)), wenn ein Sauerstoffgehalt von mindestens 17 Vol.-% Sauerstoff nicht zuverlässig sichergestellt ist

Arbeitsplätze bei Bauarbeiten unter Tage oder in Schächten sind nach [DGUV Regel 101-604](#), Abschnitte 3.7.4 und 3.8.1 regelmäßig messtechnisch zu überwachen. Für eine Grenzwertüberschreitung (Sauerstoffgehalt unter 19 Vol%) ist ein hinreichend wirksames Maßnahmenkonzept aufzustellen. Für Arbeiten in umschlossenen Räumen von abwassertechnischen Anlagen sind entsprechende Maßnahmen in [DGUV Regel 103-003](#) beschrieben.

#### Vorsorge für Rettungsmittel und -maßnahmen

Zur Vorsorge für Unfälle sollten geeignete Rettungs- und Transportmittel vor Ort bereitgehalten werden. Die Zusammenstellung der Rettungsausrüstung muss sich aus der Gefährdungsbeurteilung ergeben; dabei ist zu berücksichtigen, ob Beschäftigte bei der Rettung aus Schächten gehoben oder in horizontaler Richtung gezogen werden können.

Geeignete Rettungsausrüstungen werden in [DGUV Regel 113-004](#), [DGUV Regel 103 003](#) und [DGUV Regel 112-199](#) beschrieben, dabei handelt es sich z. B. um

- ein frei tragbares, von der Umgebungsluft unabhängig wirkendes Atemschutzgerät, das für die Fremdrettung von Personen geeignet ist,
- PSA gegen Absturz mit integrierter Rettungshubeinrichtung,
- Rettungstragen und Rettungsschlaufe,
- Schleifkorb oder Rettungswanne.

Rettungskräfte dürfen nur in umschlossene Räume von abwassertechnischen Anlagen bzw. in Behälter, Silos und enge Räume ohne Isoliergerät einsteigen, wenn sichergestellt ist, dass keine gefährlichen Gefahrstoffkonzentrationen oder Sauerstoffmangel vorliegen (DGUV Regel 113-004, DGUV Regel 103-003).

Eine schnelle Rettung ist in der Regel nur dann gewährleistet, wenn der Beschäftigte den Rettungsgurt bereits während der Arbeiten angelegt hat.

### Alarm- und Rettungsplan, Übungen

Aufstellung eines Alarm- und Rettungsplans, um eine schnelle Alarmierung der Rettungskräfte zu gewährleisten.

Die Beschäftigten, insbesondere die Sicherungsposten, sind über die Benutzung der persönlichen Schutzausrüstungen zum Retten zu unterweisen. Die erforderlichen Maßnahmen zur Rettung von in Not geratenen Beschäftigten sind in regelmäßigen Abständen, mindestens jedoch einmal jährlich, praxisnah zu üben. Ist im Rettungsplan vorgesehen, außerbetriebliche Rettungskräfte, z. B. öffentliche Feuerwehren, in die Rettungsmaßnahmen mit einzubeziehen, sind diese an den Übungen zu beteiligen.

### Tätigkeiten in sauerstoffreduzierter Atmosphäre

Vor der Einführung der Technologie der Sauerstoffreduzierung ist zu prüfen, ob das Schutzziel (Brandschutz) nicht auch mit anderen, weniger die Gesundheit der Beschäftigten gefährdenden Maßnahmen erreicht werden kann.

DGUV Information 205-006 bestimmt Anforderungen und erforderliche Maßnahmen für Bereiche mit sauerstoffreduzierter Atmosphäre und Tätigkeiten darin, z. B.:

- Verbot der Einrichtung von ständigen Arbeitsplätzen in sauerstoffreduzierten Bereichen. Der Aufenthalt soll möglichst kurzgehalten werden.
- Kennzeichnung aller Zugänge mit Warnzeichen gem. ASR A 1.3, die auf sauerstoffreduzierte Atmosphäre und Zugangsbeschränkungen hinweisen (siehe Abbildung 7.3-1)
- regelmäßige Messung der Sauerstoffkonzentration (mindestens alle zehn Minuten)
- akustische Alarmierung mit Leuchttabelle bei zu niedriger Sauerstoffkonzentration
- Festlegung organisatorischer Maßnahmen durch den Betreiber (u. a. Betriebsanweisung, schriftliche Festlegung der zugangsberechtigten Personen, Zutrittskonzept, Unterweisung dieser Personen)
- regelmäßige Prüfungen der Sauerstoffreduzierungsanlage sowie der Messung- und Alarmierungseinrichtungen. Abhängig von der niedrigst möglichen Sauerstoffkonzentration sind weitere Maßnahmen gemäß Tabelle 7.3-3 erforderlich.



**Sauerstoffreduzierte Atmosphäre**  
Betreten nur durch berechtigtes Personal  
**Bei Alarm betreten verboten!**

Abb. 7.3-1. Beispielkennzeichnung am Zugang zu einem sauerstoffreduzierten Bereich

**Tabelle 7.3-3** Erforderliche Maßnahmen bei Tätigkeiten in Räumen mit reduziertem Sauerstoffgehalt gem. DGUV Information 205-006

Risikoklasse	Sauerstoffkonzentration c in Vol.-% O <sub>2</sub>	Sicherheitsmaßnahmen
0	$20,9 > c \geq 17,0$	– Unterweisung der Mitarbeiter
1	$17,0 > c \geq 15,0$	– Unterweisung der Mitarbeiter – arbeitsmedizinische Untersuchung gemäß Grundsatz G 28 "Arbeiten in sauerstoffreduzierter Atmosphäre" – nach vier Stunden Aufenthalt Pause von 30 Minuten außerhalb der sauerstoffreduzierten Bereiche
2	$15,0 > c \geq 13,0$	– Unterweisung der Mitarbeiter – arbeitsmedizinische Untersuchung gemäß Grundsatz G 28 "Arbeiten in sauerstoffreduzierter Atmosphäre" – nach zwei Stunden Aufenthalt Pause von mindestens 30 Minuten außerhalb der sauerstoffreduzierten Bereiche
3	$< 13,0$	– Betreten ohne spezifische Zusatzmaßnahmen nicht zulässig

Sind diese Maßnahmen nicht zu gewährleisten, ist in Bereichen mit einer Sauerstoffkonzentration  $< 17$  Vol.-% Umgebungsluft unabhängiger Atemschutz zu tragen.

#### Kohlendioxid in Getränkeschankanlagen

Anforderungen an die Gestaltung und den Betrieb von Getränkeschankanlagen enthalten [DGUV Regel 110-007](#) "Einrichtung und Betrieb von Getränkeschankanlagen" und [DGUV Regel 110-001](#) "Arbeiten in Gaststätten".

Ein unkontrollierter Austritt des Kohlendioxids oder ein Zerknall der Druckgasflaschen muss verhindert werden. Druckgasflaschen von Getränkeschankanlagen müssen deshalb gegen Umfallen oder Herabfallen gesichert sein. Bei der Aufstellung ist zu achten, dass die Druckgasflaschen keiner gefährlichen Wärmeeinwirkung ausgesetzt sind.

Eine gefährliche Konzentration durch Austreten von Druckgas muss vermieden sein ([ASI 6.80](#), Abschnitt 7), z. B. durch

- Gewährleistung einer ausreichenden natürlichen Be- und Entlüftung der Räume,
- Installation einer technischen Lüftung (Zu- und Abluftanlage) oder
- Gaswarneinrichtung.

Druckgasflaschen müssen stehend, mit einem an die Getränkebehälter angeschlossenen geeigneten Druckminderer, betrieben werden.

Mit Druckbehältern dürfen nur Personen umgehen, die unterwiesen sind und von denen zu erwarten ist, dass sie ihre Aufgabe zuverlässig erfüllen.

Zugänge zu Räumen mit Gefährdung durch Druckgase sind deutlich sichtbar mit Warnzeichen gem. [Abb. 7.3-2](#) zu kennzeichnen ([ASI 6.80](#)).



Abb. 7.3-2 Kennzeichnung mit Warnzeichen oder Wo41 Warnung vor Erstickungsgefahr

## Ertrinken

### Absturzsicherung

An Arbeitsplätzen und Verkehrswegen an, auf und über dem Wasser oder anderen Stoffen, in denen die Gefahr des Ertrinkens, Erstickens oder Versinkens besteht, müssen unabhängig von der Absturzhöhe Einrichtungen, die ein Abstürzen von Beschäftigten verhindern (Absturzsicherungen), vorhanden sein ([ASR A 2.1](#), Abschnitt 8.2).

### Stege, Brücken

Für Bootsübergänge können ausfahrbare Stege und Brücken bis hin zu hydraulisch betriebenen Übersteigeeinrichtungen eingesetzt werden [1].

Lässt die Eigenart des Arbeitsplatzes oder der durchzuführenden Arbeiten eine ständige Sicherung nicht zu, muss die Sicherung gegen Abstürzen oder Hineinstürzen von Beschäftigten auf andere Weise, z. B. durch Fangnetze oder einer geeigneten persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz nach [DGUV Regel 112-198](#) ermöglicht werden.

### Persönliche Schutzausrüstungen

Ist das Restrisiko zu ertrinken nicht hinreichend reduziert, sind geeignete Auftriebsmittel bereitzustellen (z. B. Rettungswesten nach DIN EN ISO 12402). In Anhang 2 der [DGUV Regel 112-201](#) sind Arbeiten aufgeführt, bei denen Persönliche Schutzausrüstung gegen Ertrinken getragen werden muss oder bei denen Absturzgefahr mit zusätzlicher Gefahr des Ertrinkens besteht. Grundsätzlich sind automatisch aufblasbare Rettungswesten mit mindestens 150 N Auftrieb bereitzustellen (DIN EN ISO 12402-3 „Persönliche Auftriebsmittel; Teil 3: Rettungswesten, Stufe 150; Sicherheitstechnische Anforderungen“), bei Kombination mit anderen PSA wie z.B. Atem- oder Kälteschutz mindestens 275 N Auftrieb (DIN EN ISO 12402-2 „Persönliche Auftriebsmittel; Teil 2: Rettungswesten, Stufe 275; Sicherheitstechnische Anforderungen“). Handauslösende Rettungswesten sind nur zulässig, wenn von automatisch auslösenden Rettungswesten Gefahren ausgehen (z.B. beim Verlassen von Fahrzeugkabinen). Weitere Hinweise zur Bewertung und Auswahl enthält [DGUV Regel 112-201](#).

### Sicherheits- und Gesundheitsschutzplan

Werden auf Baustellen Arbeiten durchgeführt, bei denen die unmittelbare Gefahr des Ertrinkens besteht (besonders gefährliche Arbeit im Sinne des Anhangs II [BaustellV](#)), so ist nach § 3 Absatz 2 [BaustellV](#) dafür zu sorgen, dass vor Einrichtung der Baustelle ein Sicherheits- und Gesundheitsschutzplan erstellt wird. In dem Plan müssen die besonderen Maßnahmen für die besonders gefährlichen Arbeiten enthalten sein.

### **Abwassertechnische Anlagen**

Für Arbeiten in umschlossenen Räumen von abwassertechnischen Anlagen enthält die [DGUV Regel 103-003](#) Anforderungen an Schutzmaßnahmen gegen Gefahren bei starker Wasserführung.

### **Betriebsanweisung und Unterweisung**

Für den Einsatz der persönlichen Schutzausrüstungen gegen Ertrinken ist eine Betriebsanweisung mit Verpflichtung zur Benutzung zu erstellen ([DGUV Regel 112-201](#), Abschnitt 3.5.3). Da es sich hierbei um eine persönliche Schutzausrüstung handelt, die gegen tödliche Gefahren schützen soll, ist nach § 31 [DGUV Vorschrift 1](#) der Inhalt der Betriebsanweisung den Beschäftigten im Rahmen von Unterweisungen mit Übungen zu vermitteln ([DGUV Regel 112-201](#), Abschnitt 3.5.5). Unterweisungen mit Übungen sind vor der ersten Benutzung und anschließend nach Bedarf, mindestens jedoch einmal jährlich durchzuführen. Ziel dieser Übungen ist neben einer sicheren Benutzung der persönlichen Schutzausrüstungen im Rahmen der jeweiligen Arbeitsaufgaben auch das richtige Verhalten in kritischen Situationen.

### **Prüfung und Instandhaltung**

Die Beschäftigten haben die persönlichen Schutzausrüstungen gegen Ertrinken vor jeder Benutzung durch eine Sichtprüfung auf Einsatzbereitschaft und auf äußerlich erkennbare Mängel zu prüfen ([DGUV Vorschrift 1](#)).

Die Beschäftigten haben die persönlichen Schutzausrüstungen gegen Ertrinken vor jeder Benutzung durch eine Sichtprüfung auf Einsatzbereitschaft und auf äußerlich erkennbare Mängel zu prüfen ([DGUV Vorschrift 1](#)). Der Arbeitgeber hat dafür zu sorgen, dass persönliche Schutzausrüstungen gegen Ertrinken entsprechend den Einsatzbedingungen und den betrieblichen Verhältnissen nach Bedarf, mindestens jedoch einmal jährlich, auf ihren einwandfreien Zustand durch eine sachkundige Person geprüft werden ([DGUV Regel 112-201](#), vgl. auch Checkliste für PSA gegen Ertrinken [2])

PSA gegen Ertrinken sind regelmäßig zu warten (in der Regel in Wartungsintervallen von zwei Jahren) ([DGUV Regel 112-201](#), Abschnitt 3.5.6)

### 7.3.5 Vorschriften, Regelwerk, Literatur - Ersticken

#### Gesetze, Verordnungen

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
- Chemikaliengesetz (ChemG)
- Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)
- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)
- Jugendarbeitsschutzgesetz (JArbSchG)
- Mutterschutzgesetz (MuSchG)

#### Technische Regeln zu den Arbeitsschutzverordnungen

- TRGS 401: Gefährdung durch Hautkontakt - Ermittlung, Beurteilung, Maßnahmen
- TRGS 900: Arbeitsplatzgrenzwerte
- ASR A3.6: Lüftung

#### DGUV Regelwerk

- DGUV Vorschrift 1: Grundsätze der Prävention
- DGUV Vorschrift 21: Abwassertechnische Anlagen (mit Durchführungsanweisungen)
- DGUV Vorschrift 79: Verwendung von Flüssiggas (mit Durchführungsanweisungen)
- DGUV Regel 101-604: Branche Tiefbau
- DGUV Information 201-052: Rohrleitungsbauarbeiten
- DGUV Information 205-006: Arbeiten in sauerstoffreduzierter Atmosphäre
- DGUV Information 205-010 Sicherheit im Feuerwehrdienst
- DGUV Regel 113-004: Behälter Silos und enge Räume; Teil 1: Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen
- DGUV Grundsatz 313-002: Auswahl, Ausbildung und Beauftragung von Fachkundigen zum Freimessen nach DGUV Regel 113-004
- DGUV Regel 109-002: Arbeitsplatzlüftung - Lufttechnische Maßnahmen
- DGUV Regel 109-603: Branche Schiffbau
- DGUV Regel 103-003: Arbeiten in umschlossenen Räumen von abwassertechnischen Anlagen
- DGUV Regel 112-190: Benutzung von Atemschutzgeräten
- DGUV Regel 112-199: Benutzung von persönlichen Absturzschutzausrüstungen zum Retten
- DGUV Information 213-001: Arbeiten in engen Räumen (Diese Schrift ist nicht mehr aktuell und wird im Zuge der Überführung in eine DGUV Information zu gegebener Zeit neu veröffentlicht.)
- FBRCI-005: Zugangsöffnungen für Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen
- DGUV Information 213-055: Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen
- DGUV Regel 110-001: Arbeiten in Gaststätten
- DGUV Regel 110-007: Verwendung von Getränkeschankanlagen

#### Weitere Regeln der Technik

- ASI 6.8o der BGN: Sicherer Betrieb von Getränkeschankanlagen

#### Literatur

- [1] Unfallstatistiken der Berufsgenossenschaften, Unfallkassen sowie der Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau
- [2] European Industrial Gases Association: Kampagne gegen den Erstickungstod. Safety Newsletter, Extraausgabe SAG NL 77/03/D

#### Internetangebote/Links

- DGUV Sachgebiet "Behälter, Silos und enge Räume"
- Formulare für Erlaubnisscheine der BGHM
- GB RCI-Portal: Sicheres Befahren von Behältern, Silos und engen Räumen

## 7.3.6 Vorschriften, Regelwerk, Literatur - Ertrinken

### Gesetze, Verordnungen

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
- Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)
- Baustellenverordnung (BaustellV)
- PSA-Benutzungsverordnung (PSA-BV)

### Technische Regeln

- ASR A 2.1: Raumabmessungen und Bewegungsflächen
- TRBS 2121: Gefährdung von Personen durch Absturz - Allgemeine Anforderungen
- RAB 10: Begriffsbestimmungen - Konkretisierung von Begriffen zur Baustellenverordnung

### DGUV Regelwerk

[www.dguv.de/de/praevention/vorschriften\\_regeln](http://www.dguv.de/de/praevention/vorschriften_regeln)

- DGUV Vorschrift 1: Grundsätze der Prävention
- DGUV Vorschrift 21: Abwassertechnische Anlagen (mit [Durchführungsanweisungen](#))
- DGUV Vorschrift 40: Taucharbeiten
- DGUV Vorschrift 49: Feuerwehren und [DGUV Regel 105-049](#) Feuerwehren
- DGUV Vorschrift 60: Wasserfahrzeuge mit Betriebserlaubnis auf Binnengewässern (mit [Durchführungsanweisungen](#))
- DGUV Regel 100-001: Grundsätze der Prävention
- DGUV Regel 103-003: Arbeiten in umschlossenen Räumen von abwassertechnischen Anlagen
- DGUV Regel 103-009: Wärmekraftwerke und Heizwerke
- DGUV Regel 109-603: Branche Schiffbau
- DGUV Regel 112-198: Benutzung von persönlichen Schutzausrüstungen gegen Absturz
- DGUV Regel 112-201: Benutzung von persönlichen Schutzausrüstungen gegen Ertrinken
- DGUV Regel 105-002: Tauchen mit Leichttauchgeräten in Hilfeleistungsunternehmen
- DGUV Information 201-052: Rohrleitungsbauarbeiten
- DGUV Information 203-007: Windenergieanlagen
- DGUV Information 212-515: Persönliche Schutzausrüstungen
- DGUV Information 208-007: Roste - Auswahl und Betrieb
- DGUV Information 201-022: Sicherheitshinweise für die Arbeit mit Geräten zur provisorischen Rohrabspernung
- DGUV Information 205-010: Sicherheit im Feuerwehrdienst (wird derzeit überarbeitet)
- DGUV Information 205-032: Rettungswesten und Atemschutz bei Einsätzen auf Binnenschiffen
- DIN EN ISO 12402 Teile 1-10: Persönliche Auftriebsmittel

### Weitere Regeln der Technik

Normen kostenpflichtig zu beziehen bei: [www.beuth.de](http://www.beuth.de)

### Geltendes EU Recht

- [Richtlinie 92/57/EWG](#) des Rates über die auf zeitlich begrenzte oder ortsveränderliche Baustellen anzuwendenden Mindestvorschriften für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz
- [EU-Verordnung 2016/425](#) über persönliche Schutzausrüstungen (gilt für Hersteller von PSA)

### Literatur

- [1] U. DECHMANN, B. HOLTSMANN, J. LIESENFELD, B. ZIGIC : Sicherheits- und Gesundheitsschutzkonzepte für Polizeiboote. BAuA Dortmund (Projektnummer: F 2094)

### Internetangebote/Links

- [2] [Checkliste](#) für PSA gegen Ertrinken. In: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV)

### 7.3.7 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

#### Ersticken

##### Prüffragen

- Kann es in engen Räumen durch ... zum Verbrauch von Sauerstoff kommen? (z. B. durch Feuer, chemische Reaktionen)
- Kann Sauerstoff durch biologische Reaktionen, z. B. Gärung oder Verrottungsvorgänge, verbraucht werden?
- Kann in engen Räumen Sauerstoff durch andere Gase verdrängt werden?
- Werden tiefkaltverflüssigte Gase oder tiefkalt-verfestigtes Kohlendioxid (Trockeneis) offen verwendet?
- Können Undichtigkeiten an Druckgasflaschen oder Gasflaschen auftreten, z. B. an Getränkeschankanlagen?
- Können Kohlendioxid-Feuerlöschanlagen ausgelöst werden?
- Wird in Arbeitsbereichen die Sauerstoffkonzentration künstlich herabgesetzt?

##### Festgestellte Gefährdungen/Mängel

- Gefährdung durch Sauerstoffmangel
- Gefährdung durch Sauerstoffverbrauch
- Gefährdung durch Sauerstoffverdrängung
- Gefährdung durch Freisetzung von Kohlendioxid

##### Maßnahmen

- Gestaltung der Zugänge für Arbeit und Rettung, der Anschlagpunkte bzw. Anschlagskonstruktionen der PSA, Möglichkeiten des Abtrennens (z. B. der Zu- und Abgangsleitungen) bei der Planung und Errichtung der Anlagen
- Arbeiten in potenziell sauerstoffreduzierten Gefahrenbereichen vermeiden (z. B. Reinigungsarbeiten von außen oder Inspektionen mittels Kamertechnik).
- Gewährleistung einer ausreichenden natürlichen Be- und Entlüftung der Arbeitsbereiche
- Installation einer technischen Lüftung
- Aufstellung eines Alarm- und Rettungsplans
- Erlaubnisschein mit erforderlichen Maßnahmen (Formulare für Erlaubnisscheine bei Arbeiten in engen Räumen und Schweißen: siehe [BGHM](#))
- Bereitstellung geeigneter Rettungs- und Transportmittel
- vollständige Entleerung von Behältern, Silos und engen Räumen und anschließende Lüftung
- kontinuierliche Überwachung durch Sauerstoffmessgerät, wenn nicht sichergestellt werden kann, dass der Sauerstoffgehalt in der Atemluft zu jedem Zeitpunkt mehr als 19 % beträgt.
- Freimessen
- Bereitstellung und Benutzung von Atemschutzgeräten
- Festlegung der Mindestsauerstoffkonzentration
- Beschränkung der Aufenthaltsdauer
- Kennzeichnung der Bereiche mit Warnhinweisen
- Bestimmung eines Aufsichtsführenden
- Einteilung von Sicherungsposten
- Erstellung einer Betriebsanweisung
- Unterweisung der Beschäftigten
- Durchführung von praktischen Übungen zur Rettung

#### Ertrinken

##### Prüffragen

- Besteht bei Arbeiten am oder auf dem Wasser die Möglichkeit, hineinzufallen, abzudriften und zu ertrinken?
- Ist ein Sturz in eine Flüssigkeit möglich, z. B. in Tanks, Behälter, Gruben?
- Ist ein Sturz von Deck eines Wasserfahrzeugs möglich?
- Ist ein Sturz ins Wasser beim Überstieg von Wasserfahrzeugen auf Anlagen oder andere Wasserfahrzeugen oder umgekehrt möglich?
- Ist bei Bau- oder Abbrucharbeiten ein Sturz in ein Gewässer möglich?
- Werden Ausrüstungen getragen, die beim Sturz in Gewässer die Schwimmfähigkeit beeinträchtigen?

- Ist durch Ausrutschen auf glatten Flächen oder Eis ein Sturz in ein Gewässer möglich?
- Besteht die Gefährdung, im Eis einzubrechen?
- Kann Wasser in Baugruben, Bohrungen oder Tunnel eindringen?
- Kann es in Kanalisationsanlagen zu einem schnellen Anstieg des Wasserspiegels kommen?
- Werden Taucherarbeiten durchgeführt?

**Gefährdungen/Mängel**

- Gefährdung des Ertrinkens durch Sturz in Flüssigkeiten
- Gefährdung des Ertrinkens durch Sturz in Gewässer
- Gefährdung des Ertrinkens durch schnellen Anstieg von Wasserspiegeln z. B. in Kanalisationsanlagen, Baugruben, Bohrungen
- Gefährdung des Ertrinkens bei der Wasserrettung
- Gefährdung des Ertrinkens bei Taucherarbeiten

**Maßnahmen**

- Absturzsicherungen z. B. Abdeckungen, Geländer oder Seitenschutz anbringen
- Auffangeinrichtungen z. B. Schutznetze, Schutzwände oder Schutzgerüste aufstellen
- persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz bereitstellen und benutzen
- persönliche Schutzausrüstung gegen Ertrinken bereitstellen und benutzen
- Persönliche Schutzausrüstung gegen Ertrinken (automatisch aufblasbare Rettungsweste) bereitstellen und benutzen
- bei Arbeiten am oder auf dem Wasser, bei denen die Gefahr des Hineinfallens, Abdriftens und Ertrinkens gegeben ist, entsprechende Rettungsmittel verwenden
- regelmäßige Prüfung von persönlicher Schutzausrüstung gegen Ertrinken durch sachkundige Personen
- Sicherheits- und Gesundheitsschutzplan bei Bauarbeiten erstellen
- Sperrung von Zuflüssen, Pumpen
- Beachtung der Wetterlage
- Einstellung der Arbeiten bei Hochwasser, starker Wasserführung, starker Strömung
- Betriebsanweisung erstellen
- Unterweisungen mit Übungen durchführen
- regelmäßige Prüfung, Wartung und Instandhaltung sicherstellen

### **7.3.8 Autoren und Ansprechpartner**

#### **Autor:**

- Dipl.-Ing. Christof Barth  
Systemkonzept GmbH, Köln

#### **Ansprechpartner:**

- Dipl.-Ing. Marlies Kittelmann  
Fachgruppe 2.4 "Arbeitsstätten, Maschinen- und Betriebssicherheit"

#### **Kontakt**

## 7.4 Unzureichende Gestaltung der Arbeitsstätte

Arbeitsstätten sind Arbeitsräume oder andere Orte in Gebäuden oder im Freien, die sich auf dem Gelände eines Betriebs oder einer Baustelle befinden und zur Nutzung für Arbeitsplätze vorgesehen sind bzw. zu denen die Beschäftigten im Rahmen ihrer Arbeit Zugang haben. Auch gehören verschiedene andere Bereiche zur Arbeitsstätte, die nicht unmittelbar für die Arbeit benötigt werden. Dazu zählen z. B. die Verkehrs- und Fluchtwege, Notausgänge, Lager-, Maschinen- und Nebenräume, aber auch die Sanitär-, Pausen-, Bereitschafts- und Erste-Hilfe-Räume, Kantinen und Unterkünfte. Unabhängig von der eigentlichen Arbeitsaufgabe oder dem Produktionsprozess und den damit verbundenen Gefährdungen (z. B. durch Gefahrstoffe oder die Benutzung von Arbeitsmitteln) können in Arbeitsstätten Gefährdungen für die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten entstehen, wie z. B. Stolpern und Stürze auf Verkehrswegen insbesondere Treppen, Entstehungsbrände, Absturz an Brüstungen oder Bodenöffnungen, Belastung durch Arbeitsumgebungsfaktoren wie unzureichende Raumtemperaturen, Beleuchtung oder Bewegungsflächen am Arbeitsplatz sowie Lärm oder unzureichende ergonomische Gestaltung von Arbeitsplätzen insbesondere an Bildschirmgeräten. Diese beispielhafte Aufzählung zeigt die Spannweite der verschiedenen Arten von Gefährdungen in Arbeitsstätten. Neben dem Schutz vor solchen Gefährdungen gehört die Bereitstellung von z. B. Toiletten- und Waschräumen, Pausenräumen oder Pausenbereichen sowie Erste-Hilfe-Räume und Kantinen zu einer menschengerechten Arbeitsstätte. Für ein sicheres und gesundheitsgerechtes Einrichten und Betreiben von Arbeitsstätten werden in der Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) zur Vermeidung bzw. Minimierung der Gefährdungen entsprechende Schutzziele formuliert. Diese werden mit den Technischen Regeln für Arbeitsstätten (ASR) konkretisiert. Der Arbeitgeber hat aber auch die Möglichkeit, mit eigenen den betriebstechnischen Bedingungen angepassten Lösungen den Gefährdungen zu begegnen. Eine vertiefende Darstellung der Rechtslage und des Regelwerkes mit praktischen Beispielen enthält z. B. BUX 2019. Der Wandel der Arbeit, mit z. B. "modernen" Formen der Gestaltung von Arbeitsstätten wie Open-Space-Büros, führt aber auch zu neuen Auswirkungen, insbesondere auf die psychische Gesundheit (KRATZER, LÜTKET 2017). Hier besteht die Herausforderung, die dabei oft noch ungeklärten möglichen Gefährdungen mit zu erfassen. Gefährdungen können auch daraus erwachsen, dass die schutzzielorientierten Lösungen der ArbStättV/ASR beim Errichten des Gebäudes nicht berücksichtigt werden, wie z. B. zu niedrige Brüstungen, entgegen der Fluchtrichtung öffnende Türen oder sommerlicher Überwärmung infolge unzureichenden Sonnenschutzes. Oft resultiert dies aus einer ungenügenden Einbindung des Arbeitsschutzes im Bauplanungsverfahren (KOTHE 2018). Für eine optimale Gestaltung der Maßnahmen zum schnellen und sicheren Verlassen der Arbeitsstätte im Gefahrenfall (z. B. Brand) werden zunehmend moderne computergestützte Methoden zur Simulation von Personenströmen eingesetzt (KNEIDL, KÖNNECKE 2020).

### **7.4.1 Art der Gefährdungen und ihre Wirkungen**

In Arbeitsstätten treten viele verschiedene Arten von Gefährdungen mit unterschiedlichen Wirkungen auf. Tabelle 7.4-1 zeigt eine Übersicht zu den wichtigsten Gefährdungsfaktoren und ihren möglichen Ursachen in Arbeitsstätten. Die Wirkungen können dabei je nach Faktor sehr unterschiedlich sein.

Tab. 7.4-1 Gefährdungen und ihre Ursachen in Arbeitsstätten (nach ASR V3)

Gefährdungsfaktor	Ursache
Mechanische Gefährdungen (siehe auch Kapitel 1.1, 1.2, 1.5 und 1.6)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Sturz- und Stolperstellen (z. B. durch die Beschaffenheit des Fußbodens)</li> <li>– Absturzstellen (z. B. an höher gelegenen Arbeitsplätzen und Verkehrswegen)</li> <li>– Quetsch- und Scherstellen (z. B. an kraftbetriebenen Fenstern, Türen und Toren)</li> <li>– herabfallende Gegenstände (z. B. aufgrund der Anordnung von Lagerflächen)</li> <li>– gefährliche Oberflächen (z. B. Ecken, Kanten)</li> </ul>
Elektrische Gefährdungen (siehe auch Kapitel 2.1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– elektrischer Schlag oder Störlichtbögen bei Annäherung an oder bei direkter Berührung von Spannung führenden Teilen elektrischer Anlagen (z. B. Freileitungen, Fahrdrähte, Sammelschienen)</li> </ul>
Gefahrstoff (siehe auch Kapitel 3.1 und 7.3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Innenraumluftverunreinigungen durch schadstoffbelastete Baumaterialien, raumluftechnische Anlagen oder Einrichtungsgegenstände, z. B. Formaldehyd, Holzschutzmittel, Flammschutzmittel, Weichmacher, organische Lösemittel (VOC), Passivrauchen am Arbeitsplatz</li> <li>– Verdrängung der Atemluft, z. B. in Bereichen mit sauerstoffreduzierter Atmosphäre, beim Einsatz von Sauerstoff verdrängenden Gasen als Löschmittel</li> </ul>
Biologische Arbeitsstoffe (Biostoffe) (siehe auch Kapitel 4.1)	<p>Biologische Gefährdungen im Sinne der ArbStättV durch Verunreinigungen und Ablagerungen können z. B. sein:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Schimmelpilzwachstum in Räumen,</li> <li>– Verkeimung in raumluftechnischen Anlagen oder Klimaanlageanlagen,</li> <li>– Hygieneaspekte in Arbeits- oder Sanitärräumen,</li> <li>– Legionellen-Vermehrung in Trinkwasseranlagen (Aerosolbildung).</li> </ul>
Brand- und Explosionsgefährdungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>– leicht entflammbare Materialien (z. B. Verpackungen, Dekorationsmaterialien, Vorhänge) in Verbindung mit einer wirksamen Zündquelle (z. B. offene Flammen, heiße Oberflächen, Funkenschlag)</li> <li>– Ansammlung brennbarer Rückstände (z. B. Fette, Stäube) in lüftungstechnischen Anlagen</li> <li>– sichtbare Ablagerungen von brennbarem Staub auf Böden und Arbeitsgeräten</li> </ul>
Thermische Gefährdungen (siehe auch Kapitel 5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– berührbare heiße oder kalte Oberflächen (z. B. von heißen/kalten Rohrleitungen, Heizeinrichtungen an Arbeitsplätzen oder direkt an Verkehrswegen und Durchgängen)</li> <li>– heiße oder kalte Medien (z. B. Heißdampf, heiße oder kalte Flüssigkeiten), die aus zur Arbeitsstätte gehörenden Anlagen austreten und in Arbeitsbereiche und Verkehrswege gelangen können</li> </ul>

<p>Spezielle physikalische Einwirkungen (siehe auch Kapitel 6.1, 6.2, 6.3)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Lärm und Vibrationen an Arbeitsplätzen bei entsprechenden baulichen Gegebenheiten (z. B. Raumabmessungen, Beschaffenheit von Wänden, Böden, Decken und weiteren Oberflächen, Raumakustik, Übertragung von Körperschall und Vibrationen durch den Baukörper)</li> <li>– natürliche optische Strahlung (Sonnenstrahlung) bei Arbeiten im Freien</li> </ul>
<p>Arbeitsumgebungsbedingungen (siehe auch Kapitel 3.2, 7.1, 7.2 und 7.4)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Hitze (hohe Temperaturen am Arbeitsplatz), z. B. aufgrund direkter Sonneneinstrahlung, hoher Außentemperaturen, technologisch bedingter Wärmequellen</li> <li>– Kälte, z. B. bei Arbeiten in Kühlräumen oder in tiefkalten Arbeitsbereichen, bei Arbeiten im Freien</li> <li>– Klima, z. B. bei häufigem Tätigkeitswechsel oder starken Schwankungen der Raumtemperatur zwischen "warm" und "kalt", durch Zugluft</li> <li>– Luftqualität, z. B. bei hoher Belegung von Arbeitsräumen oder bei Geruchsbelastung</li> <li>– Beleuchtung, z. B. aufgrund geringer Beleuchtungsstärke, starker Reflektion, Blendung, Lichtfarbe, von Übergängen zwischen hellen und dunklen Bereichen, Schlagschatten, geringem Tageslichtanteil</li> <li>– Anordnung und Gestaltung der Arbeitsplätze sowie der Pausen-, Bereitschafts- und Sanitärräume, z. B. deren Zugänglichkeit und Größe, Beeinflussung durch benachbarte Arbeitsplätze und Bereiche</li> </ul>
<p>zusätzliche Gefährdungen bei Gefahr- oder Notfällen (siehe auch Kapitel 7.4)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Anordnung und Beschaffenheit der Feuerlöscheinrichtungen, der Melde- und Alarmierungseinrichtungen, der Erste-Hilfe-Einrichtungen sowie der Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung,</li> <li>– Art und Anzahl der Fluchtmöglichkeiten, Länge, Breite und Verlauf der Fluchtwege; Beleuchtung und Kennzeichnung der Wege</li> </ul>
<p>Physische Belastung/ Arbeitsschwere (siehe auch Kapitel 8)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zwangshaltungen (insbesondere durch Arbeiten im Hocken, im Knien, mit Rumpfbeugen, mit Verdrehen des Kopfs oder über Kopf)</li> <li>– Sitzen oder Stehen ohne die Möglichkeit des Haltungswechsels (z. B. bei Bildschirmarbeit)</li> <li>– manuelle Transporte über Schwellen, Treppen oder Rampen</li> </ul>

<p>Psychische Faktoren (siehe auch Kapitel 9.2 und 9.4)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Lärm, z. B. Maschinenlärm aus benachbarten Arbeitsbereichen, Signale aus benachbarten Bereichen, tonhaltige Geräusche der Lüftung</li> <li>– Klima, z. B. Zugluft, häufige Temperaturschwankungen</li> <li>– Vibrationen, z. B. aus benachbarten Maschinenhallen</li> <li>– schlechte Wahrnehmbarkeit von Signalen oder Anzeigen, z. B. in Leitwarten, Leitstellen</li> <li>– Beleuchtung, z. B. Lichtfarbe, Flimmern</li> <li>– räumliche Gestaltung von Büroarbeitsplätzen, z. B. in Großraumbüros, Callcentern</li> <li>– ungünstige Arbeitsorganisation und Arbeitsablaufgestaltung</li> <li>– nicht den ergonomischen Grundsätzen entsprechende Softwaregestaltung</li> <li>– Raum- oder Gebäudenutzungskonzepte, die den Arbeitsabläufen nicht angemessen sind</li> </ul>
<p>Sonstige Einwirkungen</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Gewaltandrohung oder Gewaltanwendung in Behörden, Kliniken, Kreditinstituten, Spielhallen, Verkaufsstellen, Tankstellen usw.</li> <li>– Tiere, z. B. beißen, treten, quetschen, schlagen, stechen</li> <li>– Pflanzen, z. B. stechen, schneiden, sensibilisieren</li> <li>– erhöhtes Infektionsrisiko, z. B. Grippe (Influenza), SARS-CoV-2 (Corona)</li> </ul>

### 7.4.2 Ermittlung und Beurteilung

Die Ermittlung der in Arbeitsstätten auftretenden Gefährdungen kann auf der Grundlage der Technischen Regel für Arbeitsstätten [ASR V3 "ASR V3"Gefährdungsbeurteilung"Gefährdungsbeurteilung"](#) erfolgen. Abbildung 7.4-1 zeigt schematisch die Prozessschritte der Gefährdungsbeurteilung. Vertiefende Hinweise dazu enthält Teil 1 des Handbuchs.

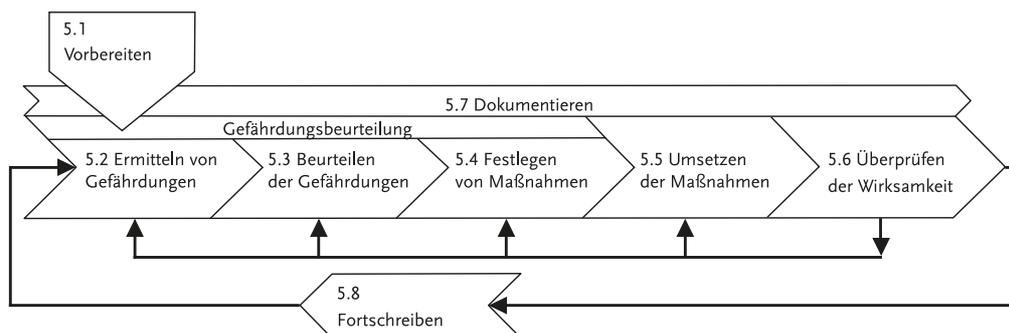


Abbildung 7.4-1 Schematische Darstellung der Prozessschritte der Gefährdungsbeurteilung (ASR V3)

Dafür können an die betrieblichen Verhältnisse angepasste Tools und Checklisten genutzt werden. Beispielhaft soll hier auf die Handlungshilfen zur Gefährdungsbeurteilung im Bereich der Bundesverwaltungen verwiesen werden.

### 7.4.3 Arbeitsschutzmaßnahmen und Wirksamkeitskontrolle

Die Arbeitsstätte soll gemäß den Anforderungen der Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) und den zugehörigen Technischen Regeln für Arbeitsstätten (ASR) eingerichtet und betrieben werden. Die Auswahl von Arbeitsschutzmaßnahmen und Wirksamkeitskontrolle der zur Vermeidung von Gefährdungen vorgenommenen Maßnahmen kann auf der Basis der Hierarchie nach Abbildung 7.4-2 erfolgen. In dieser Hierarchie spiegelt sich das TOP-Prinzip der Arbeitsschutzmaßnahmen wider – die Maßnahmen sind in der Reihenfolge technische, organisatorische und personenbezogene Maßnahmen auszuführen. Die Ursache der Gefährdung zu beseitigen, wirkt zwar am nachhaltigsten, lässt sich jedoch oft in der Arbeitswelt nicht umsetzen. Aber auch eine ausreichende Qualifikation und Schulung mit regelmäßigen Unterweisungen der Beschäftigten wirken letztlich als Schutzmaßnahme, da die Beschäftigten über mögliche Gefährdungen informiert sind und bewusster bzw. geschult (z. B. Handhabung von Absturzsicherungen) damit umgehen.

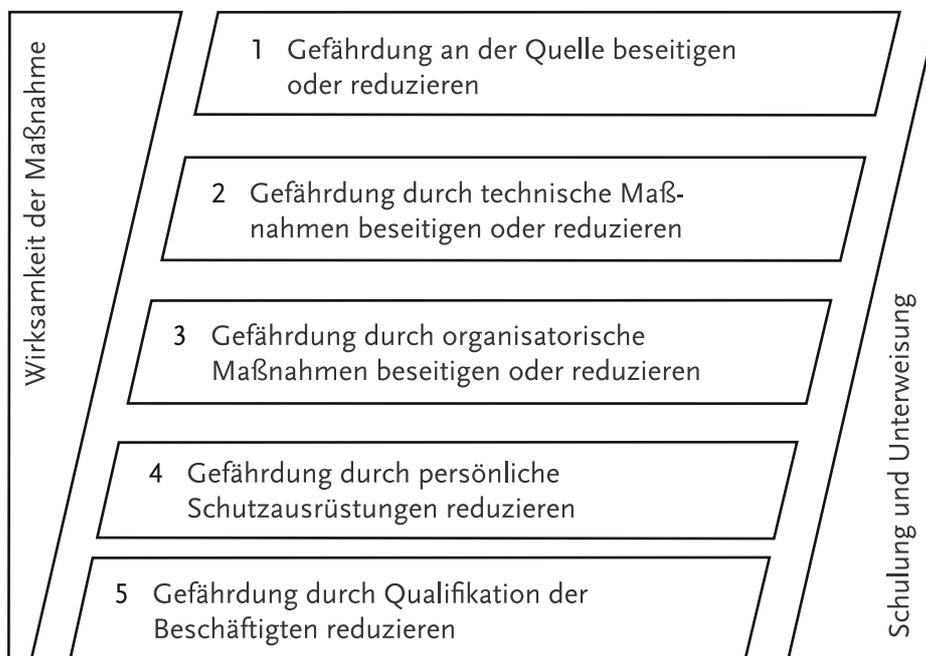


Abbildung 7.4-2 Maßnahmenhierarchie bei der Gefährdungsbeurteilung (ASR V3)

## 7.4.4 Vorschriften, Regelwerke, Literatur

### Gesetze, Verordnungen

[www.gesetze-im-internet.de](http://www.gesetze-im-internet.de); <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
- Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)
- Bauordnungsrecht der Länder

### Technische Regelwerke zu den Arbeitsschutzverordnungen

[www.baua.de](http://www.baua.de)

- ASR V3: "Gefährdungsbeurteilung"
- ASR V3a.2: "Barrierefreie Gestaltung von Arbeitsstätten"
- ASR A1.2: "Raumabmessungen und Bewegungsflächen"
- ASR A1.3: "Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung"
- ASR A1.5/1,2: "Fußböden"
- ASR A1.6: "Fenster, Oberlichter, lichtdurchlässige Wände"
- ASR A1.7: "Türen und Tore"
- ASR A1.8: "Verkehrswege"
- ASR A2.1: "Schutz vor Absturz und herabfallenden Gegenständen, Betreten von Gefahrenbereichen"
- ASR A2.2: "Maßnahmen gegen Brände"
- ASR A2.3: "Fluchtwege und Notausgänge"
- ASR A3.4: "Beleuchtung und Sichtverbindung"
- ASR A3.5: "Raumtemperatur"
- ASR A3.6: "Lüftung"
- ASR A3.7: "Lärm"
- ASR A4.1: "Sanitärräume"
- ASR A4.2: "Pausen- und Bereitschaftsraume"
- ASR A4.3: "Erste-Hilfe-Räume, Mittel und Einrichtungen zur Ersten Hilfe"
- ASR A4.4: "Unterkünfte"
- ASR A5.2: "Anforderungen an Arbeitsplätze und Verkehrswege auf Baustellen im Grenzbereich zum Straßenverkehr - Straßenbaustellen"

### Geltendes EU-Recht

- [Richtlinie 89/654/EWG](#) des Rates vom 30. November 1989 über Mindestvorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz in Arbeitsstätten (Erste Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG)
- [Richtlinie 92/58/EWG](#) des Rates vom 24. Juni 1992 über Mindestvorschriften für die Sicherheits- und/oder Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz (Neunte Einzelrichtlinie im Sinne von Artikel 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/ EWG)
- [Richtlinie 90/270/EWG](#) des Rates vom 29. Mai 1990 über die Mindestvorschriften bezüglich der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes bei der Arbeit an Bildschirmgeräten (Fünfte Einzelrichtlinie im Sinne von Artikel 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG)
- [Richtlinie 92/57/EWG](#) des Rates vom 24. Juni 1992 über die auf zeitlich begrenzte oder ortsveränderliche Baustellen anzuwendenden Mindestvorschriften für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz (Achte Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG)

### Literatur

- [1] [Arbeitsstätten. Arbeitsstättenverordnung, Technische Regeln für Arbeitsstätten](#), Stand: Juli 2022, 6. Auflage. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2022. ISBN: 978-3-88261-745-0, 500 Seiten
- [2] KNEIDL, A.; KÖNNECKE, R.: Fachgutachten zu Fluchtwegen in Arbeitsstätten - Einfluss von Wegbreite, Treppen, Türen und Einengungen auf die Entfluchtung. 1. Auflage. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2020. 102 Seiten, PDF-Datei, DOI: [10.21934/baua:bericht20200116](https://doi.org/10.21934/baua:bericht20200116)
- [3] KOHTE, W.: Rechtsgutachten zum Zusammenwirken von Arbeitsstättenrecht und Bauordnungsrecht. 1. Auflage. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2018. 150 Seiten , PDF-Datei, DOI:
- [4] BUX, K.: [Arbeitsstättenverordnung - in: Übersicht über das Arbeitsrecht/Arbeitsschutzrecht - Ausgabe](#)

2019/2020, Bundesministerium für Arbeit und Soziales (Hrsg.), BW Bildung und Wissen Verlag und Software GmbH, ISBN: 978 3 8214 7292 8, 13. überarbeitete Auflage

- [5] Funktionelle, sichere und nutzerfreundliche Treppen. 3. Auflage. Dortmund: 2013, ISBN: 978-3-88261-709-2, 40 Seiten
- [6] Arbeitsschutz - Relevanz bei der Planung von Arbeitsstätten (PDF, 251 KB). Praxishinweis 47 Architektenkammer Nordrhein-Westfalen, 2019
- [7] KRATZER, N.; LÜTKE, S. (2017). Open-Space-Büros und psychische Gesundheit - Eine Trendanalyse. L-Arb. Wiss, 71, 9

### 7.4.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

#### Prüffragen

- Ist die Arbeitsstätte gemäß den Anforderungen der Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) und den zugehörigen Technischen Regeln für Arbeitsstätten (ASR) eingerichtet?
- Wird die Arbeitsstätte gemäß den Anforderungen der Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) und den zugehörigen Technischen Regeln für Arbeitsstätten (ASR) betrieben?

#### Festgestellte Gefährdungen/Mängel

- Die Arbeitsstätte entspricht nicht den Anforderungen der Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) und der zugehörigen Technischen Regeln für Arbeitsstätten (ASR).

#### Maßnahmen

- Die Arbeitsstätte gemäß den Anforderungen der Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) und der zugehörigen Technischen Regeln für Arbeitsstätten (ASR) einrichten und betreiben.
- Sofern sich die Arbeitsstätte nicht gemäß den Anforderungen der Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) und den zugehörigen Technischen Regeln für Arbeitsstätten (ASR) einrichten und betreiben lässt (z. B. aufgrund spezifischer betriebstechnischer oder ergonomischer Anforderungen sind von den Regelungen der ArbStättV/ASR abweichende Gestaltungen notwendig oder können nur mit unverhältnismäßigem Aufwand umgesetzt werden), so muss durch andere Maßnahmen die gleiche Sicherheit und der gleiche Schutz der Gesundheit der Beschäftigten erreicht werden.

### **7.4.6 Autoren und Ansprechpartner**

– Dr.-Ing. Kersten Bux

Fachgruppe 2.4 "Arbeitsstätten, Maschinen- und Betriebssicherheit"

[Kontakt](#)

## 7.5 Benutzungsschnittstelle

Die Mensch-Maschine/Rechner-Schnittstelle bzw. Benutzungsschnittstelle beschreibt Komponenten, die zwischen Menschen und technischen Systemen (Maschinen, Bildschirmgeräten) eingerichtet sind. Diese Komponenten lassen den Menschen auf technische Systeme einwirken und geben ihm über die Folgen der Einwirkung Rückmeldung.

Bedingt durch die Digitalisierung als einen wesentlichen Trend des kontinuierlichen Wandels in der Arbeitswelt werden immer mehr Arbeiten zur Systemsteuerung über Bildschirmgeräte durchgeführt bzw. durch rechnerbasierte Assistenzsysteme mit Bildschirmanzeigen unterstützt. Diese Arbeiten beinhalten insbesondere die Datenerfassung und -bearbeitung, die Anlagen- und Maschinensteuerung sowie das Lesen von Arbeitsanweisungen zur Durchführung der Arbeiten, die zuvor über Formulare auf Papierbasis oder über Schalthebel sowie Mess- und Regelanzeigen erfolgte (OEHME et al. 2019). Bildschirmgeräte sind nach Arbeitsstättenverordnung "Funktionseinheiten, zu denen insbesondere Bildschirme zur Darstellung von visuellen Informationen, Einrichtungen zur Datenein- und -ausgabe, sonstige Steuerungs- und Kommunikationseinheiten (Rechner) sowie Software zur Steuerung und Umsetzung der Arbeitsaufgabe gehören."

In einer BiBB/BAuA-Umfrage gaben bereits im Jahr 2012 rund 40 % der Befragten an, Bildschirmgeräte außerhalb von Büros häufig für die Arbeit zu verwenden. Nach einer 2019 durchgeführten [Umfrage zur Digitalisierung und Wandel der Beschäftigung](#) (DiWaBe) gaben von 6260 abhängig Beschäftigten zwischen 19-65 Jahren 5612 Personen an, bei der Arbeit Bildschirmgeräte wie Desktoprechner, Notebook, Tablet oder Smartphone zu verwenden. Von diesen Beschäftigten arbeiteten 2772 Personen (49%) außerdem mit Werkzeugen, Geräten, Maschinen und Anlagen (wie bspw. Bohrmaschinen, Messgeräte oder Produktionsanlagen).

Als weiteren Trend kann die Zentralisierung der Steuerung in Leitwarten beobachtet werden, d. h. der zunehmende Ersatz lokaler Steuerstände durch zentrale Einrichtungen, die häufig mehrere Systeme gleichzeitig überwachen und steuern. In einer telefonischen Umfrage von Leitwartenbetreibern nannten über die Hälfte der Befragten als Grund für die Einführung neuer Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) häufig die Zusammenführung mehrerer Steuereinheiten in eine zentrale Leitwarte verbunden mit Modernisierungen und Umorganisationen (LAFRENZ & JESCHKE 2017).

Neben den klassischen Bildschirmgeräten bestehend aus Monitor, Rechner, Maus und Tastatur oder Schalt- und Steuerpulte zur ortsfesten Verwendung werden auch mobile Endgeräte wie Notebooks, Tablets, Smartphones, Smartwatches und Datenbrillen eingesetzt.

Zusätzlich zu den neuen smarten Bildschirmgeräten und unterschiedlichen Anzeigen (Monitoren) werden neue Eingabegeräte zur Sprach-, Gesten- und Blicksteuerung sowie Steuerungen über Touchscreens angeboten. Diese neuen Geräte können - je nach Grad einer aufgabengerechten Auswahl und Gestaltung - den Anwender weiter unterstützen, aber auch zu neuen Gefährdungen durch Fehlbeanspruchungen führen.

Neben der aufgabengerechten Auswahl und Gestaltung von Geräten (Hardware) gilt es ebenfalls, die Interaktion zwischen Gerät und Benutzer zu optimieren. Dazu gehört insbesondere eine Funktionsaufteilung zur Aufgabenerledigung zwischen Benutzer und Gerät sowie eine Software, die eine ergonomische Informationsdarstellung unterstützt (OEHME et al. 2019).

Weiterhin sind die noch bestehenden mechanischen Stellteile wie z. B. Schalthebel sowie Mess- und Regelanzeigen und ggf. deren Interaktion mit der neuen Technologie ergonomisch zu gestalten. Entsprechend gelten die nachfolgenden Anforderungen für Schaltelemente und Informationsanzeigen sowohl für Schaltflächen und Informationseinheiten auf der Bildschirmanzeige als auch für mechanische Stellteile und Anzeigen an Maschinen.

### 7.5.1 Art der Gefährdungen und ihre Wirkungen

Die Interaktionen zwischen den Beschäftigten und dem technischen System wird maßgeblich bestimmt durch die Gestaltung von Hard- und Software.

Darüber hinaus sind weitere Faktoren, z. B. Umgebungsbedingungen, Arbeitsorganisation, persönliche Schutzausrüstungen (z. B. hinsichtlich der Betätigung von Schaltelementen) und die jeweils gegebenen individuellen Kompetenzen, zu berücksichtigen.

#### Gefährdungen durch physische Belastung

Die Gestaltung und Anordnung der Ein- und Ausgabegeräte sowie der mechanischen Stellteile können zu einer körperlichen Zwangshaltung bei der Nutzung von Bildschirmgeräten und sonstigen technischen Systemen führen. Bei der Maschinen- und Anlagensteuerung über mechanischen Stellteilen können körperliche Belastungen durch erhöhte Kraftbetätigung auftreten. Bei handgehaltenen Bildschirmgeräten kommen zusätzliche Belastungen des Oberkörpers und seiner Gelenke durch die Haltearbeit und gleichzeitige Eingabe bzw. Informationserfassung hinzu (TEGTMEIER 2016). Die komprimierte Informationserfassung über Bildschirme stellt erhöhte Sehanforderungen an den Benutzer und kann somit zu einer stärkeren Belastung der Augen führen - insbesondere bei nicht optimalen Beleuchtungsbedingungen mit Blendungen und Reflexionen (OEHME et al. 2019).

Das Aufstellen mehrerer leistungsstarker Bildschirmgeräte kann eine erhöhte Wärme- und Lärmbelastung bedingen. Zusätzlich können Eingaben über Sprachsteuerungen sowie akustische Signale und Sprachausgaben den Lärmpegel erhöhen (BOCKELMANN et al. 2012).

#### Gefährdungen durch psychische Belastung

Ein zunehmender Automatisierungsgrad des Systems kann zur Unterforderung der Beschäftigten führen (JESCHKE 2017). Starre Vorgaben des Systems ohne Handlungsspielraum und geringe Transparenz können Monotonie-Empfindungen und bei Reizüberflutung Sättigungen bedingen (ROBELSKI 2016).

Umfangreiche, schlecht aufbereitete Informations- und Datenmengen sowie viele Signale mit mangelnder Benutzerführung begünstigen Reizüberflutungen und sonstige Überlastungen (STANTON et al. 2010, DGUV Information 215-450). Die damit einhergehenden Daueraufmerksamkeitsanforderungen können insbesondere Ermüdung und eine herabgesetzte Wachsamkeit bewirken (BOYER et al. 2015).

#### Gefährdungen durch Handlungsfehler

Wenn Informationen objektiv fehlen, übersehen bzw. überhört, verwechselt oder falsch wahrgenommen werden, kann dies sicherheitskritische Situationen hervorrufen. Kontrollelemente, die verwechselt, falsch oder unbeabsichtigt betätigt werden, können zusätzlich weitere Handlungsfehler begünstigen (LAFRENZ 2018). Schlechte Sichtbedingungen z. B. zu Anzeigen oder zu überwachten Objekten durch Verdeckungen sowie z. B. bei Interaktionen in Anlagen vor Ort auch Nebel etc. können ebenfalls die Sicherheit der Systemsteuerung beeinträchtigen. Die Psychische Belastung trägt zusätzlich zu Handlungsfehlern bei (ROBELSKI 2016, STANTON et al. 2010, JESCHKE 2017).

## 7.5.2 Ermittlung und Beurteilung

Benutzungsschnittstellen sind an die Arbeitsaufgabe, den Beschäftigten selbst und die Arbeitsumgebung anzupassen. Entsprechend sind die Arbeitsmittel aufgabengerecht auszuwählen und ergonomisch anzuordnen.

### Generelle System- und Aufgabengestaltung sowie Funktionsteilung

Die Benutzerführung über Bildschirme oder sonstige Bedienoberflächen soll den Arbeitsablauf des Beschäftigten unterstützen und den Verantwortlichkeiten zur Aufgabenerledigung gerecht werden (ROBELSKI 2016, TRBS 1151, HOLLNAGEL 2006, STANTON et al. 2010). Dazu

- ist die Arbeitsaufgabe eindeutig zu definieren;
- sind die Leistungsanforderungen an das System festzulegen;
- müssen die Leistungsgrenzen der Beschäftigten berücksichtigt werden (weder Unter- noch Überforderung);
- sind Übervertrauen in das technische System und dem Kompetenzverlust der Beschäftigten entgegenzuwirken, über deren Einbeziehung in die (teil-)automatisierte Steuerung und Training;
- müssen die Flexibilität des Arbeitsablaufes, des Arbeitstempos und Arbeitsrhythmus gegeben und bestimmbar durch den Beschäftigten sein;
- sollte Mischarbeit durch Aufgaben- und Tätigkeitswechsel bzw. Tätigkeitspielräume vorhanden sein;
- sind repetitive Bewegungen weitgehend zu vermeiden.

### Anordnung der Arbeitsmittel

Bildschirme, Eingabemittel und Kontrollelemente sowie häufig zu betätigende mechanische Stellteile sind so anzuordnen, dass eine Interaktion ohne übermäßige Abweichung mit geringen Gelenkwinkeln insbesondere im Hand-Arm-Bereich möglich ist. Nach der Rapid Upper Limb Assessment (RULA) (MCATAMNEY & CORLETT, 1993) entspricht die körperneutrale Haltung der Position, die ein gesunder Mensch im aufrechten Stand mit hängenden Armen, nach vorn gehaltenen Daumen und parallel ausgerichteten Füßen sowie gerade nach vorne gerichtetem Blick einnehmen kann.

Des Weiteren muss hinreichend Bewegungsfreiraum gegeben sein, der eine wechselnde Körperhaltung ermöglicht (BOCKELMANN et al. 2012, TRBS 1151). Eingabemittel und Stellteile müssen der Anzeige und dem zu steuernden System eindeutig zugeordnet werden können. Wichtige Stellteile müssen schnell und einfach zu betätigen sein. Kriterien hierfür sind (siehe auch DGUV Information 215-410):

- Flexionen der Gelenke insbesondere der oberen Gliedmaße: Hand, Arm, Hals und Oberkörper (Bewertung z. B. nach RULA),
- Greifräume: wichtige Stellteile und Eingabemittel im zentralen Greifraum,
- unverstellte Flächen am Arbeitsplatz,
- hinreichende, unverstellte Sicht auf Bildschirme und ggf. auf das Überwachungsobjekt bzw. das zu steuernde System (ggf. über Kamerasysteme),
- häufig verwendete Bildschirme und sonstige Anzeigen im zentralen Sichtfeld des Beschäftigten,
- hinreichender Sehabstand zu Bildschirmen (für die meisten Anwendungen 50-70 cm) und sonstigen Anzeigen,
- Anordnung der Eingabemittel abgestimmt mit den Anzeigeelementen (Bedienung und gleichzeitige Beobachtung in ergonomisch günstiger Körperhaltung).

Verdeckungen von Bildschirmen, Anzeigen und Signalen sind zu vermeiden. Handgehaltene Bedienelemente sollten zur Entlastung des Hand-Arm-Bereiches maximal 1 kg wiegen. Für schwerere Geräte sind Haltevorrichtungen zur Entlastung wie Tragegurte, Ablageflächen, Halterungen etc. vorzusehen. Weitere Empfehlungen zur Optimierung der körperlichen Belastung befinden sich in [Kapitel 8](#) "Physische Belastungen".

### Beleuchtung am Arbeitsplatz

Sowohl die natürliche als auch die künstliche Beleuchtung am Arbeitsplatz darf nicht zur Direktblendung, Reflexblendung und Spiegelungen führen. Die Beleuchtungsstärke muss der Arbeitsaufgabe entsprechen (siehe [ASR A3.4](#)). Ein angemessener Kontrast zwischen Bildschirm und Arbeitsumgebung sollte gegeben sein. Kriterien dafür sind:

- Blickrichtung zum Bildschirm parallel zur Fensterfront,
- künstliche Beleuchtung mit Licht von oben schräg seitlich auf den Arbeitsplatz,
- matte Oberflächen und
- gleichmäßige Leuchtdichteverteilung im Raum.

Weitere Empfehlungen zur Optimierung der Beleuchtung am Arbeitsplatz befinden sich im Kapitel "Beleuchtung,

Licht".

### Lärm

Beim Einsatz von Sprachsteuerungen ist zu beachten, dass der maximale Beurteilungspegel für Lärm nach [ASR A3.7](#) nicht überschritten wird. Dieser Pegel liegt beispielsweise bei einer Tätigkeitskategorie I mit andauernd hoher Konzentration oder hoher Sprachverständlichkeit bei 55 dB(A). Davon unabhängig sind akustische Signale auf ein Minimum zu begrenzen oder besser noch weitgehend zu vermeiden.

Weitere Hinweise zu Anforderungen und Maßnahmen zur Lärminderung befinden sich im Kapitel 6.1.

### Interaktionsgestaltung

Um eine belastungsoptimierte Interaktion zu gewährleisten und Handlungsfehler zu vermeiden, sind folgende Interaktionsprinzipien bei der Auswahl und Gestaltung des Bildschirmgerätes und des Steuerungssystems bzw. von Stellteilen zu berücksichtigen (siehe Tabelle 7.5-1 nach DIN EN ISO 9241-110 und Maschinengestaltung nach der Normenreihe DIN EN 894):

**Tab. 7.5-1** Prinzipien zur Interaktionsgestaltung (nach DIN EN ISO 9241-110, DIN EN 894)

Prinzipien	Erläuterung
Aufgabenangemessenheit	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Angemessenheit für die Arbeitsaufgabe erkennbar</li> <li>– Aufwandsoptimierung bei der Aufgabenerfüllung</li> <li>– Standardauswahlmöglichkeiten als Aufgabenunterstützung</li> </ul>
Selbstbeschreibungsfähigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Vorhandensein und Offensichtlichkeit von Informationen</li> <li>– eindeutige Anzeige des Bearbeitungsstandes (und Betriebszustandes)</li> </ul>
Erwartungskonformität	<ul style="list-style-type: none"> <li>– angemessene/s Systemverhalten/-reaktion konsistent mit dem Aufgabenverständnis des Benutzers</li> <li>– interne und externe Konsistenz (innerhalb des Systems, zu den Konventionen der Benutzergruppe und ggf. über die Arbeitsaufgabe hinweg)</li> </ul>
Lernförderlichkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Entdecken von systemeigenen Fähigkeiten</li> <li>– Erforschen ohne negative Folgen</li> <li>– Retentionen: Rückmeldungen, Hintergrundinformationen</li> </ul>
Steuerbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Unterbrechung durch den Benutzer</li> <li>– Flexibilität: Reihenfolge der Arbeitsschritte, Geschwindigkeit, unterschiedliche Mittel der Eingabe etc.</li> <li>– Individualisierung: dauerhaftes Ändern und Zurücksetzen von Standardwerten und Auswahlmöglichkeiten</li> </ul>
Robustheit gegenüber Benutzungsfehlern	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Fehlermeidung: Auswahlmöglichkeit verfügbarer Daten, nur gültige Eingaben zulassen, unbeabsichtigte Eingabe verhindern etc.</li> <li>– Fehlertoleranz: (zeitliches) Verschieben von Eingabebefehlern, Information vor Autokorrektur etc.</li> <li>– Fehlerbehebung: Fehlermeldung, Korrekturhilfen etc.</li> </ul>
Benutzerbindung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Motivation</li> <li>– Vertrauenswürdigkeit</li> <li>– Einbeziehung des Benutzers in das System</li> </ul>

## Informationsdarstellung

Informationen und Daten sind zur Vermeidung einer mentalen Überforderung bei der Informationsaufnahme und -verarbeitung zu priorisieren, zu strukturieren und ggf. nach Bedarf zu filtern bzw. auf ein notwendiges Maß zu begrenzen. Für eine optimale visuelle und ggf. auch akustische oder haptische Aufnahme sind nach DIN EN ISO 9241-112 und DGUV Information 215-450 folgende Grundsätze zu beachten:

1. Entdeckbarkeit: Informationen und (Schalt-)Elemente sollen gut und schnell entdeckt und erfasst werden können. Dies umfasst:
  - die Erregung der Aufmerksamkeit für bzw. den Schwerpunkt legen auf wichtige Informationen (bei Audio-Nachrichten durch Pausen),
  - zeitliche Darstellung der Informationen (Tempo der Darstellung angemessen und steuerbar, Informationsdarstellung wiederholbar, zeitnahes Feedback nach Benutzereingabe, Reihenfolge der Darstellung nach Dringlichkeit und entsprechend dem Workflow des Benutzers, zeitliche Bearbeitung),

- häufig benutzte und wichtige (sicherheitsrelevante) Steuerelemente sind ständig unmittelbar erreichbar (mechanische Stellteile im zentralen Greifraum),
  - Information über zulässige Aktionen und Verfügbarkeit von Steuerungen,
  - Systemzustand "in Bearbeitung" anzeigen,
  - Kontinuität: Hinweise auf verborgene Informationen und das Ende einer Informationsreihe.
2. Ablenkungsfreiheit: Informationen und Elemente sollen nicht von anderen wichtigen Informationen und Elementen ablenken. Dies umfasst:
- Abheben von Informationen von Hintergrundbildern;
  - Abspeichern von Interaktionen und Wiederaufnahmen der Arbeiten, sobald die Quelle der Ablenkung beseitigt wurde;
  - Benutzer hat Möglichkeiten, unnötige Hintergründe zu verringern und zu beseitigen.
3. Unterscheidbarkeit: Elemente der Benutzungsschnittstelle und Informationen können durch ihre Darstellung voneinander unterschieden werden (z. B. nach Farbe, Form und Größe). Ebenso dienen Attribute der Anordnung (z. B. nach logischen Gruppen) und Strukturierung (z. B. in Zeilen und Spalten) der Unterscheidbarkeit.
4. Eindeutige Interpretierbarkeit: Informationen und Elemente sollen gut verstanden werden. Dargestellte Informationen sowie Texte und Elemente (mit ihrer Beschriftung) entsprechen dem Wissensstand, dem Vokabular und den Fähigkeiten des Benutzers.
5. Kompaktheit: Nur die wichtigen und notwendigen Informationen sollen für die Aufgabe dargestellt werden. Dies umfasst:
- Inhalt (Einfachheit in der Darstellung, Vermeiden von unnötigen Informationen) und
  - Aktionen (einfache Operationen über Tastenkombination mit einfachen Suchfunktionen, Textvervollständigung etc.).
6. Konsistenz: Informationen und Elemente sind konsistent, wenn sie in allen interaktiven Systemen, die der Benutzer verwendet, mit ähnlichem Zweck ähnlich dargestellt werden (einschließlich einheitlicher Verwendung von Terminologie innerhalb der Anwendung und über mehrere Anwendungen hinweg).

### Ein- und Ausgabegeräte/Stellteile und Anzeigen

Größe, Form und Gewicht von Bildschirmgeräten müssen der Arbeitsaufgabe angemessen sein. Entsprechend ist die Bildschirmgröße so zu wählen, dass einerseits eine ggf. notwendige Transportabilität und Handlichkeit oder Tragekomfort gegeben sind, aber andererseits die Informationen den oben genannten Grundsätzen zur Informationsdarstellung entsprechen und die Zeichengröße innerhalb des empfohlenen Sehwinkelbereichs zwischen 22° und 31° liegt. Das Gewicht von handgehaltenen Geräten ist auf maximal 1 kg zu beschränken.

Positivdarstellungen auf Bildschirmen und haptische Eingabemittel sind für die meisten Anwendungsfälle zu bevorzugen.

Das Eingabegerät bzw. Stellteil ist unter Berücksichtigung der Arbeitsaufgabe, Software und Umgebungsbedingungen auszuwählen:

- haptische Eingabemittel sind für Aufgaben wie Zeigen, Auswählen, Ziehen, Nachziehen, Freihandeingabe und alphanumerische Eingaben (Texteingaben) geeignet.
- Spracheingaben, Augensteuerung, Blickverfolgung (Eye-Tracking, Eye-Gaze-Tracking) oder Gestensteuerung können ggf. zum Einsatz kommen, sofern die Arbeitsaufgabe eine freihändige bzw. berührungslose Bedienung des Gerätes erfordert.
- Griffigkeit und Bedienbarkeit muss in bestimmten Fällen auch mit Schutzhandschuhen gegeben sein.
- Bei mechanischen Stellteilen müssen hinreichende Genauigkeit des Positionierens und Stellgeschwindigkeit gegeben sein. Hohe Kraftbetätigungen sind zu vermeiden (siehe Kapitel 8.3 Manuelle Arbeitsprozesse).

### Unterstützung der Zusammenarbeit

Die Gestaltung der Benutzungsschnittstelle soll den Grad der Zusammenarbeit verschiedener Beschäftigten berücksichtigen und die Koordinierung der Arbeiten unterstützen, insbesondere hinsichtlich der:

- räumlichen Gruppierung der Arbeitsplätze,
- Schaffung gemeinsamer oder abgestimmter Bedienoberflächen,
- Unterstützung des Informationsaustauschs,
- Einhaltung der vorgeschriebenen Reihenfolge von Arbeitsschritten.

## Störungen

Das Alarmmanagement ist ein zentrales Element zur Störungsbewältigung insbesondere in der Prozessleittechnik zur Erkennung abnormaler Situationen (Betriebsstörungen) und Wiederherstellung des bestimmungsgemäßen Betriebes. Die korrekte Alarmierung ist weiter ein wichtiges Element der Systemsicherheit (GABRIEL 2019, EDWORTHY 2013) und der Belastungsoptimierung der Beschäftigten (SEAGULL 2002). In der Praxis behindern folgende Probleme häufig eine effiziente Störungsbeseitigung (ASM 2009, BRADLEY 2017):

"Alarmflut (Alarmschauer) insbesondere durch:

- flatternde Alarme (Wechsel zwischen Alarm- und Normalzustand innerhalb kurzer Zeitspannen),
- flüchtige Alarme (kurze Alarmierung ohne Wiederholung),
- Doppelalarme (mehrere Alarme zu einer Ursache),
- stehende Alarme (unbearbeitete Alarme, die im System den Alarmzustand häufig länger als 24 h beibehalten),

– inadäquate Priorisierung der Alarme

– inadäquate Hintergrundinformationen zu den Alarmen."

Die Ursachen für störende Alarme können auch anlagenseitig Ursachen haben wie z. B. Fehlalarme durch verschmutzte Sensoren, schlechte Regelkreise, vergessene Alarme aus der Inbetriebnahme und zu eng gesetzte Alarmgrenzen, deren Beseitigung zur Begrenzung der Alarmflut beiträgt.

Eine weitere Begrenzung der Alarme kann z. B. durch folgende Methoden vorgenommen werden (nach NA 102):

"Alarmgruppierung:

- feste und zustandsabhängige Gruppierungen mit Optionen
- Erstwertmeldung in der Gruppe
- Unterdrückung von Folgealarmen;

– Alarmfilterung z. B. durch Setzen eines Zeitfensters für Eintritt und Wiederkehr des Alarmes oder Setzen einer Hysterese zur Alarmgrenze und

– Alarmunterdrückung z. B. in Abhängigkeit von Anlagenstatus (z. B. Außerbetriebnahme)."

Des Weiteren gilt es, dem Operateur durch Priorisierung der Alarme (z. B. entsprechend der möglichen Auswirkung der Störungen und der einzuhaltenden Reaktionszeit des Operateurs) eine Bearbeitungsreihenfolge vorzuschlagen. Die Prioritäten sind z. B. optisch durch farbliche Kennzeichnung deutlich zu machen.

Des Weiteren soll die Alarmdarstellung eine schnelle Bestimmung und Zuordnung der Alarmquelle und Alarmursache ermöglichen. Dazu sind die Farben und Darstellungsstandards durchgängig anzuwenden (Konsistenz in der Informationsdarstellung).

Der Operateur ist zur Entscheidungsfindung dabei zu unterstützen, sich ein Gesamtbild vom Zustand der Anlage zu machen.

Optische/akustische Hinweise (z. B. Hör-, Sichtmelder und Lautsprecher) zu Alarmmeldungen sollten sparsam verwendet werden. Für Beschäftigte in der Anlage in lauter Umgebung kann auch Vibrationsalarm hilfreich sein.

Um den notwendigen Bedieneingriff zu erleichtern, sollte der Operateur schnell zum entsprechenden Prozessbild/zur Anzeige navigieren können. Zusätzlich sind den Alarmen zugeordnete Hilfetexte mit unterstützenden Handlungsanweisungen und einblendbare Leitfelder hilfreich.

Alarmmeldungen sollen gut sichtbar im zentralen Blickfeld des Operateurs angezeigt werden (ASM 2008). Weitere unterstützende Hintergrundinformationen sollen leicht zugänglich sein.

### 7.5.3 Arbeitsschutzmaßnahmen und Wirksamkeitskontrolle

Zur optimalen Gestaltung der Benutzungsschnittstelle müssen die Geräte, die Kontrollelemente und die Software aufeinander und ihr Nutzungskontext abgestimmt sein. Dazu empfiehlt es sich, die Neu- und Umgestaltung systematisch zu planen, die neuen Arbeitsmittel mittels Change-Management einzuführen. Im Bedienkonzept sollte insbesondere strukturell durchgängig hinterlegt sein (BOCKELMANN et al. 2012, LAFRENZ & JESCHKE 2017):

- das Prinzip/Konzept zur Prozesssicherheit,
- die bestehenden Verantwortlichkeiten und Verriegelungen,
- die Koordination von parallel oder nacheinander laufenden Arbeiten, insbesondere zu Koexistenzen, Kooperationen und Kollaborationen,
- sonstige relevante organisatorische und zeitliche Abfolgen und Bindungen,
- die Abfolge der Arbeitsschritte (Benutzerführung),
- die Möglichkeit der Unterbrechung von bestimmten Bearbeitungsschritten ggf. gekoppelt mit Speicherung z. B. zum Vorziehen von ungeplanten Arbeiten,
- die Anordnung von Daten, Eingabefeldern, Schaltflächen und mechanischen Schaltelementen,
- die Verwendung von Farben (möglichst nicht mehr als fünf verschiedene Farben verwenden) sowie bekannter Symbole und Icons,
- die Rückmeldungen des Systems und das jeweilige Zeitintervall (nach DIN EN ISO 9241-410 empfohlener Wert nach Eingabe: 2 ms).

Neben den unter 7.5.2 aufgeführten Aspekten zur ergonomischen Benutzungsschnittstellengestaltung sind die Maßnahmen hinsichtlich Sinnfälligkeit zwischen Hardware und Software sowie in Abstimmung mit der Arbeitsumgebung (z. B. Vibrationsalarm für mobile Endgeräte in lauten Umgebungen) auszuwählen.

#### Beispiele zur Berücksichtigung der Interaktionsprinzipien

Zur optimalen Benutzerführung ist es häufig vorteilhaft, die Prozessgrößen und ihren Verlauf bildlich darzustellen. In der Abbildung 7.5-1 werden mehrere mögliche bildliche Darstellungen eines Behälterfüllstandes zur Steuerung einer Prozessanlage mit steigendem Assistenzgrad dargestellt. Im ersten Bild wird der Füllstand lediglich in einer Digitalanzeige ersichtlich. Darauf werden in jedem weiteren Bild immer mehr Informationen anschaulich dargestellt, bis im letzten Bild nicht nur der Füllstand, sondern auch seine Grenzwerte und sein zeitlicher Verlauf dem Operateur mit einem Blick zur Verfügung gestellt wird.

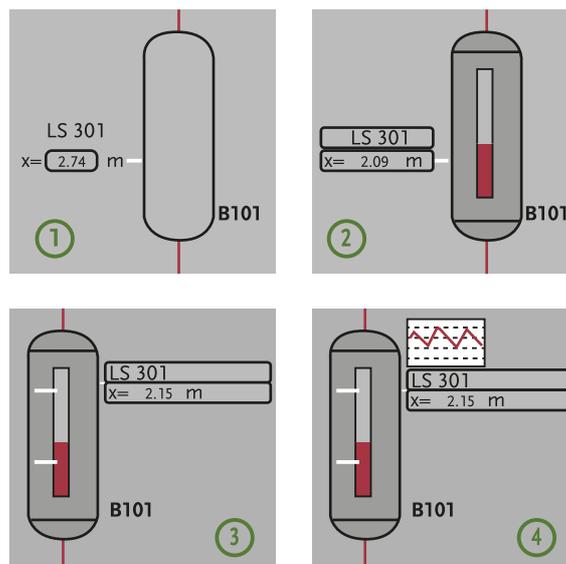
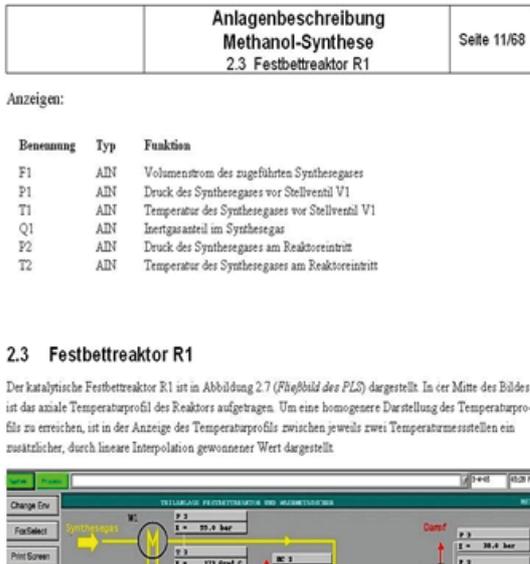


Abbildung 7.5-1 Unterschiedliche Ausprägung der Aufgabenangemessenheit eines Prozessschaubildes in der Leitwarte (BOCKELMANN et al. 2014)

Damit Arbeitsanweisungen an die Beschäftigten in der Prozesssteuerung angewendet werden und unterstützend wirken, sollten ihre Texte ebenfalls den Interaktionsprinzipien entsprechen. In der Abbildung 7.5-2 wird ein Beispiel für eine solche Anweisung hinsichtlich seiner ergonomischen Gestaltung beurteilt.



**Lernförderkeit**

- gute Verknüpfung zwischen Bild und Text,
- Bildinformation an der Stelle platziert, an der im Text verwiesen wird (parallele Lernspuren)

**Selbstbeschreibungsfähigkeit**

- eindeutige Identifizierbarkeit und Einordnung der Seite durch Seitenkopf und -fuß

**Verständlichkeit**

- schlecht wegen Schachtelsätze, Fremdwörter

Abbildung 7.5-2 Anlagenbeschreibung in einer Arbeitsanweisung (NICKEL & NACHREINER 2005)

**Beispiele zur Informationsdarstellung**

In der Darstellung der Bildschirmmasken sollte für den Benutzer ersichtlich sein:

- Wo bin ich?
- Wie kam ich hierhin?
- Was kann ich hier tun?
- Wohin und wie kann ich navigieren?

Die Abbildungen 7.5-3 und 7.5-4 stellen dar, wie eine Menge gleichartiger Elemente und logisch zusammengehöriger Informationen gruppiert und Unterschiede durch räumliche Trennung deutlich gemacht (Gesetz der Nähe) sowie Elemente gleichartig dargestellt werden können (Gesetz der Gleichartigkeit). In der Variante A der Abbildung 7.5-3 besitzen alle Eingabefelder vertikal den gleichen Abstand zueinander, während in der Variante B die Eingabefelder jeweils zum Namen, Adresse und Kunden-/Konto-Nummer vertikal abgesetzt - also gruppiert - sind (Abstand zwischen Vorname und Straße ist größer als zwischen Name und Vorname). In der Abbildung 7.5-4 werden in der Variante A die Bezeichnungen der Eingabefelder unterschiedlich dargestellt (unterschiedliche Schriftfarbe, -größe und -hintergrund); während in der Variante B die Bezeichnungen der Felder gleichartig abgebildet und die Unterschiede der Eingabefelder durch größere Abstände zwischen Vorname und Straße sowie zwischen Ort und Kunden-Nr. deutlich gemacht werden.

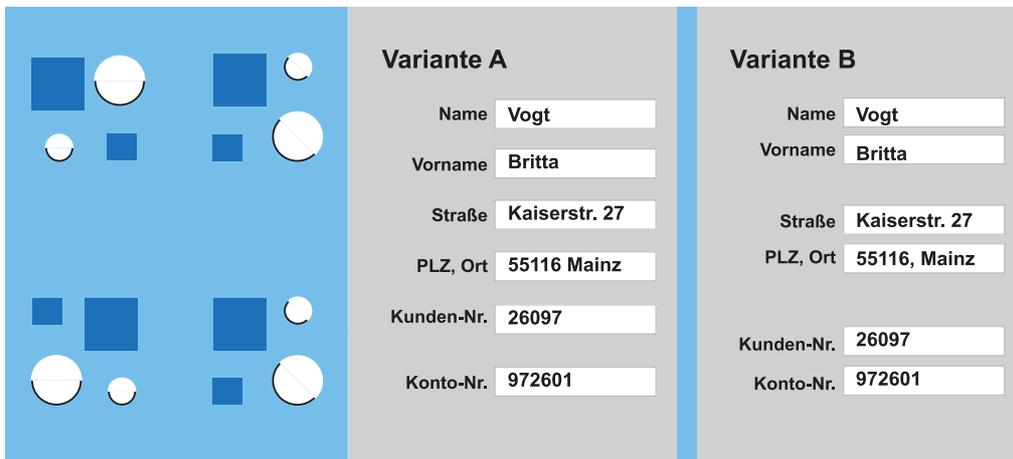


Abbildung 7.5-3 Gesetz der Nähe (Rudolf 2006)

Variante A		Variante B	
Name	Vogt	Name	Vogt
Vorname	Britta	Vorname	Britta
Straße	Kaiserstr. 27	Straße	Kaiserstr. 27
PLZ	55116	PLZ	55116
Ort	Mainz	Ort	Mainz
Kunden-Nr.	26097	Kunden-Nr.	26097
Konto-Nr.	972601	Konto-Nr.	972601

Abbildung 7.5-4 Gesetz der Gleichartigkeit (Rudolf 2006)

Die Konsistenz der Darstellung der Elemente sollte auch über die verschiedenen Betriebszustände bzw. gegebenenfalls Anwendungen hinweg gegeben sein. Abbildung 7.5-5 zeigt ein Beispiel für Eingabe-Masken für Prozessgrößen einmal während der Produktion und ein anderes Mal für eine Betriebsstörung. Die Tatsache, dass der Druck einmal an erster Stelle und das andere Mal an zweiter Stelle aufgeführt wird, fördert Handlungsfehler.

Produktion		Betriebsstörung	
Solldruck	<input type="text"/>	Solltemperatur	<input type="text"/>
Solltemperatur	<input type="text"/>	Solldruck	<input type="text"/>

Abbildung 7.5-5 Kleiner Programmierfehler bei der Gestaltung von Masken

Ebenso sollten unterschiedliche Skalen und Einheiten zur Darstellung von Prozesswerten und -verläufen zur Wahrung der Konsistenz weitgehend vermieden werden.

## 7.5.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur

### Verordnungen und Technische Regeln

[www.gesetze-im-internet.de](http://www.gesetze-im-internet.de); <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>; [www.baua.de](http://www.baua.de)

- **Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)** vom 12. August 2004 (BGBl. I S. 2179), zuletzt geändert durch Art. 5 Absatz 1 V v. 18.10.2017 I 3584
- **Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)** vom 3. Februar 2015 (BGBl. I S. 49), zuletzt geändert durch Art. 1 V v. 30.4.2019 I 554
- **Technische Regel für Arbeitsstätten ASR A1.2:** Raumabmessungen und Bewegungsflächen.
- **Technische Regel für Arbeitsstätten ASR A3.4:** Beleuchtung und Sichtverbindung.
- **Technische Regel für Arbeitsstätten ASR A3.7:** Lärm.
- **Technische Regel für Betriebssicherheit TRBS 1151:** Gefährdungen an der Schnittstelle Mensch - Arbeitsmittel - Ergonomische und menschliche Faktoren, Arbeitssystem.

### DGUV Informationen

[www.dguv.de/de/praevention/vorschriften\\_regeln](http://www.dguv.de/de/praevention/vorschriften_regeln)

- **DGUV Information 215-410:** Bildschirm- und Büroarbeitsplätze - Leitfaden für die Gestaltung. 2019
- **DGUV Information 215-450:** Softwareergonomie. 2016

### Normen

[www.beuth.de](http://www.beuth.de)

- Normenreihe DIN EN 894: Sicherheit von Maschinen - Ergonomische Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen
- Entwurf DIN EN ISO 9241-110: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 110: Interaktionsprinzipien (ISO/DIS 9241-110:2019); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 9241-110:2019
- DIN EN ISO 9241-112: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 112: Grundsätze der Informationsdarstellung (ISO 9241-112:2017); Deutsche Fassung EN ISO 9241-112:2017
- DIN EN ISO 9241-410: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 410: Gestaltungskriterien für physikalische Eingabegeräte (ISO 9241-410:2008 + Amd.1:2012); Deutsche Fassung EN ISO 9241-410:2008 + A1:2012

### Literatur

- [1] ASM Consortium Guidelines: Effective Alarm Management Practices. ASM Consortium 2019, USA
- [2] BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2012 <https://www.baua.de/DE/Themen/Arbeitswelt-und-Arbeitsschutz-im-Wandel/Arbeitsweltberichterstattung/Arbeitsbedingungen/BIBB-BAuA-2012.html>, zuletzt besucht am 07.07.2020
- [3] BOCKELMANN, M., NACHREINER, F.; NICKEL, P.: Bildschirmarbeit in Leitwarten. Handlungshilfen zur ergonomischen Gestaltung von Arbeitsplätzen nach der Bildschirmarbeitsverordnung. 1. Auflage. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2012  
<https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Berichte/F2249.html>, zuletzt besucht am 07.07.2020
- [4] BOYER, M. et al.: Investigating mental workload changes in a long duration supervisory control task. *Interacting with Computers* 27(5), 2015, 512520
- [5] BRADLEY, A.: Economic and Effective Alarm Management. Publication PROCES-WP013B-EN-P 2017  
[https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/wp/proces-wp013\\_en-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/wp/proces-wp013_en-p.pdf) (PDF, 516 KB), zuletzt besucht am 07.07.2020
- [6] EDWORTHY, J.: Alarms are still a problem. *Anaesthesia* 68, 2013, 791803.
- [8] GABRIEL, T. et al.: Betriebseinrichtungen mit Sicherheitsfunktion im PLS. *Atp-magazin* 01-02, 2019, 8289
- [9] HOLLNAGEL, E. and D. D. WOOD: Resilience Engineering. Cornwall, TJ International Ltd. Padstow 2006
- [10] JESCHKE, P.: Entwicklung eines analytischen Modells zur Prognose der mentalen Beanspruchung in der Prozessführung. 1. Auflage. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2017
- [11] LAFRENZ, B., JESCHKE, P.: Moderne IKT zur Visualisierung und Strukturierung von Informationen in Leitwarten. DGLR 2017 <https://www.dglr.de/publikationen/2017/010003.pdf> (PDF, 715 KB), zuletzt besucht am 20.03.2020
- [12] LAFRENZ, B.: Nutzung der Ergebnisse einer ganzheitlichen Unfallanalyse zur Verbesserung der Leitwartengestaltung. *Sicher ist sicher*, Volume 69, Nr. 1, 2018, 612
- [13] LÜCK, M. et al.: Grundausswertung der BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2018. Vergleich zur Grundausswertung 2006 und 2012. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2019

<https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Berichte/F2417-2.html>, zuletzt besucht am 07.07.2020

- [14] NA 102: Arbeitsblatt "Alarm Management", Normenarbeitsgemeinschaft für Mess- und Regeltechnik in der chemischen Industrie (NAMUR), Version: 02.10.2008, [www.beuth.de](http://www.beuth.de)
- [15] NICKEL, P., NACHREINER, F.: Anforderungen an Arbeitsunterlagen für die Prozessführung. Fb 1053 der Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, NW Verlag Bremerhaven 2005
- [16] OEHME, A., BÖHM, S., GIERIG, S., POURPART, S.: Aufgabenbezogener Einsatz moderner Interaktionskonzepte zur Kommunikation zwischen Leitwartenoperatoren und Beschäftigten in der Anlage. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2019

<https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Berichte/F2359-3.html>, zuletzt besucht am 07.07.2020

- [17] ROBELSKI, S.: Psychische Gesundheit in der Arbeitswelt - Mensch-Maschine-Interaktion. 1. Auflage. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2016
- [18] RUDLOF, C.: Handbuch Software-Ergonomie. Usability Engineering. 2. Auflage Tübingen: Unfallkasse Post und Telekom 2006
- [19] SEAGULL, F. J.: Problems with auditory alarms in anesthesia and tests of a proposed solution: Multimodal multitask performance with an auditory display, ProQuest Information & Learning. 62, 2002, 38243824
- [20] STANTON, SALMON, JENKINS, WALKER: Human factors in the design and evaluation of central control room operations, Boca Raton: Crc Press Inc. 2010
- [21] TEGTMEIER, P.: Review zu physischer Beanspruchung bei der Nutzung von Smart Mobile Devices. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2016

<https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Berichte/Gd88.html>, zuletzt besucht am 20.03.2020

## 7.5.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

### Steuerelemente

- Werden körperliche Überlastungen und Zwangshaltungen bei der Handhabung von Schaltelementen (mechanischen Stellteilen und Steuerelementen von Bildschirmgeräten) vermieden?
- Ist eine ausreichende Rückmeldung nach der Betätigung von Schaltelementen gewährleistet?
- Ist die Sinnfälligkeit zwischen der Auslösung von Schaltelementen und der ausgelösten Wirkung gegeben?
- Entspricht die Anordnung der Schaltelemente den Handhabungsanforderungen?
- Ist die Sinnfälligkeit zwischen Schaltelementen und Anzeigen gegeben?
- Sind die zu verstellenden Größen sowie die jeweilige Einstellung eindeutig erkennbar und verständlich?
- Wird die unbeabsichtigte Betätigung von Schaltelementen vermieden?
- Sicherheitseinrichtungen an Schaltelementen können nicht manipuliert werden?
- Persönliche Schutzausrüstung oder individuelle Leistungsmerkmale beeinträchtigen nicht die Wahrnehmung von Informationen oder die Betätigung von Schaltelementen?
- Werden kritische Situationen durch Gefahrensignale rechtzeitig angezeigt und ist deren Wahrnehmung durch das Zwei-Kanal-Prinzip gesichert?
- Können aus Prozessmerkmalen (z. B. Gerüche, Vibrationen) Rückschlüsse auf sicherheitskritische Situationen gezogen werden und ist den Beschäftigten deren Bedeutung bekannt?
- Sind akustische Informationen ausreichend hörbar?
- Ist die Sprachverständigung gesichert?
- Sind optische Informationen ausreichend sichtbar, z. B. wechseln digitale Anzeigen so langsam, dass diese lesbar sind?
- Sind Informationen verständlich und eindeutig voneinander unterscheidbar, z. B. durch unverwechselbare Bezeichnungen?
- Ist die Sinnfälligkeit zwischen der Gestaltung von Anzeigen und der erwarteten Information gegeben?

### Software

#### Allgemeine Gestaltung

- Sind die dargestellten Elemente scharf und klar zu identifizieren?
- Sind die Elemente und Informationen, z. B. auch unter anderen Auflösung, gut wahrnehmbar?
- Wird die Positivdarstellung verwendet?

#### Zugänglichkeit

- Verschiedene Ein- und Ausgabegeräte können mit der Software verwendet werden?
- Die Software ist auch mit individuellen Leistungseinschränkungen (z. B. Farbblindheit) effizient, effektiv, zufriedenstellend nutzbar?
- Ist die Wahrnehmbarkeit von Informationen individuell möglich, wird z. B. im Zwei-Kanal-Prinzip präsentiert?
- Die Informationsdichte kann individuell angepasst werden?

#### Gestaltung grafischer Benutzeroberflächen

- Entspricht die Zeichengröße min. 16 Bogenminuten?
- Werden Kodierungen (Farben, Größe etc.) sparsam benutzt?
- Ist die Verwendung von Kodierungen und Strukturen einheitlich?

#### Gestaltung von Masken

- Sind Eingabemasken gut erkenntlich?
- Wird die Eingabe in Masken durch Eingabebeispiele unterstützt?
- Wird die Übersichtlichkeit und Wahrnehmbarkeit durch die Gestaltungsgrundsätze unterstützt?

#### Gestaltung von Icons

- Repräsentiert ein Icon nur eine Funktion?
- Ist der Aktivierungszustand oder die Anwahl von Icons für alle Nutzenden deutlich erkennbar?

#### Gestaltung von Texten

- Sind Texte unter normalen Arbeitsbedingungen lesbar?

- Besteht zwischen den Wörtern ein Abstand von einem Leerzeichen?
- Werden Schriftarten mit unverwechselbaren Zeichen verwendet?

#### Gestaltung von Interaktionen

- Aufgabenangemessenheit: z. B. "Die Software und ihre Darstellung enthält alle für ihren Einsatz benötigten Funktionen und Informationen?"
- Selbstbeschreibungsfähigkeit: z. B. "Rückmeldungen, Sicherheitsabfragen, Warnungen oder Fehlermeldungen sind in der Software und ihrer Darstellung eindeutig unterscheidbar?"
- Erwartungskonformität: z. B. "Die Software unterstützt die Aufgabenerledigung durch einheitliche Darstellungen?"
- Lernförderlichkeit: z. B. "Programmbefehle oder -abläufe sind leicht zu merken?"
- Steuerbarkeit: z. B. "Laufende Vorgänge können angehalten oder abgebrochen werden?"
- Fehlertoleranz: z. B. "Die Software warnt vor dem Auslösen potenziell gefährlicher Aktionen?" Oder: "Zur Behebung von Fehlersituationen gibt die Software Hinweise?"
- Individualisierbarkeit: z. B. "Die Eingabeeigenschaften (z. B. Geschwindigkeit) von Eingabegeräten (z. B. Maus, Tastatur) können durch Nutzende eingestellt werden?"

#### Festgestellte Gefährdungen/Mängel Hardware

- Rückmeldung nach Betätigung der Schaltelemente ist unzureichend
- Schaltelemente sind nicht griffig
- Betätigung der Schaltelemente ist nicht sinnfällig
- Anordnung der Schaltelemente und Anzeigen ist ungünstig
- Stellgrößen und Anzeigen sind schwer zu erkennen/unverständlich
- unbeabsichtigte Betätigung der Schaltelemente ist möglich

#### Festgestellte Gefährdungen/Mängel Software

- Informationsaufnahme, -verarbeitung und -umsetzung durch ungeeignete Software erschwert
- Signale für die Anzeige sicherheitskritischer Situationen fehlen/haben Funktionsstörungen
- akustische Informationen sind zu leise oder undeutlich (z. B. Gefahrensignale, Sprachverständigung)
- optische Informationen sind schlecht zu erkennen (z. B. Gefahrensignale, Anzeigen, Schriften, Symbole, Farben)
- Signale werden durch ungünstige Arbeitsumgebungsbedingungen verdeckt (z. B. persönliche Schutzausrüstung, Signalton durch Störlärm; Signallampen durch Dämpfe)
- Informationen sind schlecht voneinander zu unterscheiden
- Zeichen/Symbole/Piktogramme sind unverständlich
- Anzeigen sind nicht sinnfällig
- Bedeutungen sicherheitskritischer Prozessmerkmale sind unzureichend bekannt (z. B. Gerüche, Beschleunigungen, Laufgeräusche von Motoren)

#### Maßnahmen

- ergonomische Software und Hardware beschaffen
- Hardware richtig aufstellen und verwenden
- Anzeigen im Gesichtsfeld anordnen; nach Wichtigkeit, Benutzungshäufigkeit und Ablesefolge gruppieren
- Lesbarkeit der Schrift/Symbole/Piktogramme verbessern
- Beschäftigte unterweisen über sicherheitstechnische Prozessmerkmale, erforderliche Handlungsweisen, Signale, Umgang mit Software und Hardware
- Schaltelemente entsprechend den Handhabungsanforderungen anordnen
- unbeabsichtigte Betätigung von Schaltelementen verhindern
- Griffbarkeit von Schaltelementen verbessern
- körperliche Belastungen bei der Handhabung von Schaltelementen reduzieren

## 7.5.6 Autoren und Ansprechpartner

- Dipl.-Ing. Bettina Lafrenz  
Fachgruppe 2.3 "Human Factors, Ergonomie"

[Kontakt](#)

## Impressum

### Zitiervorschlag:

Marlies Kittelmann, Lars Adolph, Alexandra Michel, Rolf Packroff, Martin Schütte, Sabine Sommer, Hrsg., 2023.  
Handbuch Gefährdungsbeurteilung  
Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin  
DOI: 10.21934/baua:fachbuch20230531  
[Bitte Zugriffsdatum einfügen]  
Verfügbar unter: [www.baua.de/gefaehrungsbeurteilung](http://www.baua.de/gefaehrungsbeurteilung)

### Fachliche Herausgeber:

Marlies Kittelmann, Lars Adolph, Alexandra Michel, Rolf Packroff, Martin Schütte, Sabine Sommer

### 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:** Strategische Kommunikation und Kooperation, BAuA

**Gestaltung:** Susanne Graul, BAuA; eckedesign, Berlin

**Fotos:** Uwe Völkner, Fotoagentur FOX, Lindlar/Köln; Kapitel "Biostoffe": Nancy Heubach, BAuA

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.