Gefährdungsbeurteilung:

Handbuch – Gefährdungsfaktoren

baua:
Bundesanstalt für Arbeitsschutz
und Arbeitsmedizin

27.04.2020

Inhaltsverzeichnis

1 Mechanische Gefährdungen 4
1.1 Kontrolliert bewegte ungeschützte Teile 5
1.2 Teile mit gefährlichen Oberflächen 18
1.3 Transport und mobile Arbeitsmittel 25
1.4 Unkontrolliert bewegte Teile 39
1.5 Sturz, Ausrutschen, Stolpern, Umknicken 52
1.6 Absturz 64
2 Elektrische Gefährdungen 81
2.1 Elektrischer Schlag und Störlichtbogen 82
2.2 Statische Elektrizität 94
3 Gefahrstoffe 103
3.1 Mangelnde Hygiene beim Umgang mit Gefahrstoffen 109
3.2 Einatmen von Gefahrstoffen 117
3.3 Hautkontakt mit Gefahrstoffen 129
4 Biologische Arbeitsstoffe 138
4.1 Infektionen 140
4.2 Sensibilisierende Wirkungen von Mikroorganismen 152
5 Brand- und Explosionsgefährdungen 162
5.1 Brennbare Feststoffe, Flüssigkeiten, Gase 164
5.2 Explosionsfähige Atmosphäre 178
5.3 Explosivstoffe und pyrotechnische Gegenstände 190
6 Thermische Gefährdungen 209
6.1 Heiße Medien/Oberflächen 210
6.2 Kalte Medien/Oberflächen 218
7 Gefährdungen durch spezielle physikalische Einwirkungen 226
7.1 Lärm 228
7.2 Ganzkörpervibrationen 249
7.3 Hand-Arm-Vibrationen 258
7.4 Optische Strahlung 267
7.5 Elektromagnetische Felder 281
7.6 Unter- oder Überdruck 298
8 Gefährdungen durch Arbeitsumgebungsbedingungen 315
8.1 Klima 316
8.2 Beleuchtung, Licht 344
8.3 Ersticken, Ertrinken 354
8.4 Unzureichende Fluchtwege 372
8.5 Unzureichende Bewegungsfläche 379
8.6 Mensch-Maschine/Rechner-Schnittstelle 382
9 Physische Belastungen / Arbeitsschwere 417
9.1 Heben, Halten, Tragen 420
9.2 Ziehen, Schieben 429
9.3 Manuelle Arbeit (mit geringen Körperkräften) 437

9.4 Zwangshaltung (erzwungene Körperhaltung) 446
9.5 Steigen, Klettern 463
9.6 Arbeiten mit erhöhten Kraftanstrengungen und/oder Krafteinwirkungen 471
10 Psychische Faktoren 480
10.1 Arbeitsinhalt/Arbeitsaufgabe 482
10.2 Arbeitsorganisation 490
10.3 Arbeitszeit 494
10.4 Soziale Beziehungen 507
10.5 Arbeitsumgebung 510
11 Sonstige Gefährdungen 516
11.1 Gewalt am Arbeitsplatz 517

Gefährdungsfaktoren

Die Prüfung aller grundsätzlich möglichen Gefährdungsfaktoren ist die Grundlage für die Ermittlung und Beurteilung möglicher Gefährdungen am Arbeitsplatz.

In den folgenden Abschnitten erhalten Sie detailliert Informationen zu Gefährdungsfaktoren, die bei der Arbeit auftreten können. Dabei werden alle wesentlichen Einwirkungen auf den Menschen, die zu Unfällen und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren führen können, berücksichtigt.

Die Informationen zu den einzelnen Gefährdungsfaktoren beinhalten jeweils die Abschnitte
- Einführung (nur bei komplexen Themen),
- Art und Wirkung der Gefährdungsfaktoren,
- Grenzwerte und Beurteilungskriterien,
- Arbeitsschutzmaßnahmen,
- Bezugsquellen (Gesetze, Verordnungen, Vorschriften, Normen, Literatur) sowie
- Textbausteine für Prüflisten und Formblätter.

Um Sie stets auf dem aktuellen Stand zu halten, werden die Inhalte der Rubrik Gefährdungsfaktoren laufend durch unser Autorenteam aktualisiert.
Einen Überblick über die zuletzt überarbeitete Seiten finden sie hier.

Handbuch – Gefährdungsfaktoren

1 Mechanische Gefährdungen

baua:
Bundesanstalt für Arbeitsschutz
und Arbeitsmedizin

27.04.2020

1 Mechanische Gefährdungen

Mechanische Gefährdungen können ausgehen von

- kontrolliert bewegten ungeschützten Teilen, die frei zugänglich sind und zum Beispiel Quetschstellen, Scherstellen, Schneid- und Stichstellen, Einzug- und Fangstellen sowie Stoßstellen bilden,
- Oberflächen wie Ecken, Kanten, Spitzen, Schneiden, Oberflächen mit hohen Oberflächenrauhigkeiten,
- mobilen Arbeitsmitteln, zum Beispiel im Zusammenhang mit Fernsteuerungen, Leitsystemen, rückwärts Fahren, Fahren mit eingeschränkter Sicht, auf unbefestigtem Untergrund oder mit schwerpunktverändernder Last.
- unkontrolliert bewegten Teilen, wie umstürzende, rollende, gleitende, oder herabfallende Teile oder sich lösende, berstende und wegfliegende Teile und unter Druck herausspritzende Medien oder herausgeschleuderte Medien beziehungsweise Arbeitsgut,
- rutschigen Oberflächen, Stolperstellen und
- der Möglichkeit des Absturzes von Personen auf eine tiefer gelegene Fläche oder einen Gegenstand.

1.1 Kontrolliert bewegte ungeschützte Teile

Bewegte Maschinenteile sowie Antriebe, Werkzeuge, Werkstücke und Ähnliches, die frei zugänglich sind, können **Gefahrstellen** bilden. Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über mögliche Gefahrstellen durch ungeschützt bewegte Maschinenteile (siehe auch Abbildung 1.1-2 im Abschnitt Grenzwerte, Beurteilungskriterien – Engstellen).

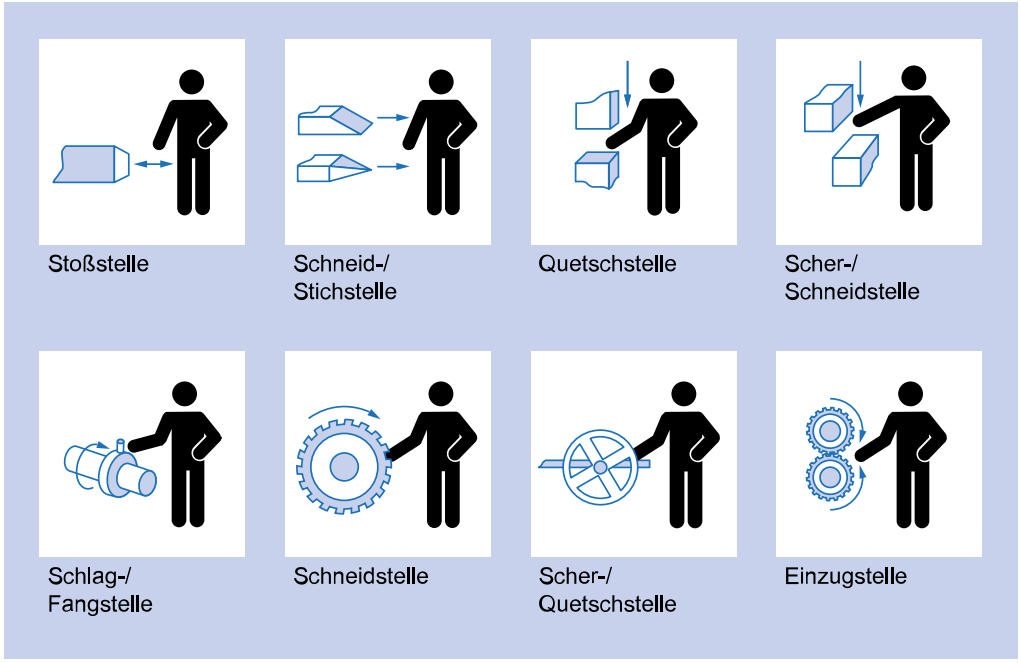


Abbildung 1-1. Gefahrstellen durch ungeschützt bewegte Maschinenteile

1.1.1 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen

Gefährdungen im Normalbetrieb

Im Normalbetrieb verhindern in der Regel technische Schutzmaßnahmen den Zugang zu den Gefahrstellen. Gefährdungen können dennoch entstehen durch:

– Nachlauf der Bewegungen
– Ausfälle, zum Beispiel Versagen von Bewegungsbegrenzungen, Bremseinrichtungen
– Umgehen, Abmontieren, Beschädigen der Schutzeinrichtungen

Die Gründe für das Nichtbenutzen beziehungsweise Außerkraftsetzen von Schutzeinrichtungen sind meist unzureichende Handhabbarkeit, Behinderungen im Tätigkeitsablauf, Bequemlichkeit und Streben nach Zeitersparnis.

Gefährdungen bei besonderen Betriebszuständen

Zu achten ist auf die Entstehung von Gefahrstellen in besonderen Betriebszuständen, in denen die Schutzmaßnahmen für den Normalbetrieb außer Kraft gesetzt werden müssen, zum Beispiel:

– Anfahren, Abschalten
– Probebetrieb
– Einrichten, Programmieren
– Fehlersuche, Störungsbeseitigung
– Wartung, Inspektion

Grundsätzlich untersagt, aber in Ausnahmefällen unumgänglich, ist das Eingreifen bei laufendem Betrieb in unmittelbarer Nähe von Gefahrstellen, zum Beispiel zur Beseitigung von Störungen durch Materialstau. Solche Gefahrensituationen sind mit Verhaltensanforderungen meist nicht mehr beherrschbar. Es sollten rechtzeitig zusätzliche technische und/oder organisatorische Schutzmaßnahmen getroffen werden, damit keine unsicheren Improvisationen oder Überforderungen entstehen können (siehe Abschnitt "Arbeitsschutzmaßnahmen").

Unfallfolgen

Körperschäden durch mechanische Einwirkungen können von leichten Schnittverletzungen bis hin zu tödlichen Verletzungen reichen. Die Schwere der Verletzungen hängt primär von der wirksamen Energie ab. Weitere Einflussgrößen können sein:

– Oberflächengestalt des bewegten Teils (Ecken, Kanten, Spitzen, Schneiden, Rauhigkeit)
– gestaltungsbedingte Engstellen und unzureichende Sicherheitsabstände
– Wirkungsrichtung beziehungsweise -bereich des bewegten Teils, bezogen auf den anwesenden Menschen
– betroffenes Körperteil und dessen Widerstandsfähigkeit gegen äußere Einwirkungen, einschließlich der Benutzung von PSA

Die Schädigung kann alle Körperteile betreffen, vor allem Hände, Füße, Beine, Kopf, Brust, Arme (in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit).

1.1.2 Grenzwerte, Beurteilungskriterien

Auswahl der Arbeitsmittel

Maschinen dürfen erstmalig nur dann in Verkehr gebracht werden, wenn die Sicherheitsanforderungen und Voraussetzungen nach §§ 3 bis 5 der Maschinenverordnung (Neunte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz) erfüllt sind. Bei der Gefährdungsbeurteilung zur Bereitstellung von Arbeitsmitteln durch den Arbeitgeber hat dieser nach §§ 3 bis 13 BetrSichV unter Berücksichtigung der Technischen Regeln TRBS 2111 und TRBS 2111-Teil 1 die erforderlichen Vorkehrungen zu treffen, dass bei den gegebenen Einsatzbedingungen die Sicherheit und der Gesundheitsschutz der Beschäftigten gewährleistet sind.

Prüfung der Arbeitsmittel

Des Weiteren sind die Erfordernisse für die Prüfung hinsichtlich Art, Umfang, Fristen sowie personelle Voraussetzungen unter Berücksichtigung von TRBS 1203 zu ermitteln beziehungsweise festzulegen. Besonders zu beachten sind Arbeitsmittel, deren Sicherheit von der Montage, Instandsetzung unter anderem möglichen Veränderungen abhängt (§ 14 BetrSichV).

Zum Schutz vor Gefahrstellen gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten:
- Begrenzung der Gefahr auf ein ungefährliches Maß
- Verhinderung der Wirkung der Gefahrstelle durch Schutzmaßnahmen, insbesondere durch Schutzeinrichtungen (siehe "Arbeitschutzmaßnahmen").

Begrenzung der Kräfte und Geschwindigkeiten

Nur für wenige Fälle gibt es Grenzwerte für Kräfte oder Geschwindigkeiten bewegter Maschinenteile, weil auf Grund der Vielzahl von Einflussgrößen und Bedingungen eine Verallgemeinerung schwierig ist.
- So wird an kraftbetätigten Türen und Toren eine maximale Schließkraft (Klemmkraft) von 150 N empfohlen [1] . Trennende Schutzeinrichtungen werden in der Regel für nicht erforderlich gehalten, wenn die maximale Kraft bewegter Maschinenteile ≤ 150 N und der Kontaktdruck <50 N/cm² betragen (zum Beispiel DIN EN 12203).
- Für bewegte Teile in automatisierten Fertigungssystemen gibt DIN EN ISO 11161 Beispiele für eine – "sicher" reduzierte Geschwindigkeit bei gefahrbringenden Bewegungen z. B. von weniger als 10 mm/s bei Pressen, weniger als 250 mm/s bei Robotern, weniger als 250 mm/s bei allen Nicht Scherenden Bewegungen und weniger als 33 mm/s bei Gefährdungen durch Scherbewegungen an.

Oberflächengestalt

Für die Gestaltung von Ecken/Spitzen, Kanten/Schneiden, Rauigkeit an bewegten Maschinenteilen gibt es keine allgemeingültigen Grenzwerte. Es existieren Richtwerte für spezielle Fälle [2] (zum Beispiel sind Fangstellen durch Wellenenden vermeidbar, wenn diese nicht mehr als das 0,25-fache ihres Durchmessers vorstehen oder glatt rundlaufend und <50 mm breit sind).

Engstellen

Gefährliche Engstellen, meist in Form von Quetschstellen, liegen nach DIN EN 349 dann vor, wenn bezogen auf bestimmte Körperteile, folgende Maße zwischen zwei bewegten Teilen oder zwischen einem bewegten und feststehenden Teil unterschritten werden:

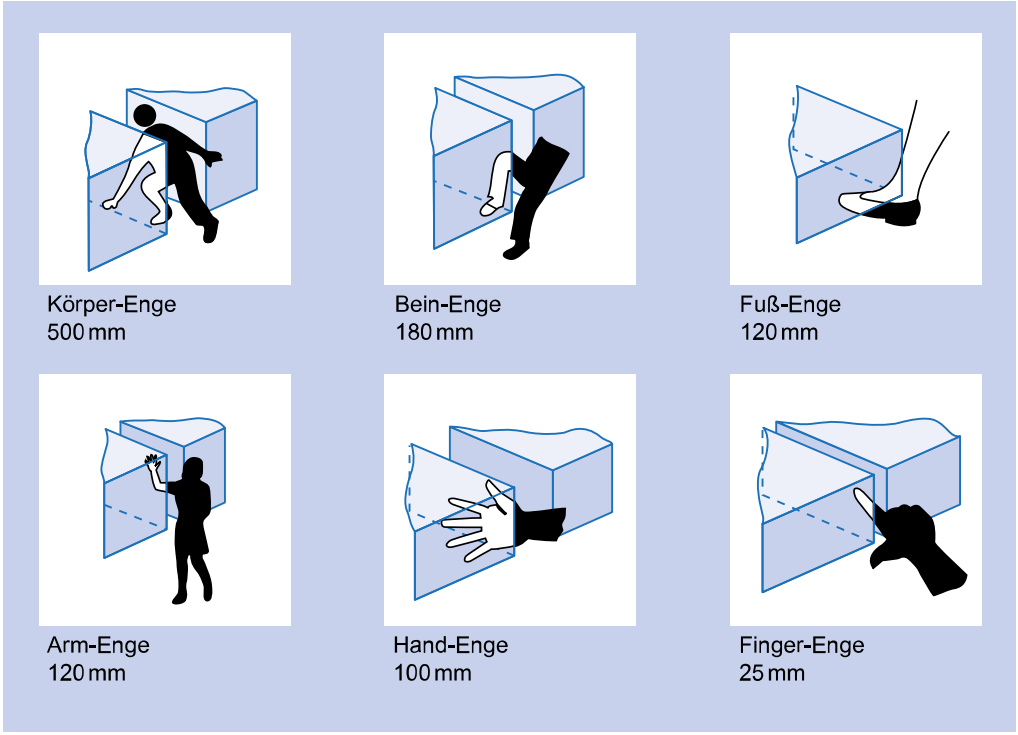


Abbildung 1.1-2. Vermeidung von Quetschstellen nach DIN EN 349

Zur Vermeidung von Quetschstellen der unteren Extremitäten (Zehen, Fuß, Bein) ist DIN EN ISO 13857 "Sicherheit von Maschinen - Sicherheitsabstände gegen das Erreichen von Gefährdungsbereichen mit den oberen und unteren Gliedmaßen" zu beachten.

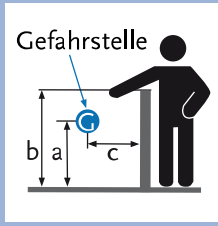
Sicherheitsabstände

Der Sicherheitsabstand ist der Mindestabstand zwischen Mensch und Gefahrstelle, bei dem die Gefahrstelle nicht mehr erreichbar ist. In Abhängigkeit von Lage der Gefahrstelle, Anordnung und Gestalt des Hindernisses (geschlossen oder mit Öffnungen durchbrochen) sowie der auf das Hindernis bezogenen Bewegung des Menschen oder seiner Körperteile werden in DIN EN ISO 13857 "Sicherheit von Maschinen - Sicherheitsabstände gegen das Erreichen von Gefährdungsbereichen mit den oberen und unteren Gliedmaßen" folgende Sicherheitsabstände angegeben:

- vertikale Sicherheitsabstände beim Hinaufreichen (bei geringem und hohem Risiko)
- Sicherheitsabstände beim Herumreichen (für Personen ab 14 Jahre)
- Sicherheitsabstände beim Hindurchreichen durch Öffnungen (für Personen ab 3 Jahre und ab 14 Jahre)
- horizontale Sicherheitsabstände beim Hinüberreichen über Hindernisse (bei geringem und hohem Risiko - siehe Tabelle 1.1-1)

Tabelle 1.1-1 Horizontale Sicherheitsabstände beim Hinüberreichen über Hindernisse (beim geringen Risiko)[1] nach DIN EN ISO 13857

Seitlicher Mindestabstand (nächster, unbehindert erreichbarer Ort zur Gefahrenstelle) zwischen Mensch und Gefahrenstelle:



Höhe des Gefahr-bereichs a	Höhe des festen Hindernisses oder der schützenden Konstruktion b								
	1.000	1.200	1.400	1.600	1.800	2.000	2.200	2.400	2.500
	Horizontaler Abstand zum Gefahrbereich c								
2.500	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2.400	100	100	100	100	100	100	100	100	–
2.200	600	600	500	500	400	350	250	–	–
2.000	1.100	900	700	800	500	350	–	–	–
1.800	1.100	1.000	900	900	600	–	–	–	–
1.600	1.300	1.000	900	900	600	–	–	–	–
1.400	1.300	1.000	900	800	100	–	–	–	–
1.200	1.400	1.000	900	500	–	–	–	–	–
1.000	1.400	1.000	900	300	–	–	–	–	–
800	1.300	900	800	–	–	–	–	–	–
600	1.200	500	–	–	–	–	–	–	–
400	1.200	300	–	–	–	–	–	–	–
200	1.100	200	–	–	–	–	–	–	–
0	1.100	200	–	–	–	–	–	–	–

[1] geringes Risiko: bei Reib-, Stoßstellen o.Ä. (leichte Verletzungen)
hohes Risiko: bei Aufwickel-, Einzugsstellen o.Ä. (schwere Verletungen)

Sicherheitsabstände berechnen

Sicherheitsabstände für nicht trennende Schutzeinrichtungen (zum Beispiel mit Annäherungsreaktion) können wie folgt berechnet werden:

$$S = K \cdot T + C$$

S - Mindestsicherheitsabstand (Abstand zwischen Auslöser der Schutzeinrichtung und Gefahrbereich)
K - Annäherungsgeschwindigkeit
T - gesamte Ansprechzeit der Schutzeinrichtung
C - zusätzlicher Sicherheitsabstand

Als Annäherungsgeschwindigkeit kann angenommen werden:
– für Teilkörperbewegungen (Hand-, Arm-, Fuß-, Beinbewegung): 2,00 m/s
– für Ganzkörperbewegungen: 1,60 m/s

Der zusätzliche Sicherheitsabstand C hängt von der Annäherungsrichtung, Zugangsmöglichkeit zum Gefahrbereich, Typ der Schutzeinrichtung (Objekterkennung) ab (DIN EN ISO 13855).

1.1.3 Arbeitsschutzmaßnahmen

Arten von Schutzeinrichtungen

Zum Schutz vor bewegten Maschinenteilen können unterschiedliche Schutzeinrichtungen eingesetzt werden, siehe Abbildung 1.1-3.

Trennende Schutzeinrichtung

Räumliche Abtrennung der Gefahrstelle gegenüber dem Arbeitsbereich, so dass Personen den Gefahrbereich nicht erreichen können.
Beispiele: Verkleidungen, Verdeckungen, Umzäunungen und Ähnliches

Abweisende Schutzeinrichtung

Körperliches Hindernis, das die Zugangsmöglichkeit zum Gefahrbereich behindert durch Blockierung des freien Zugangs, ohne den Zugang völlig zu verhindern.
Beispiele: Fingerabweiser an Walzeneinläufen, Fußabweiser an Fahrrollen.

Nicht trennende Schutzeinrichtung

Einrichtung ohne trennende oder abweisende Funktion, die die Gefährdungen eliminiert oder reduziert, allein oder in Verbindung mit einer trennenden Schutzeinrichtung (meist mit Steuerungsfunktion).
Beispiele: Verriegelungseinrichtungen, Zweihandschaltungen, sensitive Schutzeinrichtungen

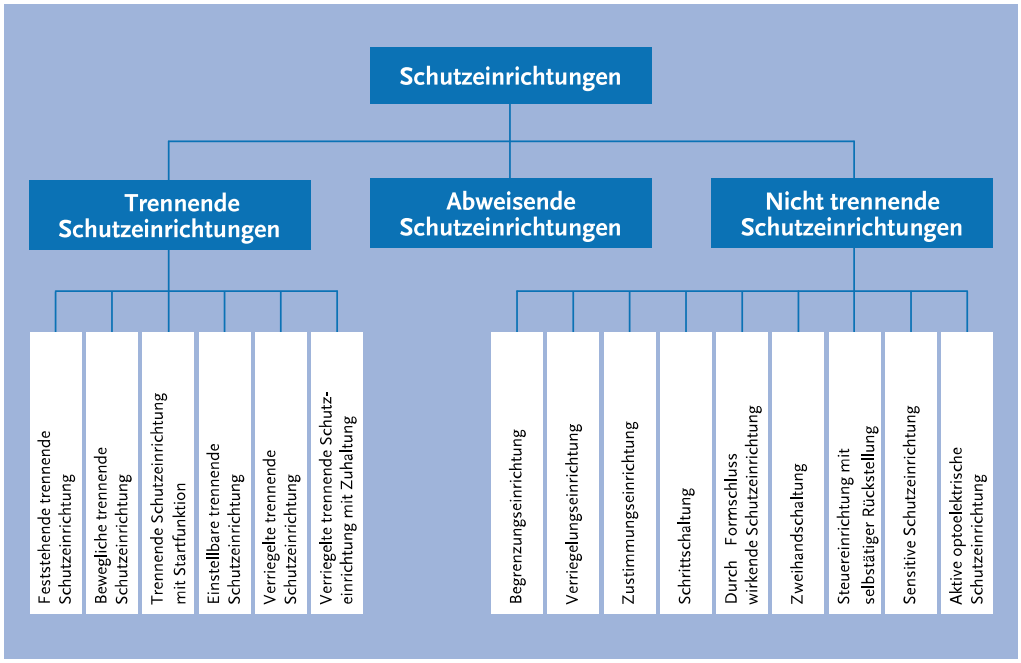


Abbildung 1.1-3. Schutzeinrichtungen nach DIN EN ISO 12100

Auswahl von Schutzeinrichtungen

Die Auswahl der geeigneten Schutzeinrichtung kann in Abhängigkeit vom Wirkungsbereich der Gefahrstelle, der Zugangsmöglichkeit und der notwendigen Eingriffshäufigkeit nach Abbildung 1.1-4 erfolgen.

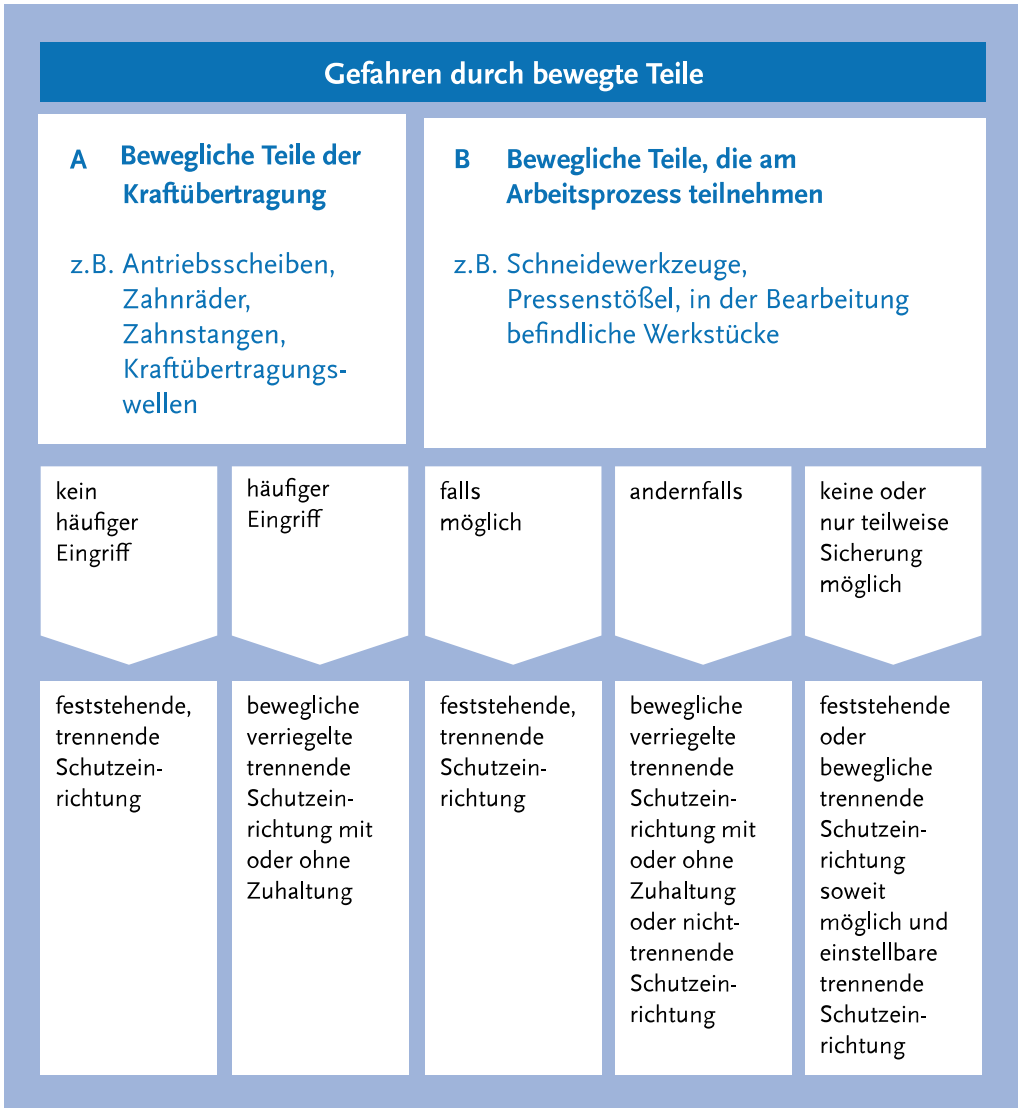


Abbildung 1.1-4. Auswahl von Schutzeinrichtungen nach DIN EN ISO 12100

Sicherheitstechnische Anforderungen für den Normalbetrieb

Bei der Auswahl und beim Einsatz von Schutzeinrichtungen sind für den sicheren Normalbetrieb folgende Maßnahmen zu empfehlen [3] (DIN EN ISO 12100):

- Schutzeinrichtungen sollen möglichst örtlich umfassend und zwangsläufig wirken und möglichst funktionsunabhängig vom technischen Arbeitsmittel sein.
- Schutzeinrichtungen sollen leicht handhabbar sein. Die Anzeigen und Stellteile sollen gut wahrnehmbar bzw. gut erreichbar sowie sicher bedienbar sein und ein unbeabsichtigtes Betätigen ausschließen (DIN EN 894-1 bis -2). Erforderlichenfalls müssen sie verschließbar sein. Ein Umgehen oder außer Funktion setzen der Schutzeinrichtung mit einfachen Mitteln soll nicht möglich sein.
- Bei Ausführung und Einsatz von trennenden Schutzeinrichtungen sollen Sicherheitsabstände gegen Erreichen von Gefahrstellen durch Hinauf-, Hinüber-, Herum- oder Hindurchreichen nach DIN EN ISO 13857, DIN EN ISO 14120 eingehalten werden (siehe "Art der Gefährdungen und deren Wirkungen").
- Schutzeinrichtungen sind entsprechend den Einsatzbedingungen so auszuwählen, dass sie zuverlässig und funktionssicher wirken und bei unvermeidbaren Umgebungseinflüssen, wie Feuchtigkeit, Schmutz, Hitze, nicht ausfallen.

Sicherheitstechnische Anforderungen für besondere Betriebszustände

Folgende Maßnahmen können der Vermeidung oder Beseitigung besonderer Gefahrensituationen bei Störungsbeseitigung, Einrichten, Überprüfen, Anfahren, Probebetrieb und so weiter dienen (DIN EN ISO 12100):

- Es sollen Möglichkeiten zum Ausweichen beziehungsweise Befreien aus dem Gefahrbereich vorhanden sein.
- Das Not-Halt-Gerät soll in Gefahrensituationen erreichbar sein (DIN EN ISO 13850).
- Zur Vermeidung ungewollten Einschaltens des Antriebs oder sonstiger Bewegungen durch Dritte müssen alle Energiearten sicher abgeschaltet sein.
- Bei Energieausfall ist ein Sichlösen von Spanneinrichtungen und gefährliches Herabfallen von Werkzeugen oder Werkstücken zu verhindern, zum Beispiel durch zusätzliche Haltevorrichtungen oder selbsthemmende Vorrichtungen.
- Bei Mehrpersonenbedienung oder Anwesenheit mehrerer Personen sind für Anfahrvorgänge optische/akustische Warneinrichtungen vorzusehen (DIN EN 981). Anfahrvorgänge und ähnliches können besser beobachtet werden, wenn trennende Schutzeinrichtungen (Verkleidungen, Verdeckungen) aus durchsichtigem Material bestehen.
- Bei erforderlichem Aufenthalt im Gefährdungsbereich sind Einrichtungen zum gefahrlosen Betrieb, wie Zustimmeinrichtung oder Schrittschaltung oder eine Betriebsart mit sicher reduzierter Geschwindigkeit geeignet.

Organisatorische und verhaltensbezogene Anforderungen

Auf verbleibende Gefährdungen sollte nach DIN EN ISO 7010, DIN 4844-2, ASR A 1.3 mit Schildern, Sicherheitszeichen und Sicherheitsfarben hingewiesen werden. Kennzeichnungen und Beschriftungen von Stellteilen mit sicherheitsrelevanten Kenndaten (zulässiger Druck, Drehzahl, Geschwindigkeit und so weiter) unterstützen den Bediener in seinem sicherheitsgerechten Verhalten. Auf die Sinnfälligkeit zwischen der Bewegung von Stellteilen und der ausgelösten Wirkung beziehungsweise zwischen Stellteilen und Anzeigen ist zu achten (siehe Abschnitt "Mensch-Maschine/Rechner-Schnittstelle").

Sicherheitswidriges Verhalten ist zu erwarten, wenn Gefährdungen nicht erkannt werden, zum Beispiel durch ungünstige Umgebungseinflüsse (Beleuchtung, Lärm und so weiter), fehlende oder unzureichende Warneinrichtungen. Je schwerer die Erkennbarkeit von Gefahren, desto eingehender sollten Informationen und Unterweisungen der Betroffenen erfolgen.

Um ein Aufwickeln von lose hängendem Haar zu verhindern, ist eine geschlossene Kopfbedeckung erforderlich. Zum Schutz vor bewegten Maschinenteilen hilft sichere Kleidung, zum Beispiel Maschinenschutzanzüge nach DIN EN 510. Handschuhe dürfen bei Arbeiten an rotierenden Maschinenteilen nicht getragen werden. Als Schuhwerk sind zum Schutz vor Gefährdungen durch ungeschützte Maschinenteile Berufsschuhe (ohne Zehenkappen) nach DIN EN ISO 20347, DGUV Regel 112-191 ausreichend (siehe auch PSA -BV).

Bei der Auswahl und beim Einsatz von Personen ist auf deren Leistungsvoraussetzungen zu achten, insbesondere auf die erforderliche Sachkundigkeit für besondere Betriebssituationen und spezielle Tätigkeiten, zum Beispiel bei Einricht- und Umbauarbeiten, Instandhaltungsarbeiten, Überprüfungen. Die Zusammenarbeit von mehreren Beteiligten ist zu koordinieren; falls erforderlich, sind Beaufsichtigung und besondere Absicherungen festzulegen.

1.1.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur (Auswahl)

Gesetze, Verordnungen

- Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)
- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)
- Neunte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Maschinenverordnung) (9. ProdSV)
- PSA-Durchführungsgesetz (PSA-DG)
- PSA-Benutzungsverordnung (PSA-BV)

Technisches Regelwerk zu den Arbeitsschutzverordnungen

- TRBS 2111: Mechanische Gefährdungen - Allgemeine Anforderungen
- TRBS 2111-Teil 1: Mechanische Gefährdungen - Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen beim Verwenden von mobilen Arbeitsmitteln
- TRBS 1203: Befähigte Personen
- ASR A1.3: Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung
- ASR A3.4: Beleuchtung
- ASR A3.4/7: Sicherheitsbeleuchtung, optische Sicherheitsleitsysteme

Berufsgenossenschaftliche Vorschriften

- DGUV Vorschrift 1: Grundsätze der Prävention

Weitere Regeln der Technik

- DIN EN ISO 12100: Sicherheit von Maschinen - Allgemeine Gestaltungsleitsätze - Risikobeurteilung und Risikominderung
- DIN EN ISO 13857: Sicherheit von Maschinen - Sicherheitsabstände gegen das Erreichen von Gefährdungsbereichen mit den oberen und unteren Gliedmaßen
- DIN EN ISO 20347: Persönliche Schutzausrüstung – Berufsschuhe
- DIN EN 349: Sicherheit von Maschinen - Mindestabstände zur Vermeidung des Quetschens von Körperteilen
- DIN EN ISO 13850: Sicherheit von Maschinen - Not-Halt – Gestaltungsleitsätze
- DIN EN ISO 13850 Berichtigung 1: Sicherheit von Maschinen - Not-Halt – Gestaltungsleitsätze - Berichtigung 1
- DIN EN 510: Festlegungen für Schutzkleidungen für Bereiche, in denen ein Risiko des Verfangens in beweglichen Teilen besteht
- DIN EN 547-1: Sicherheit von Maschinen - Körpermaße des Menschen - Teil 1: Grundlagen zur Bestimmung von Abmessungen für Ganzkörper-Zugänge an Maschinenarbeitsplätzen
- DIN EN 547-2: Sicherheit von Maschinen - Körpermaße des Menschen - Teil 2: Grundlagen für die Bemessung von Zugangsöffnungen
- DIN EN 574: Sicherheit von Maschinen -Zweihandschaltungen: Funktionelle Aspekte, Gestaltungsleitsätze
- DIN EN 614-1: Sicherheit von Maschinen - Ergonomische Gestaltungsgrundsätze - Teil 1: Begriffe und allgemeine Leitsätze
- DIN EN ISO 10218-1: Industrieroboter - Sicherheitsanforderungen - Teil 1: Roboter
- DIN EN 842:2009 Sicherheit von Maschinen: Optische Gefahrensignale: Allgemeine Anforderungen, Gestaltung und Prüfung
- DIN EN 894-1: Sicherheit von Maschinen - Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen - Teil 1: Allgemeine Leitsätze für Benutzer-Interaktion mit Anzeigen und Stellteilen
- DIN EN 894-2: Sicherheit von Maschinen - Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen - Teil 2: Anzeigen
- DIN EN 894-3: Sicherheit von Maschinen - Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen - Teil 3: Stellteile
- DIN EN ISO 14120: Sicherheit von Maschinen - Trennende Schutzeinrichtungen : Allgemeine Anforderungen an Gestaltung und Bau von feststehenden und beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen
- DIN EN ISO 13849-1: Sicherheit von Maschinen - Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen - Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze
- DIN EN 981: Sicherheit von Maschinen - System akustischer und optischer Gefahrensignale und Informationssignale
- DIN EN ISO 13855: Sicherheit von Maschinen – Anordnung von Schutzeinrichtungen im Hinblick auf Annäherungsgeschwindigkeiten von Körperteilen

- DIN EN 1005-2: Sicherheit von Maschinen - Menschliche körperliche Leistung - Teil 2: Manuelle Handhabung von Gegenständen in Verbindung mit Maschinen und Maschinenteilen
- DIN EN 1005-3: Sicherheit von Maschinen - Menschliche körperliche Leistung - Teil 3: Empfohlene Kraftgrenzen bei Maschinenbetätigung
- DIN EN 1037: Sicherheit von Maschinen - Vermeidung von unerwartetem Anlauf
- DIN EN ISO 14119: Sicherheit von Maschinen - Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen - Leitsätze für Gestaltung und Auswahl
- DIN EN 12203: Maschinen zur Herstellung von Schuhen, Leder- und Kunstlederwaren - Schuh- und Lederpressen - Sicherheitsanforderungen
- DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1): Sicherheit von Maschinen - Elektrische Ausrüstung von Maschinen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- DIN EN 60204-1 Berichtigung 1 (VDE 0113-1): Sicherheit von Maschinen - Elektrische Ausrüstung von Maschinen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen - Berichtigung 1
- DIN EN 61131-1: Speicherprogrammierbare Steuerungen - Teil 1: Allgemeine Informationen
- DIN EN 61310-1 (VDE 0113-101): Sicherheit von Maschinen - Anzeigen, Kennzeichen und Bedienen - Teil 1: Anforderungen an sichtbare, hörbare und tastbare Signale
- DIN EN 61310-2 (VDE 0113-102): Sicherheit von Maschinen - Anzeigen, Kennzeichen und Bedienen - Teil 2: Anforderungen an die Kennzeichnung
- DIN EN 61496-1 (VDE 0113-201): Sicherheit von Maschinen - Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Prüfungen
- DIN EN 61496-1 Berichtigung 1 (VDE 0113-201): Sicherheit von Maschinen - Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Prüfungen - Berichtigung 1
- DIN EN ISO 13856-1: Sicherheit von Maschinen - Druckempfindliche Schutzeinrichtungen - Teil 1: Allgemeine Leitsätze für die Gestaltung und Prüfung von Schaltmatten und Schaltplatten
- DIN 4844-2: Sicherheitskennzeichnung - Teil 2: Registrierte Sicherheitszeichen
- DIN 4844-2/A1: Sicherheitskennzeichnung - Teil 2: Registrierte Sicherheitszeichen - Änderung 1
- DIN EN ISO 11161: Sicherheit von Maschinen - Integrierte Fertigungssysteme - Grundlegende Anforderungen
- DGUV Information 203-079: Auswahl und Anbringung von Verriegelungseinrichtungen
- DGUV Information 212-515: Persönliche Schutzausrüstungen
- DGUV Regel 112-139: Einsatz von Personen-Notsignal-Anlagen
- DGUV Regel 112-189: Benutzung von Schutzkleidung
- DGUV Regel 112-191: Benutzung von Fuß- und Knieschutz

Geltendes EU-Recht

- Verordnung (EU) 2016/425 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2016 über persönliche Schutzausrüstungen und zur Aufhebung der Richtlinie 89/686/EWG des Rates

Literatur

- [1] Mauser, F.; Mewes, D.; Schliefer, V.:
  Messung und Bewertung von Schließkräften an kraftbetätigten Türen und Toren
  Die BG 1991, 11, 650-653
- [2] Vorath, B.-J.; Lang, K.-H.; Tismer, S.:
  Untersuchungen typischer Unfallgefährdungen durch rotierende Maschinenteile
  Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW 2001.
  (Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Forschung, Fb 910)
- [3] Nohl, J.; Thiemecke, H.:
  Systematik zur Durchführung von Gefährdungsanalysen - Teil II: Praxisbezogene Anwendung
  Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW 1988
  (Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz: Forschung, Fb 542)

Internetangebote/Links

- **Maschinen**
  Informationen zu Maschinen und ihnen gleichgestellten Produkte
- **Normenverzeichnisse**
  Nationale und europäische Normen sowie technische Spezifikationen mit Anforderungen an Produkte zur Gewährleistung von Sicherheit und Gesundheit

– **Persönliche Schutzausrüstungen (PSA)**
  Bereitstellung von persönlichen Schutzausrüstungen auf dem Markt, Bereitstellung von PSA durch den Arbeitgeber sowie die Benutzung durch die Beschäftigten

1.1.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

- Sind bewegte Maschinenteile (Stoß-, Quetsch-, Scher-, Schneid-, Stich-, Fang-, Aufwickel-, Einzugstelle) im Normalbetrieb durch Schutzeinrichtungen vor freiem Zugang geschützt?
- Sind die Schutzeinrichtungen ordnungsgemäß montiert und ausreichend wirksam?
- Müssen die bewegten Maschinenteile bei besonderen Betriebszuständen (zum Beispiel bei Einrichten, Wartung, Inspektion, Störungsbeseitigung) zugänglich sein und sind dafür die sicherheitstechnischen Maßnahmen, zum Beispiel durch Einschaltsperren, Freischalten, Hinweisschilder, Absperrungen, ausreichend?

- Sind die Sicherheitsabstände beziehungsweise Engstellen ausreichend bemessen?
- Sind die Gefahrstellen in ihrer Anordnung beziehungsweise durch Beleuchtung, Staubschutz unter anderem gut wahrnehmbar?

Festgestellte Gefährdungen/Mängel

- bewegte Maschinenteile ... sind im Normalbetrieb frei zugänglich (Stoß-, Quetsch-, Scher-, Schneid-, Stich-, Fang-, Aufwickel-, Einzugstelle)
- Schutzeinrichtungen fehlen / sind demontiert beziehungsweise unzureichend wirksam / defekt aus folgenden Gründen ... (fehlen schon immer, Behinderung, Zeitersparnis, Funktionsmangel, fehlende Reparatur)
- bewegte Maschinenteile ... müssen bei bestimmten Arbeiten ... zugänglich sein (zum Beispiel Einrichten, Wartung, Inspektion, Störungsbeseitigung).
- zu geringe Sicherheitsabstände ... beziehungsweise Engstellen ... zu der Gefahrstelle (hinauf-, hinüber-, herum-, hindurchgreifen; Quetschstelle für Arm, Hand, Fuß)
- schlechte Wahrnehmbarkeit der Gefahrstellen wegen ungünstiger Umfeldbedingungen ... (zum Beispiel Beleuchtung, Staub, Lärm)

Maßnahmen

- geeignete Schutzeinrichtungen einsetzen ... beziehungsweise instandsetzen ...
- Sicherheitsabstände einhalten ...
- Engstellen beseitigen ...
- Arbeitsanweisungen für besondere Betriebszustände erstellen ... (zum Beispiel Wartung, Einrichten)
- sicherheitstechnische Maßnahmen für besondere Betriebszustände durchführen ... (zum Beispiel Einschaltsperren, Freischalten, Hinweisschilder, Absperrung)
- bei unvermeidbaren Gefahrstellen für deren gute Wahrnehmbarkeit sorgen ... (zum Beispiel Kennzeichnung, Beleuchtung, optische oder akustische Warnsignale unter anderem)
- enganliegende Arbeitskleidung, Haarschutz unter anderem vorgeschriebene PSA tragen ...

1.1.6 Autoren und Ansprechpartner

Autoren

– Dr.-Ing. H. Fischer
– Dipl.-Ing. T. Mössner

Ansprechpartner

– Dipl.-Ing. T. Mössner
BAuA, Gruppe 2.4, Dresden

1.2 Teile mit gefährlichen Oberflächen

Gefährliche Oberflächen sind
- Ecken, Kanten,
- Spitzen, Schneiden,
- Oberflächenrauhigkeit

an feststehenden, umherliegenden oder beweglichen Teilen, zum Beispiel an Arbeitsmitteln, baulichen Anlagen, Werkzeugen, Werkstücken, Arbeitsmaterial, Abfällen.

1.2.1 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen

Ursachen für Verletzungen

Verletzungen können entstehen, wenn sich Teile mit gefährlicher Oberfläche

- im Handhabungs- und Bewegungsbereich des Menschen, zum Beispiel an hervorstehenden Stellteilen, Maschinen- oder Anlagenteilen,
- in Engen, zum Beispiel raue Oberflächen in schmalen oder niedrigen Durchgängen, geringen Handfreiräumen,
- an unerwarteten, zeitweiligen Hindernissen im Gehbereich, zum Beispiel plötzliches Öffnen von Türen und Toren,
- an Werkzeugen, Werkstücken, Abfällen,
- an Abrissmaterial oder zerstörten Gegenständen, zum Beispiel Splitter, Scherben, Nägel,
- auf Tritt-, Knie-, Sitzflächen

befinden.

Unfallfolgen

Gefährliche Oberflächen können bewirken:

- Stoßen, Stechen, Schneiden
- Schürfen, Aufreißen
- Einhaken, Hängen bleiben

Form und Abmessungen beeinflussen die Schwere des möglichen Körperschadens. Neben der Oberflächengestalt spielen

- Intensität der Körperbewegung (Geschwindigkeit, Kraft, Weglänge),
- betroffenes Körperteil und dessen spezifische Widerstandsfähigkeit,
- Benutzung von PSA

eine Rolle.

Unfallbegünstigende Faktoren

Unfallbegünstigende Faktoren können sein:

schlechte Wahrnehmbarkeit der gefährlichen Oberfläche durch

- fehlende Sicht
- unzureichende Beleuchtung, zu geringer Kontrast
- unerwartetes, plötzliches Auftreten gefährlicher Oberflächen
- ungünstiger Bewegungsraum, ungünstige Wegführung (Kontaktmöglichkeit mit gefährlichen Oberflächen)
- zu geringe Standfläche, zu enger Bewegungsraum sowie Zwangshaltungen

1.2.2 Grenzwerte, Beurteilungskriterien

Grenzwerte für Abmessungen von gefährlichen Oberflächen gibt es nicht. Schutzmaßnahmen werden unter Berücksichtigung der Technischen Regel zur Betriebssicherheitsverordnung TRBS 2111 und TRBS 2111-Teil 1 festgelegt, aber auch auf der Grundlage von Erfahrungen aus zurückliegenden Schadensereignissen oder auf Grund von Vorschriften. Näheres dazu finden Sie im Abschnitt "Arbeitschutzmaßnahmen".

Entscheidend ist es, den Kontakt des Menschen mit den gefährlichen Oberflächen auszuschließen.

1.2.3 Arbeitsschutzmaßnahmen

Gefährliche Oberflächen vermeiden

Der wirksamste Schutz ist, gefährliche Oberflächen zu vermeiden. Dort, wo dies nicht möglich ist, sollte deren schädigende Wirkung auf ein ungefährliches Maß verringert werden, zum Beispiel durch Abrunden, Anfassen, Entgraten, Verwendung von splitterfreiem Material, Schneiden- oder Kantenschutz, Abpolstern mit weichem Material, Abdecken oder bewegliche Gestaltung, um möglichst große und/oder weiche beziehungsweise nachgiebige Kontaktflächen zu erzielen.

Gefährdungspotenzial auf ungefährlichen Wert verringern

Sind gefährliche Oberflächen unvermeidbar, sollten durch den technologischen Ablauf die Bewegungsrichtungen des Menschen so festgelegt werden, dass es möglichst zu keinem Kontakt kommt oder die Bewegungsräume so angeordnet und bemessen sind, dass mit ausreichendem Sicherheitsabstand ein Kontakt mit den gefährlichen Oberflächen vermieden werden kann, zum Beispiel durch:

- Verwendung von technischen Hilfsmitteln (zum Beispiel Spänehaken)
- freie Bewegungsfläche am Arbeitsplatz ≥1,5 m² bei einer Seitenlänge ≥1,0 m.

Gefährliche Engen vermeiden

Gefährliche Quetschstellen sollten durch Einhaltung folgender Mindestabstände nach DIN EN 349, [1] vermieden werden:

- Ganzkörper-Enge/vertikal: 1.800 mm
- Ganzkörper-Enge/horizontal: 500 mm
- Arm-Enge: 120 mm
- Hand-Enge: 100 mm
- Finger-Enge: 25 mm
- Bein-Enge: 180 mm
- Fuß-Enge: 120 mm

In Abhängigkeit von tätigkeitsbezogener Bewegungsgeschwindigkeit, vom erforderlichen Bewegungsraum sowie von der Art der gefährlichen Oberfläche können zusätzlich Sicherheitszuschläge festgelegt werden.

- Feststehende Bewegungshindernisse sind möglichst zu vermeiden. Ist dies nicht möglich, sollten diese beweglich beziehungsweise elastisch nachgebend gestaltet werden.
- Türen sollten so angebracht sein, dass sie beim Öffnen vorbeiführende Verkehrswege (zum Beispiel Gänge) nicht einengen (ASR A1.7).

Wahrnehmung und Handhabung

Sind gefährliche Oberflächen nicht vermeidbar, sollte für deren Wahrnehmbarkeit gesorgt werden (Beleuchtung).
Bei gefährlichen Oberflächen von Werkzeugen ist auf eine sichere und praktische Handhabung zu achten, zum Beispiel durch sichere Ablagestellen und Behältnisse.
Scharfe und spitze Werkzeuge und ähnliche Gegenstände sollten nicht in der Kleidung getragen werden.

Persönliche Schutzausrüstung

Auch durch persönliche Schutzausrüstungen, wie

- Kopfschutz (Schutzhelm),
- Fußschutz (Sicherheitsschuhe mit durchtrittsicherer Sohle - Kategorie S 3 oder S 5 nach DIN EN ISO 20345),
- Körperschutz (Handschuhe, schnitt- und stichsichere Kleidung - DIN EN ISO 13688, DGUV Regel 112-196, DGUV Regel 112-200)

kann vor gefährlichen Oberflächen geschützt werden (PSA-BV).

1.2.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur

Gesetze, Verordnungen, Richtlinien

- Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)
- PSA-Durchführungsgesetz (PSA-DG)
- PSA-Benutzungsverordnung (PSA-BV)

Technisches Regelwerk zu den Arbeitsschutzverordnungen

- ASR A1.7 Türen und Tore
- TRBS 2111 Mechanische Gefährdungen: Allgemeine Anforderungen
- TRBS 2111-Teil 1 Mechanische Gefährdungen - Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen beim Verwenden von mobilen Arbeitsmitteln

Berufsgenossenschaftliche Vorschriften

- DGUV Vorschrift 1: Grundsätze der Prävention

Weitere Regeln der Technik

- DIN EN ISO 13688: Schutzkleidung - Allgemeine Anforderungen
- DIN EN ISO 20345: Persönliche Schutzausrüstung - Sicherheitsschuhe
- DIN EN 349+A1: Sicherheit von Maschinen - Mindestabstände zur Vermeidung des Quetschens von Körperteilen
- DIN EN 388: Schutzhandschuhe gegen mechanische Risiken
- DIN EN 420: Schutzhandschuhe - Allgemeine Anforderungen und Prüfverfahren
- DGUV Information 209-001: Sicherheit beim Arbeiten mit Handwerkzeugen
- DGUV Information 213-001: Arbeiten in engen Räumen
  (**Hinweis:** Diese Schrift ist nicht mehr aktuell und wird im Zuge der Überführung in eine DGUV Information zu gegebener Zeit neu veröffentlicht.)
- DGUV Regel 113-004: Behälter, Silos und enge Räume; Teil1: Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen
- DGUV Regel 112-189: Benutzung von Schutzkleidung
- DGUV Regel 112-191: Benutzung von Fuß- und Knieschutz
- DGUV Regel 112-193: Benutzung von Kopfschutz
- DGUV Regel 112-195: Einsatz von Schutzhandschuhen
- DGUV Regel 112-196: Einsatz von Stechschutzbekleidung
- DGUV Regel 112-200: Benutzung von Stechschutzhandschuhen und Armschützern

Geltendes EU-Recht

- Verordnung (EU) 2016/425 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2016 über persönliche Schutzausrüstungen und zur Aufhebung der Richtlinie 89/686/EWG des Rates

Literatur

- [1] Nohl, J; Thiemecke, H.:
  Systematik zur Durchführung von Gefährdungsanalysen - Teil II: Praxisbezogene Anwendung
  Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW 1988
  (Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz: Forschung, Fb 542)

1.2.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

- Kann ein Kontakt mit gefährlichen Oberflächen (zum Beispiel Ecken, Kanten, Spitzen, Schneiden, raue Oberflächen) durch trennende Schutzeinrichtungen verhindert werden?
- Sind ausreichend Frei- und Bewegungsräume vorhanden, um einen Kontakt mit den gefährlichen Oberflächen zu vermeiden?
- Werden gefährliche Oberflächen beseitigt beziehungsweise ihre Wirkung verhindert, zum Beispiel durch Entgraten, Schneidenschutz, Handschuhe?
- Sind die gefährlichen Oberflächen in ihrer Anordnung beziehungsweise durch Beleuchtung, Kontrast und Farbe gut wahrnehmbar?

Festgestellte Gefährdungen / Mängel

- Kontakt mit gefährlichen Oberflächen im Bewegungsraum ... möglich (zum Beispiel Ecken, Kanten, Spitzen, Schneiden, raue Oberflächen)
- zu enger Bewegungsraum in Nähe von gefährlichen Oberflächen ...
- gefährliche Oberflächen sind ... (zum Beispiel Beleuchtung, Kontrast, Farbe) schlecht wahrnehmbar

Maßnahmen

- trennende Schutzeinrichtungen einsetzen ... (zum Beispiel Verkleidungen, Verdeckungen)
- gefährliche Oberflächen beseitigen... (zum Beispiel Entgraten, Polstern, Kantenschutz)
- spitze und scharfe Werkzeuge, Werkstücke und so weiter sicher aufbewahren ... (zum Beispiel Behälter, Ablagen)
- technische Hilfsmittel verwenden ... (zum Beispiel Spänehaken)
- Wahrnehmbarkeit verbessern ... (zum Beispiel Beleuchtung)
- ausreichenden Frei- und Bewegungsraum schaffen

1.2.6 Autoren und Ansprechpartner

Autoren:
- Dr.-Ing. H. Fischer
- Dipl.-Ing. T. Mössner

Ansprechpartner:
- Dipl.-Ing. T. Mössner
  BAuA, Gruppe 2.4, Dresden

1.3 Transport und mobile Arbeitsmittel

Mobile Arbeitsmittel

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich schwerpunktmäßig auf:

- Fahrzeuge (zum Beispiel Lkw, Kipper, Anhängefahrzeuge - im Sinne der DGUV Vorschrift 70
- Flurförderzeuge (zum Beispiel Gabelstapler, Hubwagen, Heberoller - im Sinne der DGUV Vorschrift 68
- Krane/Hebezeuge (zum Beispiel Krane mit Tragmitteln, Lkw-Ladekran, Regalbedienkran - im Sinne der DGUV Vorschrift 52 und DGUV Regel 100-500

Sie können auch auf die übrigen Transportmittel sowie andere bewegte Arbeitsmittel (nachfolgend Transportmittel genannt) angewendet werden. Für ortsgebundene Transportmittel, zum Beispiel Stetigförderer (siehe DGUV Regel 100-500), Hebebühnen (siehe DGUV Regel 100-500), sind zusätzlich Abschnitt "Gefährdungen durch ungeschützt bewegte Maschinenteile" und für Aufzugsanlagen die Aufzugsverordnung (12. ProdSV) zu beachten.

1.3.1 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen

Gefährdungen durch Transport- und mobile Arbeitsmittel

Gefährdungsschwerpunkte beim Umgang mit mobilen Arbeitsmitteln sind

- Anfahren oder Überfahren von Personen durch Fahrbewegungen,
- Quetschen von Personen durch Fahrbewegungen (Fahren gegen ein Fahrhindernis oder Entstehung einer gefährlichen Enge, zum Beispiel beim Kuppeln, Rückwärtsfahren, Rangieren, Transportieren),
- Umkippen, Abstürzen und Aufprallen mit mobilen Arbeitsmitteln (zum Beispiel bei Fahren in Kurven, Vertiefungen),
- Umkippen, Sichlösen und Herabfallen von Transportgut, ungesicherten Fahrzeugaufbauten unter anderem (Be- und Entladen von ungesicherter Ladung, bei anstehendem Ladungsdruck, Transport bei unzureichender Last- beziehungsweise Ladungssicherung, Fahrbahnunebenheiten, Hängenbleiben),
- Stürzen von Personen auf/von mobilen Arbeitsmitteln,
- unsichere Auf- und Abstiege sowie Standorte auf dem Arbeitsmittel beim Be- und Entladen, Bedienen, Überwachen/ Kontrollieren, Transportieren, Mitfahren.

Unfallfolgen

Die Schwere von Unfällen durch mobile Arbeitsmittel kann sehr gravierend sein (zum Beispiel waren bei jährlich rund 13 000 meldepflichtigen Staplerunfällen rund 700 schwere Unfälle, davon mindestens 20 Unfälle mit Todesfolge).

1.3.2 Grenzwerte, Beurteilungskriterien

Auswahl der Arbeitsmittel

Mobile Arbeitsmittel dürfen nur dann zur Verfügung gestellt und verwendet werden, wenn sie den für sie geltenden Rechtsvorschriften über Sicherheit und Gesundheitsschutz entsprechen.

Mobile Arbeitsmittel, die Maschinen sind, wie z. B. Baumaschinen, Flurförderzeuge, Krane und deren Lastaufnahmemittel, dürfen erstmalig nur dann in Verkehr gebracht und in Betrieb genommen werden, wenn die Sicherheitsanforderungen und Voraussetzungen nach §§ 3 bis 5 der Maschinenverordnung (9. ProdSV) erfüllt sind.

Bei der Gefährdungsbeurteilung zur Verwendung von Arbeitsmitteln durch den Arbeitgeber hat dieser nach §§ 3 bis 13 der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) unter Berücksichtigung der Technischen Regeln TRBS 2111 und TRBS 2111 Teil 1 die erforderlichen Vorkehrungen zu treffen, so dass bei den gegebenen Einsatzbedingungen die Sicherheit und der Gesundheitsschutz der Beschäftigten gewährleistet sind.

Prüfung der Arbeitsmittel

Des Weiteren sind nach § 3 und § 14 BetrSichV die Erfordernisse für die Prüfung hinsichtlich Art, Umfang, Fristen sowie personelle Voraussetzungen unter Berücksichtigung von TRBS 1201 und TRBS 1203 zu ermitteln beziehungsweise festzulegen. Besonders zu beachten sind Arbeitsmittel, deren Sicherheit von der Montage abhängt (§ 14 BetrSichV).
Bei Änderungen von Arbeitsmitteln ist nach § 10 BetrSichV zu beurteilen, ob es sich um prüfpflichtige Änderungen handelt und ob Herstellerpflichten zu beachten sind.

In Ergänzung dazu werden von den Unfallversicherungsträgern Wartungshilfen mit Anforderungen an die Prüfung von Arbeitsmitteln in DGUV-Vorschriften, -Regeln, -Informationen und -Grundsätzen herausgegeben.

Folgende wiederkehrende Prüfungen der Verkehrs- und Betriebssicherheit kraftbetriebener mobiler Arbeitsmittel durch befähigte Personen werden zum Beispiel empfohlen:

- Fahrzeuge (einschließlich Anhängefahrzeuge): mindestens einmal jährlich nach
  - § 57 DGUV Vorschrift 70 (bisher BGV D29),
  - Straßenverkehrsordnung (StVO),
  - Straßenverkehrszulassungsordnung (StVZO)
- Flurförderzeuge (einschließlich Anbaugeräte): mindestens einmal jährlich nach
  - TRBS 1201,
  - Anlage, § 37 DGUV Vorschrift 68 (bisher BGV D27)
- Anschlagmittel, Lastaufnahmemittel und Tragmittel: siehe TRBS 1201, Anlage.

Prüffristen und Prüfzuständigkeiten für Krane enthält BetrSichV, Anhang 3, Abschnitt 1.

Zustandskontrollen

Zur Feststellung der Verkehrs- und Betriebssicherheit sollten vor Arbeitsbeginn und während der Nutzung Zustandskontrollen an mobilen Arbeitsmitteln, Transporthilfsmitteln, Transportgütern, Transportwegen und Lagerflächen durchgeführt werden. Mängel sollten in ein Kontrollbuch eingetragen werden (§ 36 DGUV Vorschrift 70 (bisher BGV D29), § 9 DGUV Vorschrift 68 (bisher BGV D27), § 30 DGUV Vorschrift 52 (bisher BGV D6)).

1.3.3 Arbeitsschutzmaßnahmen

1. Sichere mobile Arbeitsmittel und Transporthilfsmittel (Fahrzeugaufbauten, Lastaufnahmeeinrichtungen, Behälter und so weiter)

Bewegungsbegrenzungen

Zum Schutz vor gefährlichen Fahrbewegungen werden örtliche Bewegungsbegrenzungen, wie Hubbegrenzungseinrichtungen, Notendhalteeinrichtungen oder Nothalteeinrichtungen, selbsttätige Bremseinrichtungen eingesetzt (zum Beispiel §§ 14, 15, 19, 24 DGUV Vorschrift 52 (bisher BGV D6)).

Auffahrschutz

Als Auffahrschutz können Fußabweiser oder druckempfindliche Schutzbügel an den Rädern der mobilen Arbeitsmitteln angebracht werden.

Rückraumsicherung

Für die Sicherung des rückwärtigen Raums beim Rückwärtsfahren finden neben akustischen und optischen Signal- und Warneinrichtungen sowie Rückfahrscheinwerfern (wegen möglicher Verschmutzung möglichst hoch anzubringen) auch Rückraumsicherungseinrichtungen Anwendung. Bei Verwendung von Infrarot- und Ultraschallsensoreinrichtungen sind je nach Einsatzbedingungen Funktionsstörungen infolge Verschmutzung oder Beschädigung möglich. Sicherer sind Kamera-Monitor-Systeme (KMS) [1], (siehe auch Anhang zur TRBS 2111-1).

Kippschutz

Um ein Kippen oder Abstürzen von Transportmitteln zu verhindern, werden Sicherheits- und Signaleinrichtungen zur Begrenzung von Neigungswinkel, Lastmoment oder Fahrgeschwindigkeit verwendet. Die Ausrüstung mit einem Überrollschutz schützt den Fahrer beim Kippen des Transportmittels.

Aufstiege

Aufstiege, Ein- und Ausstiege sollen sicher und leicht zugänglich sein (§§ 25, 41 DGUV Vorschrift 70 (bisher BGV D29), DA zur DGUV Vorschrift 70 (bisher BGV D29) - Anhang 2), insbesondere durch:
- ausreichend tiefe und breite sowie rutschhemmende Trittflächen
- Höhe der ersten Sprosse/Stufe maximal 0,5 m
- griffgünstige Haltegriffe
- Notaus- oder Notabstiege (§ 8 DGUV Vorschrift 52 (bisher BGV D6)).

Arbeitsstände

Einem sicheren Aufenthalt beim Be- und Entladen, Bedienen, Überwachen, Kontrollieren, Instandhalten dienen folgende Maßnahmen (§§ 24, 41 DGUV Vorschrift 70 (bisher BGV D29)):
- Laufstege >= 0,4 m Breite
- Standfläche mindestens 0,4 x 0,5 m
- rutschhemmende Beläge (möglichst R12 - R13 nach DGUV Regel 108-003 (bisher BGR 181) - siehe Abschnitt "Gefährdungen durch Sturz, Ausrutschen, Stolpern, Umknicken")
- Haltegriffe oder andere Haltemöglichkeiten, erforderlichenfalls zusätzliche Benutzung geeigneter Hilfsmittel, wie Leitern, geeignete Stauräume zur Aufbewahrung von Hilfsmitteln
- Hilfsmittel, die ein Aufsteigen erübrigen, zum Beispiel Haltestangen für Spriegelbretter
- ausreichende Beleuchtung auf Arbeits- und Standflächen, gegebenenfalls Zusatzbeleuchtung
- sichere Arbeitsstände und Arbeitsbühnen für Instandhaltungsarbeiten
- gesicherte hochfahrbare Arbeitsbühnen (Befestigung, Geländer, Hubbegrenzung) (§ 26 DGUV Vorschrift 68 (bisher BGV D27))
- gesonderte Sitzplätze für Beifahrer oder sicherer Aufenthaltsort für mitfahrende Person, um ein Sitzen auf Bordwänden zu vermeiden (§§ 8, 9, 42 DGUV Vorschrift 70 (bisher BGV D29); § 25 DGUV Vorschrift 68 (bisher BGV D27))

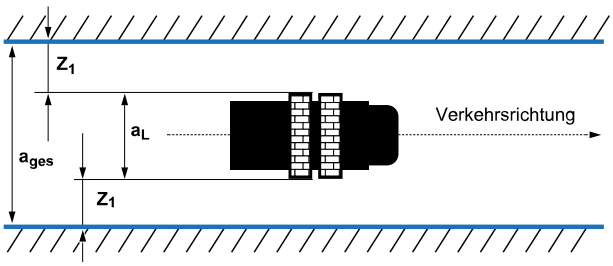
2. Sichere Transport- und Verkehrswege

Transport- und Verkehrswege sollen ausreichend bemessen, tragfähig, eben und gut ausgeleuchtet sein (Anhang, Abschnitt 1.8 ArbStättV, ASR A1.8, DIN 18225).

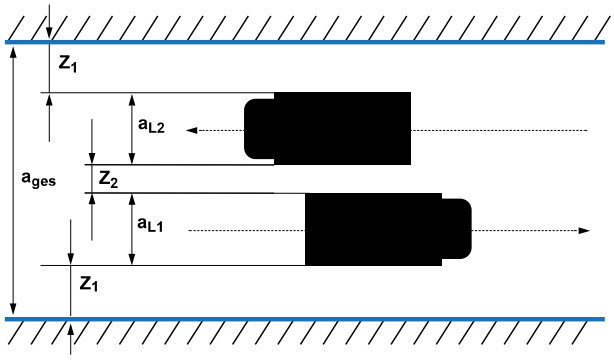
Sichere Wegebreiten

Die Mindestbreite der Wege richtet sich nach der Breite des Transportmittels beziehungsweise des Ladeguts. Zur Vermeidung gefährlicher Engen sind diese mit Sicherheitszuschlägen zu versehen (für nichtschienengebundenen Verkehr, siehe Abbildung 1.3–1). Sicherheitszuschläge (Rand- und Begegnungszuschläge) sind abhängig von der Fahrgeschwindigkeit und der Kombination von Fußgänger- und Fahrzeugverkehr. Bei Geschwindigkeiten des Fahrzeugverkehrs größer als 20 km/h sind größere Werte für Z_1 und Z_2 erforderlich.

Bei Richtungsverkehr: $a_{ges} = a_L + 2 \cdot Z_1$



Bei Begegnungsverkehr: $a_{ges} = a_{L1} + a_{L2} + 2 \cdot Z_1 + Z_2$



a_{ges} Gesamt-Wegebreite
a_L Breite des Transportmittels bzw. -gutes
Z_1 Randzuschlag
Z_2 Begegnungszuschlag

Empfohlene Zuschläge für Geschwindigkeiten ≤ 20 km/h:
- Randzuschlag Z_1 beiderseits 0,50 m (insgesamt also 1,00 m)
- Randzuschlag Z_1 bei gemeinsamem Fußgänger- und Fahrzeugverkehr beiderseits 0,75 m (insgesamt also 1,50 m)
- Begegnungszuschlag Z_2 = 0,40 m

Abb. 1.3-1. Berechnung der Mindestwegebreiten [2] (ASR A1.8)

Für bestimmte Transportoperationen, zum Beispiel Zufuhr-, Stapel-, Wendefahrten, können zusätzliche Sicherheitszuschläge erforderlich sein [3].

In DGUV Regel 108-007 (bisher BGR 234) werden Sicherheitsabstände und Breiten von Verkehrswegen und Gängen in Lagern mit Lagereinrichtungen (Regale und Ähnliches) vorgeschlagen.

Zusätzliche Sicherungsmaßnahmen

An engen und unübersichtlichen Stellen der Verkehrswege sollten zum Schutz von Personen und Sachwerten (zum Beispiel Stapeln) Absperrgeländer, Spiegel oder Anfahrschutz (Abweiser oder Leitplanken in 0,3 m Höhe) angebracht werden.

Richtungsverkehr

Nach Möglichkeit sollte Richtungsverkehr vorgesehen und Begegnungsverkehr vermieden werden. Geh- und Fahrverkehr sollten voneinander getrennt werden.

Kennzeichnung

Die Begrenzungen der Verkehrswege müssen nach Anhang, Abschnitt 1.8 ArbStättV gekennzeichnet sein. Übersichtspläne, Hinweisschilder und Ähnliches zur Verkehrsregulierung im Gelände tragen zur Erhöhung der Transport- und Verkehrssicherheit bei.

3. Sicheres Verhalten und sichere Organisation beim Betreiben des mobilen Arbeitsmittels

Bestimmungsgemäßer Einsatz

Voraussetzung ist der bestimmungsgemäße Einsatz der Transportmittel und Transporthilfsmittel, entsprechend dem in der Dokumentation vorgesehenen Verwendungszweck und unter Beachtung der Betriebsvorschriften (zulässige Höchstgeschwindigkeit, Nutzlast, Achslast, Anhängelast und so weiter).

Anleitungen, Vorschriften

Betriebs- oder Bedienanleitungen, Betriebsvorschriften sollen für das Bedienpersonal zugänglich sein und möglichst in der Sprache des Anwenders vorliegen. Die Unfallverhütungsvorschriften sind an geeigneter Stelle (zum Beispiel Meisterbüro) auszulegen.

Betriebsanweisungen

Können besondere Gefährdungen auftreten, sind nach § 34 DGUV Vorschrift 70 (bisher BGV D29), § 5 DGUV Vorschrift 68 (bisher BGV D27), § 34 DGUV Vorschrift 52 (bisher BGV D6) Betriebsanweisungen mit besonderen Regelungen aufzustellen, zum Beispiel über:

- innerbetrieblichen Verkehr
- Transport gefährlicher Güter
- Personentransport

Für Flurförderzeuge hat nach § 5 DGUV Vorschrift 68 (bisher BGV D27) die Betriebsanweisung in schriftlicher Form vorzuliegen.

Instandhaltung

Weitere Regelungen sollten zur Organisation der Instandhaltung getroffen werden, zum Beispiel:

- planmäßige Wartung und Pflege der mobilen Arbeitsmittel
- Führung von Kontrollbüchern über die laufende Kontrolle der Betriebs- und Verkehrssicherheit und Auswertung der Kontrollbücher
- sachgemäße Lagerung von Lastaufnahme- und Anschlagmitteln (DGUV Regel 100-500 (bisher BGR 500)).

Zusammenarbeit

Des Weiteren kann die Zusammenarbeit mehrerer Personen oder Firmen Regelungen beziehungsweise Absprachen zur Koordinierung des Arbeitsablaufs erforderlich machen, zum Beispiel zwischen Fahrer und Transportarbeitern (Einweisern, Anschlägern)
(§ 30 DGUV Vorschrift 52 (bisher BGV D6), § 46 DGUV Vorschrift 70 (bisher BGV D29)).

Personelle Voraussetzungen

Das Führen von mobilen Arbeitsmitteln erfordert bestimmte Voraussetzungen, Kenntnisse und Fähigkeiten, zum Beispiel durch:

- spezielle Ausbildung (als Fahrzeugführer, Staplerfahrer, Kranfahrer) und Nachweis der Befähigung
- Bestimmung (§ 35 DGUV Vorschrift 70 (bisher BGV D29)) beziehungsweise schriftliche Beauftragung zum Führen ortsveränderlicher kraftbetriebener Arbeitsmittel (§ 35 DGUV Vorschrift 70 (bisher BGV D29)), § 7 DGUV Vorschrift 68 (bisher BGV D27), § 30 DGUV Vorschrift 52 (bisher BGV D6))
- regelmäßige arbeitsplatz- beziehungsweise tätigkeitsbezogene Unterweisungen (§ 4 DGUV Vorschrift 1 (bisher BGV A1), § 29 DGUV Vorschrift 52 (bisher BGV D6), § 35 DGUV Vorschrift 70 (bisher BGV D29), § 7 DGUV Vorschrift 68 (bisher BGV D27))
- Vorsorgeuntersuchungen (für Staplerfahrer nach DGUV Information 240-250 (bisher BGI/GUV-I 504-25))
- Mindestalter des Fahrers für kraftbetriebene mobile Arbeitsmittel in der Regel 18 Jahre.

4. Sicheres Verhalten beim Betrieb des mobilen Arbeitsmittels

Für den sicheren Betrieb eines mobilen Arbeitsmittels gilt es, die folgenden Verhaltensmaßregeln zu beachten:

Sicheres Kuppeln von Fahrzeugen (§ 40 DGUV Vorschrift 70 (bisher BGV D29))

- Beim selbsttätigen Kuppeln das Anhängefahrzeug möglichst auf ebenem Gelände abstellen oder unter Verwendung von Unterlegkeilen feststellen.
- Nicht zwischen den Fahrzeugen aufhalten!
- Beim manuellen Kuppeln - Anhängefahrzeug nicht auf Zugfahrzeug ungebremst auflaufen lassen! Dabei Feststellbremse benutzen bei ausreichendem Frei- und Bewegungsraum.

Sicheres Rückwärtsfahren von Fahrzeugen (§ 46 DGUV Vorschrift 70 (bisher BGV D29), Anhang, Abschnitt 1.3 ArbStättV, ASR A1.3)

- Wenn möglich, Rückwärtsfahren vermeiden!
- Der Einweiser soll sich im Sichtbereich außerhalb des Gefahrenbereichs befinden.
- Eindeutige optische oder akustische Signale geben, zum Beispiel mittels Handzeichen.

Sicheres Rangieren/Bewegen von Fahrzeugen (§ 47 DGUV Vorschrift 70 (bisher BGV D29))

- Wenn möglich, Rangieren vermeiden!
- Sichere Abschleppmittel, wie Abschleppstange, -seil, -kette, verwenden.
- Erforderlichenfalls beim manuellen Bewegen eine Bremsmöglichkeit benutzen.

Vermeidung von Kippgefährdungen bei Fahrzeugen (§§ 37, 45 DGUV Vorschrift 70 (bisher BGV D29))

- Bei Benutzung von Kipp-, Hub- und Schwenkeinrichtungen, Einachshängern sowie höhenverstellbaren Stützeinrichtungen auf die stabile Gleichgewichtslage achten. Zu einer gefährlichen Schwerpunktverlagerung kann es auch beim Be- und Entladen durch Veränderung der Lastverteilung kommen. Dabei besonders Gesamtgewicht, Achslast beziehungsweise Stützlast sowie Lastverteilung beachten.
- Die Standsicherheit wird kritisch, wenn sich der Körperschwerpunkt nahe der **Kippkante**, im ungünstigsten Fall vor der Kippkante (in Kipprichtung gesehen) befindet. Ein Beispiel für ein Arbeitsmittel mit ungünstiger Standsicherheit zeigt Abbildung 1.3-2.

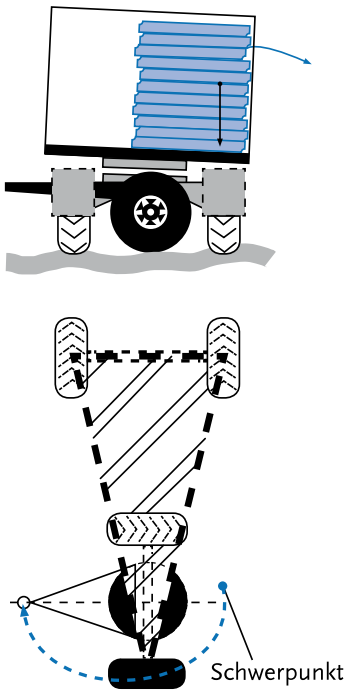


Abbildung 1.3-2. Beispiel für ein Arbeitsmittel mit ungünstiger Standsicherheit

– Kippgefahr besteht, wenn sich der durch einseitige Ladung verschobene Schwerpunkt außerhalb der schraffierten Fläche befindet und das **Kippmoment** größer ist als das Standmoment des Hängers. Ebenso kann eine außermittige Schwerpunktlage durch einseitiges Entladen/Entlasten des mobilen Arbeitsmittels auf der schwerpunktabgewandten Seite oder durch einseitiges Einsinken der Räder (beim Befahren unbefestigter Wege oder Durchfahren von Löchern und Vertiefungen) auf der Schwerpunktseite entstehen. Die Standsicherheit von mobilen Arbeitsmitteln hängt maßgeblich von der Form und Größe der Stand- beziehungsweise Kippkantenfläche und damit von der Konstruktion ab.

Vermeidung von Kippgefährdungen bei Flurförderzeugen (§ 8 DGUV Vorschrift 68 (bisher BGV D27))

– **Hubmaststellung**
  Lastschwerpunkt-Diagramm beachten. Die Last möglichst am Gabelrücken anliegend mit zurückgeneigtem Hubmast und in möglichst niedriger Stellung verfahren (Ausnahmen: § 12 DGUV Vorschrift 68 (bisher BGV D27)).
– **Fahrweise**
  Last bergseitig und nicht über Vertiefungen oder Schrägen führen. In Kurven langsam fahren. Beim Kippen nicht abspringen.

Vermeidung von Kippgefährdungen bei Kranen (§§ 30, 31 DGUV Vorschrift 52 (bisher BGV D6))

Lastmomentbegrenzung einstellen. Windsicherungsmaßnahmen durchführen, im Allgemeinen bei Windgeschwindigkeiten > 15 m/s.

Sicherung des mobilen Arbeitsmittels

Abgestellte mobile Arbeitsmittel gegen ungewolltes Wegrollen, zum Beispiel mittels Feststellbremse und/oder Verschiebe- und Wegrollsicherungen (Unterlegkeile), sichern (§§ 30, 55 DGUV Vorschrift 70 (bisher BGV D29), § 15 DGUV Vorschrift 68 (bisher BGV D27)).

Ladungssicherung

– Nach Beendigung des Ladevorgangs erforderlichenfalls die Ladung sichern (BGHM Information 108), zum Beispiel durch **Festzurren** (DIN 75410-1, [4]). Ein Hinausragen der Ladung über die Fahrzeugaußenbegrenzung vermeiden. **Nach hinten hinausragende Ladung kenntlich machen,** zum Beispiel mit Warnflagge bei 1,00 m

Überstand (§ 37 DGUV Vorschrift 70 (bisher BGV D29), DIN 75410-1).
- Können Lasten auf den Fahrer von Flurförderzeugen herabfallen, ist in Abhängigkeit von deren Größe und Gewicht nach §§ 11, 13 DGUV Vorschrift 68 (bisher BGV D27) ein **Lastschutzgitter** beziehungsweise Fahrerschutzdach erforderlich.

Be- und Entladen

- Personen dürfen sich unter angehobenen Lasten **nicht unnötig aufhalten**. Ein unvermeidbares Hinwegführen von Lasten über Personen ist nur bei spezieller Sicherung zulässig (§ 30 DGUV Vorschrift 52 (bisher BGV D6)). Pendelnde Last sollte mit Halteseil oder Haltestange geführt werden. Ebenso dürfen Instandhaltungsarbeiten unter angehobenen oder geöffneten Aufbauten nur bei sicherer Abstützung erfolgen (§ 56 DGUV Vorschrift 70 (bisher BGV D29)). Der Personentransport mit Kran ist nur dann gestattet, wenn zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen durchgeführt wurden (TRBS 2121-4) (§ 36 DGUV Vorschrift 52 (bisher BGV D6), DGUV Information 209-012 (bisher BGI 555)).
- Beim Bewegen und Absetzen von Lasten ist nach § 32 DGUV Vorschrift 52 (bisher BGV D6) ein **Sicherheitsabstand** von mindestens 0,5 m zwischen den kraftbewegten äußeren Teilen des Krans und den festen Teilen der Umgebung, des gelagerten Materials oder der abgesetzten Last einzuhalten.
- Bestehen beim Be- und Entladen von mobilen Arbeitsmitteln Gefährdungen durch herabfallende schwere Lasten, ist nach § 54 DGUV Vorschrift 70 (bisher BGV D29) das Führerhaus zu verlassen.
- Das Öffnen von Bordwänden bei anstehendem Ladungsdruck sollte vorsichtig erfolgen. Für ein sicheres Öffnen und Schließen der Ladebordwände sind ausreichende Freiräume erforderlich (§ 38 DGUV Vorschrift 70 (bisher BGV D29)).

1.3.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur

Gesetze, Verordnungen

- Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)
- Zwölfte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Aufzugsverordnung - 12. ProdSV)
- Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (Betriebssicherheitsverordnung - BetrSichV)
- Neunte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Maschinenverordnung) (9. ProdSV)
- Straßenverkehrs-Ordnung (StVO)
- Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO)
- Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Benutzung persönlicher Schutzausrüstungen bei der Arbeit (PSA-Benutzungsverordnung - PSA-BV)

Technische Regelwerke zu den Arbeitsschutzverordnungen

- ASR A1.5/1,2: Fußböden
- ASR A1.7: Türen und Tore
- ASR A1.8: Verkehrswege
- TRBS 2111: Mechanische Gefährdungen: Allgemeine Anforderungen
- TRBS 2111-Teil 1: Mechanische Gefährdungen - Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen beim Verwenden von mobilen Arbeitsmitteln
- TRBS 1203: Befähigte Personen

Vorschriften der Berufsgenossenschaften

- DGUV Vorschrift 1 (bisher BGV A1): Grundsätze der Prävention
- DGUV Vorschrift 52 (bisher BGV D6): Krane
- DGUV Vorschrift 54 (bisher BGV D8): Winden, Hub- und Zuggeräte
- DGUV Vorschrift 68 (bisher BGV D27): Flurförderzeuge
- DGUV Vorschrift 70 (bisher BGV D29): Fahrzeuge

Weitere Regeln der Technik

- DIN EN 1757-3: Sicherheit von Flurförderzeugen - Handbetriebene und teilweise handbetriebene Flurförderzeuge - Teil 3: Plattformwagen
- DIN 15003: Hebezeuge; Lastaufnahmeeinrichtungen, Lasten und Kräfte, Begriffe
- DIN 15019-1: Krane; Standsicherheit für alle Krane außer gleislosen Fahrzeugkranen und außer Schwimmkranen
- DIN 15026: Hebezeuge; Kennzeichnung von Gefahrstellen
- DIN EN 1525: Sicherheit von Flurförderzeugen - Fahrerlose Flurförderzeuge und ihre Systeme
- DIN EN 16307-1: Flurförderzeuge – Sicherheitsanforderungen und Verifizierung – Teil 1: Zusätzliche Anforderungen für motorkraftbetriebene Flurförderzeuge mit Ausnahme von fahrerlosen Flurförderzeugen, Staplern mit veränderlicher Reichweite und Lasten- und Personentransportfahrzeugen
- DIN EN 15000: Sicherheit von Flurförderzeugen - Kraftbetriebene Stapler mit veränderlicher Reichweite - Spezifikation, Leistung und Prüfbedingungen für Lastmomentanzeiger in Längsrichtung und Lastmomentbegrenzer in Längsrichtung
- DIN EN ISO 3691-1: Sicherheit von Flurförderzeugen - Sicherheitsanforderungen und Verifizierung - Teil1: Motorkraftbetriebene Flurförderzeuge mit Ausnahme von fahrerlosen Flurförderzeugen, Staplern mit veränderlicher Reichweite und Lastentransportfahrzeugen
- DIN EN ISO 3691-3: Flurförderzeuge - Sicherheitstechnische Anforderungen und Verifizierung - Teil 3: Zusätzliche Anforderungen für Flurförderzeuge mit hebbarem Fahrerplatz und Flurförderzeuge, die zum Fahren mit angehobener Last ausgelegt sind
- DIN EN ISO 3691-6: Flurförderzeuge - Sicherheitstechnische Anforderungen und Verifizierung - Teil 6: Lasten- und Personentransportfahrzeuge
- DIN ISO 22915-2: Flurförderzeuge - Prüfung der Standsicherheit - Teil 2: Gegengewichtstapler mit Hubgerüst
- DIN 18225: Industriebau; Verkehrswege in Industriebauten
- DIN 33409: Sicherheitsgerechte Arbeitsorganisation; Handzeichen zum Einweisen
- DIN 74040: Mechanische Verbindungen für Kraftfahrzeuge und Anhängerfahrzeuge; Zuggabeln, Anschlußmaße

- DIN EN 12642: Ladungssicherung auf Straßenfahrzeugen - Aufbauten an Nutzfahrzeugen - Mindestanforderungen
- DIN 75410-1: Ladungssicherung auf Straßenfahrzeugen - Teil 1: Zurrpunkte an Nutzfahrzeugen zur Güterbeförderung mit einer zulässigen Gesamtmasse bis 3,5 t; Mindestanforderungen
- VDI 2194: Auswahl und Ausbildung von Kranführern
- VDI 2194a: Kranführerausweis
- VDI 2700 Blatt 3.1: Ladungssicherung auf Straßenfahrzeugen - Gebrauchsanleitung für Zurrmittel
- VDI 2700 Blatt 6: Ladungssicherung auf Straßenfahrzeugen - Zusammenladung von Stückgütern
- VDI 2700 Blatt 11: Ladungssicherung auf Straßenfahrzeugen - Ladungssicherung von Betonstahl
- VDI 2700 Blatt 15: Ladungssicherung auf Straßenfahrzeugen - Rutschhemmende Materialien
- VDI 3313: Fahrerausweis für motorkraftbetriebene Flurförderzeuge im innerbetrieblichen Werksverkehr mit Sicherheitshinweisen für Fahrer/-innen von Sitz-, Stand- und Mitgänger-Flurförderzeugen
- DGUV Grundsatz 309-001 (bisher BGG 905): Prüfung von Kranen
- DGUV Grundsatz 314-002 (bisher BGG 915): Prüfung von Fahrzeugen durch Fahrpersonal
- DGUV Grundsatz 314-003 (bisher BGG 916): Prüfung von Fahrzeugen durch Sachkundige
- DGUV Grundsatz 308-001 (bisher BGG 925): Ausbildung und Beauftragung der Fahrer von Flurförderzeugen mit Fahrersitz und Fahrerstand
- DGUV Grundsatz 309-006 (bisher BGG 943): Prüfbuch für den Kran
- DGUV Grundsatz 309-009 (bisher BGG 961): Kran-Kontrollbuch
- BGHM Information 108: Be- und Entladen von Fahrzeugen
- DGUV-Information 208-004 (bisher BGI 545): Gabelstapler
- DGUV Information 209-012 (bisher BGI 555): Kranführer
- DGUV Information 209-013 (bisher BGI 556): Anschläger
- DGUV Information 240-250 (bisher BGI/GUV-I 504-25): Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 25 "Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten"
- DGUV Regel 101-005 (bisher BGR 159): Hochziehbare Personenaufnahmemittel
- DGUV Regel 108-006 (bisher BGR 233): Ladebrücken und fahrbare Rampen
- DGUV Regel 108-007 (bisher BGR 234): Lagereinrichtungen und -geräte
- DGUV Regel 100-500 (bisher BGR 500): Betreiben von Arbeitsmitteln

Literatur

- [1] Reinhardt, O.; Kirchner, J.-H.:
  Verhütung von Unfällen beim Be- und Entladen von Lastkraftwagen
  Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW 1996
  (Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz: Forschung, Fb 741)
  ISBN 3-89429-727-1
- [2] Weißgerber, B.:
  Innerbetriebliche Verkehrswege. Sicher gestaltet
  Dortmund: BAuA 2000
  (BAuA-Quartbroschüre)
  ISBN 3-88261-327-0
- [3] Lehder, G.; Uhlig, D.:
  Betriebsstättenplanung und Arbeitsschutz
  Sicherheitsingenieur (1996), 6, 12-17.
- [4] Bundesverband Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung,
  Berufsgenossenschaft für Transport und Verkehrswirtschaft (Hrsg.):
  Beladung und Ladungssicherung auf dem Nutzfahrzeug - Leitfaden für Fahrer
  Stand: Februar 2009

1.3.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

- Wird die Prüfung beziehungsweise Kontrolle der Betriebs- und Verkehrssicherheit der mobilen Arbeitsmittel regelmäßig und zu den vorgeschriebenen Prüffristen durchgeführt, zum Beispiel für Hebezeuge, Lastaufnahmeeinrichtungen, Flurförderzeuge, Fahrzeuge?
- Sind technische und organisatorische Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen beim Kuppeln, Rückwärtsfahren oder Rangieren ausreichend, zum Beispiel durch Rückraumüberwachung, Zusatzspiegel, Zusatzbeleuchtung am Fahrzeug, Wegebeleuchtung, weiträumige Wegführung, Regelungen zur Einweisung?
- Sind technische und organisatorische Regelungen zum Schutz vor Gefährdungen durch Umkippen, Abstürzen und Aufprallen von mobilen Arbeitsmitteln ausreichend, zum Beispiel durch Absicherung von Gruben, übersichtliche und kreuzungsfreie Verkehrswege, nur befugte Benutzung von mobilen Arbeitsmitteln?
- Sind Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen durch Umkippen, Sichlösen und Herabfallen von Transportgut ausreichend, zum Beispiel durch Regelungen zur Ladungssicherung, Verbot unerlaubten Aufenthaltes, Ebenheit von Transportwegen?
- Sind Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen durch Sturz auf beziehungsweise von dem mobilen Arbeitsmitteln ausreichend, zum Beispiel durch Vermeidung beziehungsweise Beseitigung von Verunreinigungen oder Stolperstellen auf Ladeflächen, geeignete Aufstiege und Haltemöglichkeiten?

Festgestellte Gefährdungen und Mängel

- Gefährdung durch Anfahren oder Überfahren durch mobile Arbeitsmittel infolge ... (zum Beispiel unzureichende Betriebs- und Verkehrssicherheit, unübersichtliche, sich kreuzende Verkehrswege)
- Gefährdung durch Quetschen beim Kuppeln, Rückwärtsfahren, Rangieren von Transportmittel infolge ... (zum Beispiel fehlende Rückraumüberwachung / Einweisung, enge Wegführung)
- Gefährdung durch Umkippen, Abstürzen und Aufprallen von Transportmittel infolge ... (zum Beispiel zu schnelle Kurvenfahrt, fehlende Absicherung von Gruben)
- Gefährdung durch Umkippen, Sichlösen und Herabfallen von Transportgut infolge ... (zum Beispiel ungesicherte Ladung, fehlende Auffangeinrichtung, unzulässiger Aufenthalt)
- Gefährdung durch Sturz auf / von dem Transportmittel infolge ... (zum Beispiel rutschige oder unebene Ladefläche, fehlende / unzureichende Aufstiege und Haltemöglichkeiten)

Maßnahmen mobile Arbeitsmittel

- regelmäßige und fristgemäße Prüfungen der mobilen Arbeitsmittel veranlassen ... (zum Beispiel für Hebezeuge, Lastaufnahmeeinrichtungen, Flurförderzeuge, Fahrzeuge)
- Betriebs- und Verkehrssicherheit ständig kontrollieren ... (zum Beispiel Führung eines Kontrollbuches/Fahrtenbuchs)
- Vollständigkeit der technischen Ausstattung von Fahrzeugen regelmäßig kontrollieren ... (zum Beispiel Wegrollsicherungen, Ladungssicherungen, Aufstiegshilfen, Erste-Hilfe-Ausrüstung)
- technische Maßnahmen zur Überwachung und Sicherung des Rückraums beim Rückwärtsfahren ... (zum Beispiel Nachrüstung mit Überwachungseinrichtungen, Zusatzbeleuchtung, Zusatzspiegel)
- Regelungen zu den Gefahrenschwerpunkten Kuppeln, Rückwärtsfahren, Rangieren ... (zum Beispiel Regelungen zur Einweisung, zum Kuppeln; spezielle Unterweisungen

Maßnahmen Transportwege

- Transportwege freihalten ...; Sicht nicht versperren ... (besonders in Nähe von Türen, Toren, Durchgängen, Kreuzungen)
- Transportwege kennzeichnen und ausreichend beleuchten
- Transportwege möglichst überschneidungsfrei gestalten ... (möglichst vom Fußgängerverkehr trennen oder Richtungsverkehr)
- ausreichende Tragfähigkeit, Fahr- und Trittsicherheit auf Transportwegen gewährleisten ... (zum Beispiel Instandhaltung, Reinigung, Winterdienst)

Maßnahmen Verhalten und Organisation

- unbefugtes Benutzen von mobilen Arbeitsmitteln verhindern ... (zum Beispiel Einschaltsperren, unbefugten Zugang zu Zündschlüssel verhindern)

- nur geeignete, ausgebildete und beauftragte Personen zum Führen der mobilen Arbeitsmittel einsetzen ... (zum Beispiel Vorsorgeuntersuchungen, Ausbildung, schriftliche Beauftragung)
- auf Gefährdungen beim Aufenthalt unter schwebenden, pendelnden oder möglichen herabstürzenden Lasten hinweisen beziehungsweise unterweisen ... (zum Beispiel Hinweisschilder, Regelungen, Aufenthaltsverbote, Unterweisungen)

1.3.6 Autoren und Ansprechpartner

Autoren

- Dr.-Ing. H. Fischer
- Dipl.-Ing. M. Kittelmann
- Dipl.-Ing. T. Mössner

Ansprechpartner

- Dipl.-Ing. M. Kittelmann
  BAuA, Gruppe 2.4, Dresden

1.4 Unkontrolliert bewegte Teile

Die unkontrolliert bewegten Teile (Abbildung 1.4-1) unterscheiden sich von den geführt bewegten Teilen dadurch, dass der örtliche und zeitliche Wirkungsbereich der Bewegung und deren Parameter, wie kinetische Energie und Oberflächengestalt der geführt bewegten Teile weitgehend bekannt oder vorherbestimmbar sind.

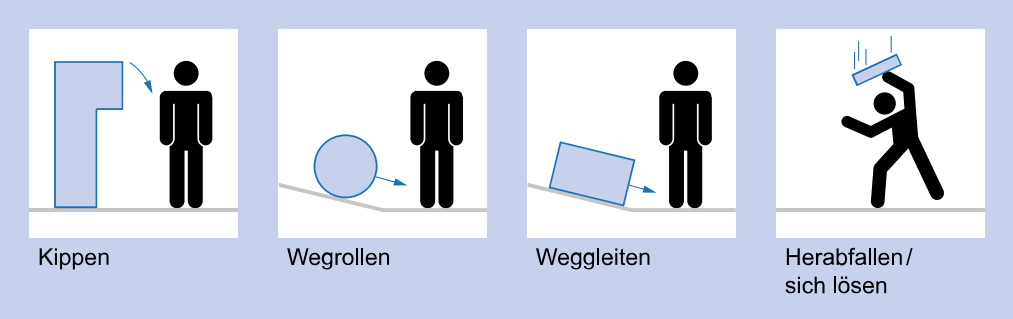


Abbildung 1.4-1. Gefahrstellen durch unkontrolliert bewegte Teile

Unkontrolliert bewegte Arbeitsmittel sind zum Beispiel fahrbare oder stationäre Maschinen, Anlagen, einzelne Bauteile und-gruppen sowie Transportgüter, die unkontrolliert kippen, rollen, gleiten, herabfallen und dabei Personen treffen können. Solche Bewegungen sind in der Regel ungewollt. Sie sind in Wirkungsrichtung und in der Intensität ihres Wirkens meist schwer vorherbestimmbar.

Bei der Gefährdungsbeurteilung der eingesetzten Arbeitsmittel und Festlegung von Schutzmaßnahmen sind die Technischen Regeln für Betriebssicherheit TRBS 2111 und TRBS 2111-Teil 1 zu berücksichtigen.

1.4.1 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen

Gefährdungen durch unkontrolliert bewegte Teile lassen sich in drei unterschiedliche Kategorien einteilen, in Gefährdungen durch
- kippende, pendelnde Teile,
- rollende/gleitende Teile und
- herabfallende oder sich lösende, berstende und wegfliegende Teile.

Gefährdungen durch kippende, pendelnde Teile

Instabile Schwerpunktlage

Kippfähig sind Gegenstände, das heißt Arbeitsgegenstände, Arbeitsmittel oder deren Teile, mit instabiler oder ungünstiger Schwerpunktlage, wie
- schlanke, hohe oder kopflastige Teile,
- Stapel,
- bewegte, teilgefüllte Flüssigkeitsbehälter,
- bewegte Teile bei Transport, Montage,
- flache Teile bei hohen Krafteinwirkungen.

Schwerpunktverlagerung mit Kippbewegung

Eine Schwerpunktverlagerung und damit gleichzeitige Kippbewegung kann durch Anstoßen, Drücken, Hängenbleiben oder durch eigene Schwerkraft erfolgen, wie durch
- äußere Krafteinwirkung (Horizontalkräfte), zum Beispiel maschinelle, menschliche Kräfte, Windkraft,
- Einwirkung von Brems- oder Beschleunigungskräften, zum Beispiel bei Bremsung, Not-Halt, Anfahren, Kurvenfahrt,
- Schwerkraftwirkung bei Änderung des Neigungswinkels von Bewegungs- oder Standflächen, zum Beispiel bei einseitigem Einsinken von Lagergut in weichen Untergrund, beim Fahren über Bodenunebenheiten,
- Schwerkraftwirkung bei talseitigem Führen kopflastiger Teile,
- Massenverlagerung, zum Beispiel durch Lageveränderung von Bauteilen, einseitiges Beladen mit Material, bei Kurvenfahrt teilgefüllter Flüssigkeitsbehälter, bei Verschieben von Bauteilen über Kippkante.

Vorhandene Kippsicherungen, Verankerungen oder sonstige Befestigungen können dabei überwunden werden.

Gefährdungen durch rollende/gleitende Teile

Krafteinwirkung auf rollende/gleitende Teile

Durch Einwirkung von Kräften können roll- oder gleitfähige Gegenstände, Stapelgut, Schüttgut und Ähnliches ins Rollen oder Gleiten geraten und Personen verletzen.

Einwirkende Kräfte können sein:
- äußere Krafteinwirkung (insbesondere Stöße, Erschütterungen) durch maschinelle, menschliche Kräfte, Windkraft
- Brems- oder Beschleunigungskräfte, zum Beispiel bei Bremsung, Not-Halt, Anfahren, Kurvenfahrt
- Schwerkraft (horizontal wirkende Komponente), zum Beispiel bei Stapeln oder Änderung des Neigungswinkels der Standfläche.

Fehlende Schutzeinrichtungen

Gefährdungen entstehen insbesondere, wenn Schutzeinrichtungen, zum Beispiel Wegrollsicherungen oder sonstige Bewegungshindernisse, die ein Rollen oder Gleiten verhindern beziehungsweise die Teile auffangen sollen, fehlen, beseitigt oder überwunden wurden.

Gefährdungen durch herabfallende oder sich lösende, berstende und wegfliegende Teile

Mangelnde Sicherung

Gefährdungen können ausgehen von höher liegenden Gegenständen wie Werkzeugen, Werkstücken, Bauteilen, die durch

– Lösen von Verriegelungen, Halterungen, Befestigungen,
– Lösen von anhaftenden Gegenständen (klebend, magnetisch und Ähnliches),
– Erschütterungen, Anstoßen, Hängenbleiben und Mitreißen,
– Materialbruch,
– Löcher, fehlende Begrenzungen

herabfallen und anwesende Personen treffen können.

Bersten unter Druck und durch Fliehkraft

Ein Getroffenwerden von unkontrolliert sich lösenden, berstenden und wegfliegenden Teilen beziehungsweise versprühtem oder verspritztem Material ist möglich durch

– Zerbersten, Versprühen, Verspritzen, Herumschlagen von unter Druck oder Spannung stehenden Materialien oder Medien infolge Materialfehler/Funktionsfehler, fehlender Druckentlastung (zum Beispiel geborstene Leitungen, Verbindungen von hydraulischen oder pneumatischen Ausrüstungen, die zu Verletzungen durch herausgeschleuderte Bauteile, heraussprühende heiße Medien, schlagende flexible Schläuche unter anderem führen können),
– Zerbersten von bewegten Teilen, Lösen von Befestigungen, Halterungen (zum Beispiel von rotierendem Werkzeug infolge Fliehkraftwirkung),
– Auftreffen auf Bewegungshindernis und Abprallen vom Hindernis.

Durch das Fehlen von Auffangeinrichtungen beziehungsweise von persönlicher Schutzausrüstung (Helm, Gesichtsschutz, Schutzbrille) steigt die Verletzungsgefahr, siehe Abschnitt Arbeitsschutzmaßnahmen.

1.4.2 Grenzwerte, Beurteilungskriterien

Beurteilung der Kippsicherheit und Standsicherheit

Kippsicherheitsnachweis

Der wichtigste Nachweis der Standsicherheit ist der Kippsicherheitsnachweis. Zur Vermeidung des Kippens kippfähiger Gegenstände gilt die Bedingung:

Σ Standmomente M_S > Σ Kippmomente M_K

Das heißt, die Summe der Standmomente M_S muss, bezogen auf die Kippkante K, größer sein als die Summe der durch äußere Kräfte hervorgerufenen Kippmomente M_K (Abbildung 1.4-2).

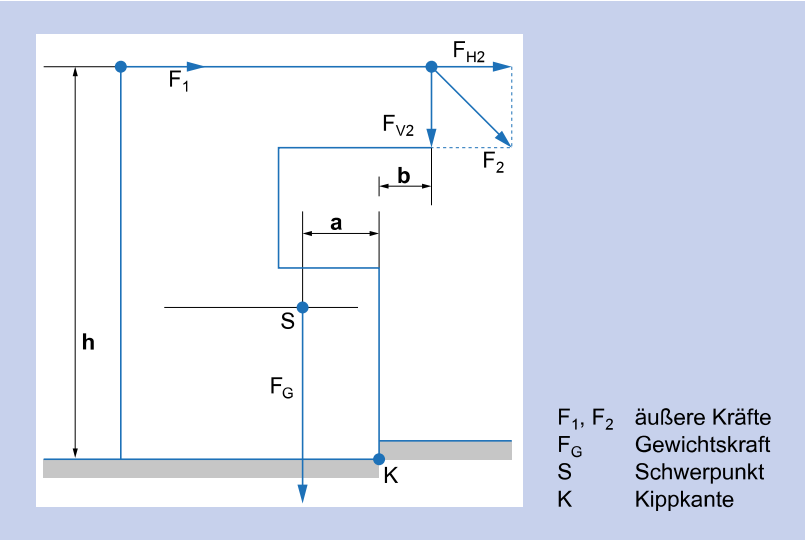


Abbildung 1.4-2. Standsicherheit eines Körpers

Die äußeren Kräfte sind darauf gerichtet, den Körper um die Kippkante K zu kippen.

Die Summe der Standmomente M_S beträgt: $F_G \cdot a$

Summe der Kippmomente M_K: $F_1 \cdot h + F_{H2} \cdot h + F_{V2} \cdot b$

Kippsicherheit ist vorhanden, wenn $F_G \cdot a > F_1 \cdot h + F_{H2} \cdot h + F_{V2} \cdot b$

Standsicherheitsnachweis

Die Standsicherheit wird kritisch, wenn sich der Körperschwerpunkt nahe der Kippkante, im ungünstigsten Fall vor der Kippkante (in Kipprichtung gesehen) befindet.

Die Standsicherheit, zum Beispiel von Stapeln und Regalen, kann nach DGUV Regel 108-007 rechnerisch nachgewiesen werden. Wegen möglicher Querkräfte (horizontaler Kräfte) im Stapel (durch ungleichmäßigen Stapelverband, geringe Unebenheiten der Standfläche - < 2% Neigung, Stöße und Erschütterungen) ist ein

Standsicherheitsfaktor = Standmoment / Kippmoment ≥ 2,0

zu beachten, der dem Schlankheitsverhältnis des Stapels (Stapelhöhe bezogen auf schmalste Standseite) zugeordnet ist (Tabelle 1.4-1), (DGUV Regel 108-007), [1].

Tabelle 1.4-1 Standsicherheitsfaktoren für Stapel

Schlankheitsverhältnis	Standsicherheitsfaktor
4 bis 6	2,0
6 bis 8	2,3
8 bis 9	2,6
9 bis 10	3,0
10 bis 11	3,5

Im Normalfall soll der Standsicherheitsfaktor gegen das Kippen von Lagereinrichtungen mindestens 2,0 betragen und das Verhältnis der Höhe zur Schmalseite eines Stapels soll nicht größer als (4 bis 6):1 sein. Bei ungünstigen Bedingungen im Freien (möglichen Windkräften) soll das Schlankheitsverhältnis nicht mehr als 3:1 betragen.

Größere Stapelhöhen/Schlankheitsverhältnisse als 6:1 können gewählt werden, wenn größere Standmomente beziehungsweise geringere Kippmomente durch günstige Lagerbedingungen (ebener Lagerboden, steife Ladeeinheiten, gleichmäßige Lastverteilung, kein Personenaufenthalt unter anderem) und damit höhere Standsicherheitsfaktoren vorhanden sind.

Beurteilung der Gefährdung durch rollende/gleitende Teile

Querkräfte nachweisen

Für roll- oder gleitfähige Teile, die in Bewegung geraten können, kann im Einzelfall ein Nachweis der Querkräfte erforderlich sein, zum Beispiel für die Dimensionierung von Wegrollsicherungen bei der Lagerung von schweren Teilen.

Auffangeinrichtungen richtig dimensionieren

Zur Auswahl oder Dimensionierung von Auffangeinrichtungen oder Schutzdächern sind herabfallende Teile hinsichtlich ihrer

- Masse und Fallhöhe,
- Oberflächengestalt, Härte und Elastizität

zu beurteilen.

Entscheidung über persönliche Schutzausrüstungen

Kann eine Gefährdung durch herabfallende Teile auch durch den Einsatz von Schutzeinrichtungen nicht ausgeschlossen werden, sind Entscheidungen zu fällen in Hinblick auf die Notwendigkeit des Tragens von persönlicher Schutzausrüstung (Abschnitt "Gefährdung durch unkontrollierte bewegte Teile / Arbeitsschutzmaßnahmen").

Beurteilung der Gefährdung durch sich lösende, berstende und wegfliegende Teile

Grenzwerte

Im Hinblick auf sich lösende, berstende und wegfliegende Teile existieren Grenzwerte für spezielle Gebiete. Dies sind zum Beispiel:

- zulässige Drehzahlen von rotierenden Teilen, wie Spannfutter oder Schleifscheiben, bei deren Überschreitung durch Unwucht, Schlag oder ähnlichem ein Sichlösen oder Bersten möglich ist,
- Durchschlagfestigkeit von Schutztüren mit Sichtscheibe [2],
- zulässige Druckbelastung von Behältern und Rohrleitungen, deren Bersten durch zu hohe Druckbelastung möglich ist.

Betriebserlaubnis für überwachungsbedürftige Anlagen

Besondere Gefährdungen können bei Druckbelastungen von Druckgeräten, davon Druckbehältern und Rohrleitungen, auftreten. Bestimmte Druckgeräte bedürfen daher gemäß § 18 Absatz 1 BetrSichV einer Betriebserlaubnis durch zuständige Behörden (überwachungsbedürftige Anlagen).

Druckgeräte, die erstmalig in Betrieb genommen werden oder wesentlich verändert werden, müssen den Beschaffenheitsanforderungen der 14. ProdSV entsprechen. Altgeräte müssen mindestens den Stand der Technik zum Zeitpunkt des erstmaligen Inverkehrbringens erfüllen. Bei Änderungen an Anlageteilen ist der Stand der Technik zu erfüllen.

Genehmigungsbedürftige Anlagen

Für Anlagen, die in besonderem Maße schädliche Umwelteinwirkungen hervorrufen können, gilt das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG). Diese Anlagen bedürfen einer Genehmigung (§ 4 BImSchG). Betreiber genehmigungsbedürftiger Anlagen haben einen oder mehrere Störfallbeauftragte zu bestellen (§ 58a BImSchG). Ergänzende Regelungen zur Beurteilung der Systemsicherheit einschließlich Arbeitsschutz von besonders gefährlichen Anlagen sind in der Störfall-Verordnung (12. BImSchV) zum Bundes-Immissionsschutzgesetz enthalten. Für die Anlagen, die den erweiterten Betreiberpflichten nach der Störfall-Verordnung unterliegen (§ 1 12. BImSchV), ist ein Sicherheitsbericht entsprechend §9 12. BImSchV anzufertigen.

1.4.3 Arbeitsschutzmaßnahmen

Bei der Festlegung von Maßnahmen zum Schutz vor unkontrolliert bewegten Teilen sind insbesondere TRBS 2111 und TRBS 2111-Teil 1 zu berücksichtigen.

Maßnahmen zum Schutz vor kippenden, pendelnden Teilen

Stabilen Gleichgewichtszustand gewährleisten

Schutzmaßnahmen dienen in erster Linie zur Erhaltung beziehungsweise Erlangung des stabilen Gleichgewichtszustands, zum Beispiel durch:

- Vermeiden von Beschleunigungskräften - keine plötzliche Richtungsänderung, kein plötzliches Bremsen, Anfahren, Schrägzug bei pendelnder Last
- Vermeid von einseitiger Schwerkrafteinwirkung, zum Beispiel durch einseitiges Einsinken in Untergrund, Löcher, Vertiefungen, bergseitiges Führen von Kopflast
- sicheres Einrichten, Erhalten und Abtragen von Stapeln, insbesondere durch Einhaltung des Lastverteilungsplans und der zulässigen Stapelhöhe
- gleichmäßige Masseverteilung, zum Beispiel bei Lageveränderung von Bauteilen, Beladen mit Material
- Einhaltung eines Sicherheitsabstands zu bewegten Teilen von mindestens 0,5 m (siehe Abbildung 1.3-1 im Abschnitt Transport und mobile Arbeitsmittel / Arbeitsschutzmaßnahmen)

Kippsicherung

Wo die genannten Maßnahmen nicht möglich oder unzweckmäßig sind, wird Standsicherheit mit zusätzlichen Mittel (Kippsicherungen) erreicht, zum Beispiel durch

- seitliche Befestigungen, Stützen, Rungen, Abspannungen, Blockierungen,
- senkrechte Befestigungen, Verankerungen in der Standfläche,
- an der Grundfläche befestigte Plattformen zur Vergrößerung der Standfläche.

Maßnahmen zum Schutz vor rollenden, gleitenden Teilen

Wegrollsicherung

Bei Teilen, die durch zu geringes Eigengewicht, zu geringen Haftreibungswiderstand oder mögliche äußere Krafteinwirkungen keine ausreichende Stand- beziehungsweise Lagesicherheit besitzen, wird ein Rollen oder Gleiten mit zusätzlichen Mitteln (Wegrollsicherungen) oder Sicherheitsabständen verhindert, zum Beispiel durch

- Keile, Gegensteigungen,
- Rungen, Pflöcke, Stützen, Rahmen, Bordwände,
- Spannseile, -gurte,
- sicheres Stapeln durch Aufsetzen im Stapelverband, möglichst pyramidenförmigen Aufbau, Verwendung von rutschhemmenden Zwischenlagen, Keilen,
- Sicherheitsabstand zu Transportmitteln von mindestens 0,5 m (siehe Abbildung 1.3-1 im Abschnitt Transport und mobile Arbeitsmittel / Arbeitsschutzmaßnahmen).

Sonstige Schutzeinrichtungen

Ist das Rollen beziehungsweise Gleiten nicht auszuschließen, können rollende oder gleitende Teile durch Schutzeinrichtungen kontrolliert geführt beziehungsweise aufgefangen werden, zum Beispiel durch

- Leitplanken, Führungsrinnen,
- Fangnetze, -körbe, -zäune,
- Verkleidungen, Verdeckungen, Umzäunungen.

Zusätzlich sind persönliche Schutzausrüstungen (Fußschutz mit Zehenkappen) zu tragen (PSA-Benutzungsverordnung).

Maßnahmen zum Schutz vor herabfallenden Teilen

Zum Schutz vor herabfallenden Teilen können die folgenden Maßnahmen ergriffen werden:

- Entfernen der nicht gesicherten Teile oder sichere Aufbewahrung von Werkzeugen, Werkstücken, Kleinmaterial in geeigneten Behältern sowie andere Maßnahmen zum Schutz vor Herabfallen von höher liegenden

Standorten (Gerüste, Laufstege und andere)zum Beispiel durch Umwehrungen, Fußleisten ≥ 5 cm (ASR A2.1)
– Befestigungen (Halte- und Spanneinrichtungen) für Werkstücke, Werkzeuge und anderes, die auch bei Energieausfall oder gefahrbringendem Lösen wirksam sind
– optische oder akustische Warneinrichtungen
– Sicherung gegen Herabfallen von Ladeeinheiten und Lagergut durch entsprechende Regalgestaltung und -dimensionierung nach DGUV Regel 108-007
– sichere Errichtung und Kennzeichnung von tragenden Teilen der Lagereinrichtungen mit Angabe der zulässigen Belastung
– Abdeckung von Öffnungen in höher liegenden Flächen
– Errichtung von Auffangeinrichtungen, zum Beispiel Fangnetze, Schutzdächer über Verkehrswegen (DIN 4420-1), Gerüstbeläge (§ 13 DGUV Vorschrift 38)
– kein unnötiger Aufenthalt unter angehobenen Lasten (§ 30 DGUV Vorschrift 52) oder Kennzeichnung und Absperrung des Gefahrbereichs oder Sicherung durch Warnposten (§ 13 DGUV Vorschrift 38), (siehe auch Abschnitt "Transport und mobile Arbeitsmittel / Arbeitsschutzmaßnahmen")
– Tragen von Kopfschutz (Schutzhelmen) und Fußschutz mit Zehenkappen (DIN EN 397; DGUV Regel 112-191; PSA-BV)

Maßnahmen zum Schutz vor sich lösenden, berstenden und wegfliegenden Teilen

Maßnahmen zum Schutz vor sich lösenden, berstenden und wegfliegenden Teilen sind:
– Geschwindigkeitsbegrenzungen für bewegte Maschinenteile, Werkzeuge, Werkstücke (siehe Abschnitt "Gefährdung durch ungeschützte bewegte Maschinenteile"), zum Beispiel Drehzahlbegrenzung
– Vermeidung von Unwuchten und anderen ungewollten dynamischen Belastungen (Stoß, Druck), zum Beispiel durch entsprechende Auswahl und Umgang mit rotierenden Werkzeugen (DGUV Information 209-002)
– Kontrolle von Befestigungen, Halterungen und ähnlichem
– Vermeidung unsicherer anhaftender Verbindungen
– Druckbegrenzung in hydraulischen und pneumatischen Ausrüstungen bei Gefährdungen durch Herumschlagen von Schlauchleitungen sowie Versprühen oder Verspritzen von Fluiden (DIN EN ISO 4413, DIN EN ISO 4414, DIN EN ISO 12100)
– Verwendung von Auffangeinrichtungen, zum Beispiel Abdeckungen, Schutzwände, Fangkörbe
– Kennzeichnung und Absperrung der Gefahrstellen
– Tragen von persönlicher Schutzausrüstung: Augen- und Gesichtsschutz (Schutzbrille) und Kopfschutz (Schutzhelm) bei Verletzungsgefahr durch Versprühen fester und flüssiger Stoffe, Zerspringen von rotierenden Werkzeugen oder Werkstücken (DGUV Regel 100-500)

Zum Schutz vor Gefährdungen durch berstende Druckbehälter oder Rohrleitungen infolge Überdrucks, die von den unter Abschnitt Grenzwerte und Beurteilungskriterien genannten überwachungsbedürftigen Anlagen ausgehen können, sind durch Sachverständige beziehungsweise. zugelassene Überwachungsstellen zu prüfen. Nach Ablauf von Übergangsfristen werden ab 01.01.2008 die Prüfungen nicht mehr von Sachverständigen, sondern nur noch von zugelassenen Überwachungsstellen durchgeführt. Zum Vollzug der Störfallverordnung sind nach § 58a BImSchG Störfallbeauftragte als sachkundige Berater für die Planung von Betriebsanlagen und Beschaffung von Einrichtungen zu bestellen.

1.4.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur

Gesetze, Verordnungen

- Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)
- Sechste Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Verordnung über die Bereitstellung von einfachen Druckbehältern auf dem Markt) (6. ProdSV)
- PSA-Durchführungsgesetz (PSA-DG)
- Vierzehnte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Druckgeräteverordnung) (14. ProdSV)
- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSich)
- Verordnung über Gashochdruckleitungen (GasHDrLtgV)
- PSA-Benutzungsverordnung (PSA-BV)
- Zwölfte Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Störfall-Verordnung) (12. BImSchV)

Technisches Regelwerk zu den Arbeitsschutzverordnungen

- ASR A2.1: Schutz vor Absturz und herabfallenden Gegenständen, Betreten von Gefahrenbereichen
- TRBS 2111: Technische Regel für Betriebssicherheit: Mechanische Gefährdungen: Allgemeine Anforderungen
- TRBS 2111-Teil 1: Technische Regel für Betriebssicherheit: Mechanische Gefährdungen - Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen beim Verwenden von mobilen Arbeitsmitteln
- TRBS 2141: Technische Regel für Betriebssicherheit: Gefährdungen durch Dampf und Druck - Allgemeine Anforderungen

Berufsgenossenschaftliche Vorschriften

- DGUV Vorschrift 1: Grundsätze der Prävention
- DGUV Vorschrift 52: Krane
- DGUV Vorschrift 38: Bauarbeiten

Sonstige Regeln der Technik

- DIN EN 166: Persönlicher Augenschutz - Anforderungen
- DIN EN ISO 12100: Sicherheit von Maschinen - Allgemeine Gestaltungsleitsätze - Risikobeurteilung und Risikominderung
- DIN EN ISO 20345: Persönliche Schutzausrüstung - Sicherheitsschuhe
- DIN EN 397: Industrieschutzhelme (enthält Änderung A1: 2000)
- DIN EN ISO 14120: Sicherheit von Maschinen - Trennende Schutzeinrichtungen - Allgemeine Anforderungen an Gestaltung und Bau von feststehenden und beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen
- DIN EN ISO 4413: Fluidtechnik – Allgemeine Regeln und sicherheitstechnische Anforderungen an Hydraulikanlagen und deren Bauteile
- DIN EN ISO 4414: Fluidtechnik - Allgemeine Regeln und sicherheitstechnische Anforderungen an Pneumatikanlagen und deren Bauteile
- DIN 4420-1: Arbeits- und Schutzgerüste - Teil 1: Schutzgerüste - Leistungsanforderungen, Entwurf, Konstruktion und Bemessung
- VDI 2263 Blatt 3: Staubbrände und Staubexplosionen, Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen; Explosionsdruckstoßfeste Behälter und Apparate; Berechnung, Bau und Prüfung
- DGUV Information 212-515: Persönliche Schutzausrüstungen
- DGUV Information 209-001: Sicherheit beim Arbeiten mit Handwerkzeugen
- DGUV Information 209-002: Schleifen
- DGUV Information 209-011: Gasschweißen
- DGUV Information 208-021: Erstellung von Betriebsanweisungen für Geräte und Anlagen zur Regalbedienung
- DGUV Regel 112-191: Benutzung von Fuß- und Knieschutz
- DGUV Regel 112-192: Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz
- DGUV Regel 112-193: Benutzung von Kopfschutz
- DGUV Regel 108-007: Lagereinrichtungen und -geräte
- DGUV Regel 100-500: Betreiben von Arbeitsmitteln

Geltendes EU-Recht

– Verordnung (EU) 2016/425 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2016 über persönliche Schutzausrüstungen und zur Aufhebung der Richtlinie 89/686/EWG des Rates

Literatur

– **[1] Sicher lagern und stapeln**
Gesund und sicher 1992, 4, 106 – 113
– **[2] Maschinenschutz transparent**
Sicherheitsingenieur 1994, 3, 32

1.4.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

- Sind Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen durch kippende Teile ausreichend, zum Beispiel durch Anfahrschutz, Wegefreiheit, ebene Fahrwege, Kippsicherungen?
- Sind Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen durch rollende oder gleitende Teile ausreichend, zum Beispiel durch Anfahrschutz, Wegrollsicherungen, wie Keile, Stützen?
- Sind Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen durch herabfallende Teile, wie Werkzeuge, Werkstücke, Bauteile, ausreichend, zum Beispiel durch Ablagen, Behälter, Fußleisten, Befestigungen, Fangnetze, Schutzhelm?
- Sind Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen durch berstende und wegfliegende Teile sowie versprühte oder verspritzte Medien ausreichend, zum Beispiel durch Sicherheitsventile, Schutzhauben, Schutzwände, Schutzbrille?

Festgestellte Gefährdungen/Mängel

- Gefährdung durch kippende Teile infolge ... (zum Beispiel Anfahren an Stapel oder hohe, kopflastige Teile bei Wegengen, Durchfahren unebener Wege)
- Gefährdung durch pendelnde Teile infolge ... (zum Beispiel bei Schrägzug von Kranlasten)
- Gefährdung durch rollende oder gleitende Teile infolge ... (zum Beispiel durch Erschütterungen, Anfahren, Neigung der Lagefläche)
- Gefährdung durch herabfallende Teile infolge ... (aus der Ruhelage, zum Beispiel von Werkzeugen, Werkstücken, Bauteilen durch fehlende Ablagen / Behälter / Befestigungen, Öffnungen in Ablagen)
- Gefährdung durch sich lösende, berstende und wegfliegende Teile infolge ... (aus der Bewegung, zum Beispiel von Schleifkörperteilen, Spänen, Spritzern, unter Druck austretenden Flüssigkeiten und Gasen)

Maßnahmen gegen kippende Teile

- Anfahren, Anstoßen, Brems- und Beschleunigungskräfte sowie zu schnelle Kurvenfahrten vermeiden ... (zum Beispiel ausreichende Wegbreiten, Geschwindigkeitsbegrenzungen, ausreichende Sicht)
- Verlagerung des Schwerpunkts beachten ... (zum Beispiel Betriebsanweisungen, Unterweisungen zum Be- und Entladen, Befahren von Neigungen, Beseitigen von Unebenheiten und Vertiefungen im Transportweg)
- Schwerpunkt möglichst tief anordnen ... (zum Beispiel bei Festlegung von Anschlagpunkten beachten)
- Stapelverband, zulässige Stapelhöhe einhalten ... (zum Beispiel Festlegungen in Regelungen, Betriebsanweisungen)
- Kippsicherungen anbringen ... (zum Beispiel Stützen, Verankerungen)

Vermeidung von Gefährdungen durch pendelnde Teile

Maßnahmen gegen pendelnde Teile

- Schrägzug bei angeschlagener Last vermeiden ... (zum Beispiel entsprechende Zugänglichkeit und Bewegungsraum abgesetzter Lasten gewährleisten)
- Halteseil oder Haltestange bereitstellen bei möglicher pendelnder Last
- über Einhaltung von Sicherheitsabständen unterweisen

Maßnahmen gegen rollende oder gleitende Teile

- Anfahren, Anstoßen, Erschütterungen sowie Beschleunigungskräfte beim Anfahren und Bremsen vermeiden ...(zum Beispiel ausreichende Wegbreiten, ausreichende Sicht, Geschwindigkeitsbegrenzungen)
- Wegrollsicherungen verwenden ... (zum Beispiel Keile, Stützen, Spannseile)
- Sicherheitsabstand einhalten ... (zum Beispiel Kennzeichnung der Begrenzung von Verkehrswegen)
- Auffangeinrichtungen, Leitplanken, trennende Schutzeinrichtungen anbringen

Maßnahmen gegen herabfallende Teile

- Werkzeuge und Arbeitsmaterial sicher ablegen können ... (zum Beispiel Bereitstellung von Behältern und Ablagen, Fußleisten anbringen, Öffnungen abdecken)

– Befestigungen, Halterungen von Teilen, die herabfallen können, kontrollieren
– Auffangeinrichtungen anbringen ... (zum Beispiel Fangnetze, Schutzdächer)
– über Benutzung von PSA unterweisen ... und solche bereitstellen ... (zum Beispiel Kopfschutz, Fußschutz mit Zehenkappen)
– über Einhaltung von Sicherheitsabständen beziehungsweise Aufenthaltsverbot unterweisen ... und darauf hinweisen ... (zum Beispiel Hinweisschilder, Flächen kennzeichnen)

Maßnahmen gegen sich lösende, berstende und wegfliegende Teile

– auf Einhaltung von Geschwindigkeits- beziehungsweise Drehzahlbegrenzungen achten ... (zum Beispiel Bereitstellung geeigneter Schleifscheiben)
– Befestigungen, Halterungen und ähnliches kontrollieren
– Leckagen an unter Druck stehenden Behältern und Rohrleitungen feststellen
– Druckbegrenzungseinrichtungen kontrollieren
– Auffangeinrichtungen anbringen ... (zum Beispiel Schutzhauben, Spritz- und Späneschutz)
– über Benutzung von PSA unterweisen und darauf hinweisen

1.4.6 Autoren und Ansprechpartner

Autoren

- Dr.-Ing. H. Fischer
- Dipl.-Ing. M. Kittelmann
- Dipl.-Ing. T. Mössner

Ansprechpartner

- Dipl.-Ing. T. Mössner
  BAuA, Gruppe 2.4, Dresden

1.5 Sturz, Ausrutschen, Stolpern, Umknicken

Sturzgefährdungen auf der Ebene können unterschieden werden in Gefährdungen durch

- Ausrutschen,
- Stolpern,
- Umknicken,
- Fehltreten.

1.5.1 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen

Ursachen für Rutschgefährdungen

Rutschgefährdungen bestehen unter anderem auf

- rutschige Trittflächen (Flächen mit öligen, fettigen, schmierigen Verschmutzungen, wie Speiseresten, Ölen, Fetten, Pflanzenabfällen und anderen),
- nassen Trittflächen (stauende Nässe durch fehlende Abflussmöglichkeiten),
- glatten Trittflächen (geschliffene, mit Pflegemitteln polierte Flächen), unter anderem auf Treppenstufen und Stufenkanten,
- Flächen mit witterungsbedingter Glätte (Eis, Schnee),
- losen Ablagerungen auf Trittflächen (Laub, körniges Material, Staub),
- losen Belägen auf Trittflächen (Teppiche, Bleche, Roste),
- wechselndem Belag auf Trittflächen mit unterschiedlichem Gleitreibungswiderstand,
- zu großer Unterschied des Gleitreibungswiderstandes von Treppenstufe und Stufenkante,
- Trittflächen mit Neigung/Steigung (Auffahrrampen, Laufstege und andere).

Ursachen für Stolpern, Umknicken, Fehltreten

Gefährdungen durch Stolpern, Umknicken oder Fehltreten entstehen durch

- Unebenheiten der Fläche (Stufungen, Schrägen/Welligkeit, Öffnungen/Vertiefungen),
- Gelöste, hochstehende Belagränder oder Stufenkantenprofile,
- Fußangeln, die Fußspitze oder Fuß erfassen (zum Beispiel Spanndraht),
- herumliegende Gegenstände,
- unzureichende Form und Größe der Auftrittsfläche,
- unzureichende Tragfähigkeit der Trittfläche.

1.5.2 Grenzwerte, Beurteilungskriterien

Prüfungsverfahren und Grenzwerte für Rutschgefährdungen

Prüfverfahren für neue Fußböden

Die Prüfung der Rutschhemmung von neu zu verlegenden Fußböden kann nach dem labormäßigen Prüfverfahren auf der schiefen Ebene durchgeführt werden - für Arbeitsbereiche nach ASR A1.5/1,2 beziehungsweise DIN 51130 und für nassbelastete Barfußbereiche nach DGUV-Information 207-006 (bisher BGI/GUV-I 8527) beziehungsweise DIN 51097. Bewertungskriterien sind der Neigungswinkel/Akzeptanzwinkel, bei dem ein Begehen der schiefen Ebene gerade noch möglich ist, und die Volumina der Hohlräume des Fußbodenprofils (Verdrängungsräume). Bestimmte Winkelbereiche und Volumina des Verdrängungsraums werden Bewertungsgruppen der Rutschhemmung R9 bis R13 beziehungsweise A bis C (Tabelle 1.5-1 und Tabelle 1.5-3) beziehungsweise Bewertungsgruppen des Verdrängungsraums V4 bis V10 (Tabelle 1.5-2) zugeordnet.

R- und V-Wert

In Abhängigkeit von Arbeitsbereich und Tätigkeit kann aus dem Anhang 2 der ASR A1.5/1,2 der erforderliche R- und V-Wert entnommen werden. Zum Beispiel gelten für Außentreppen allgemein R10/V4 beziehungsweise R11.

Positivliste Fußböden

Die ASR A1.5/1,2 kann neben Fußböden auch für Treppenstufen angewendet werden. Für die Bestimmung der Rutschhemmung von Stufenkanten gibt es zur Zeit noch kein anerkanntes Prüfverfahren.

Bei Kenntnis des R- und V-Wertes kann der geeignete Fußboden aus der Positivliste - Geprüfte Fußböden - [1] ausgewählt werden (für nassbelastete Barfußbereiche entsprechend - Liste NB [2]).

Bewertung der Rutschhemmung von Fußböden nach ASR A1.5/1,2

Tabelle 1.5-1 Zuordnung der Akzeptanzwinkelbereiche zu den Bewertungsgruppen der Rutschhemmung

Bewertungsgruppe	Winkelbereiche
R 9	von 6° bis 10°
R 10	mehr als 10° bis 19
R 11	mehr als 19° bis 27°
R 12	mehr als 27° bis 35°
R 13	mehr als 35°

Tabelle 1.5-2 Zuordnung der Mindestvolumina zu den Bewertungsgruppen des Verdrängungsraumes

Bewertungsgruppe des Verdrängungsraums	Mindestvolumen des Verdrängungsraums (cm^3/dm^2)
V 4	4
V 6	6
V 8	8
V 10	10

Bewertung der Rutschhemmung von Bodenbelägen in nassbelasteten Barfußbereichen nach DGUV-Information 207-00

Tabelle 1.5-3 Zuordnung der Mindestneigungswinkel zu den Bewertungsgruppen der Rutschhemmung

Bewertungsgruppe	Mindestneigungswinkel	Bereiche
A	12 °	– Barfußgänge – Einzel- und Sammelumkleideräume
B	18 °	– Duschräume – Bereich von Desinfektionssprühanlagen – Beckenumgänge – Beckenböden in Nichtschwimmerbereichen (auch von Wellenbecken) – Hubböden – Planschbecken – ins Wasser führende Leitern – ins Wasser führende, max. 1,0 m breite Treppen mit beidseitigen Handläufen – Leitern und Treppen außerhalb des Beckenbereichs
C	24 °	– ins Wasser führende Treppen, soweit sie nicht B zugeordnet sind – Durchschreitebecken – Geneigte Beckenrandausbildung

Prüfung vorhandener Fußböden

Vorhandene Fußböden können mittels mobiler Prüfgeräte vor Ort geprüft werden. Zur Zeit gibt es ein Prüfverfahren für nichtprofilierte und für textile Bodenbeläge (DIN 51131), sowie ein Prüfverfahren für Sportböden (DIN V 18032-2). Für die Gleitreibungsmessung von Fußböden vor Ort haben sich Tribometer-Prüfgeräte bewährt. Gegenwärtig kommen in Deutschland vor allem folgende motorbetriebene Geräte zum Einsatz:

– FSC 3 und
– GMG 100/200

Zu ermitteln ist der **Gleitreibwert** μ:

$\mu = F_R / F_N$

F_R - Reibekraft
F_N - Normalkraft (Last)

Die mit Hilfe von Tribometern erzielten Reibwerte können nach den Kennwerten in Tabelle 1.5-4 bewertet werden.

Zu hohe Reibwerte (zum Beispiel μ > 0,6 bei Sportböden nach Vornorm DIN V 18032-2) können unter bestimmten Bedingungen (häufige Drehbewegungen des Fußes, Abbremsen schneller Bewegungen) zu einer zu hohen Belastung des Stütz- und Bewegungsapparats führen.

Tabelle 1.5-4 Bewertung der Gleitreibung (Empfehlung des Sachgebiets "Bauliche Einrichtungen und Handel", Arbeitsgebiet "Fußböden, Rampen, Treppen" der DGUV)

Reibwert	Bewertung
μ ≥ 0,45	Rutschhemmung vorhanden [1]
μ ≥ 0,30 μ < 0,45	Rutschhemmung vorhanden unter Beachtung der Betriebsbedingungen [2] (zusätzliche Schutzmaßnahmen erforderlich) [3]
μ < 0,30	Rutschhemmung nicht vorhanden

[1]Bei hohen Reibwerten, z. B. μ > 0,8, kann ein erhöhtes Stolperrisiko oder eine Gefährdung der Gesundheit durch extreme biomechanische Belastung des Stütz- und Bewegungssystems (z. B. der Kniegelenke) bestehen. Zwischen benachbarten Bodenbelägen bzw. Belagstellen mit unterschiedlichem Oberflächenzustand (z. B. trocken/nass)

sollte die Reibwertdifferenz $\Delta \mu \leq 0{,}2$ sein.

[2] z. B. zeitweiliges Aufkommen von gleitfördernden Stoffen, Reinigungsmitteln

[3] z. B. Nässebindung mit textilen Läufern, Absperrung

Beurteilungskriterien für Sturzgefährdungen durch Stolpern, Umknicken, Fehltreten

Unebenheiten und Bewegungshindernisse

Die Sturzgefährdungen können in erster Linie nach dem Grad der Unebenheit beziehungsweise nach dem Vorhandensein von Bewegungshindernissen beurteilt werden. Im Vorschriften- und Regelwerk existieren keine allgemeingültigen Grenzwerte für unzulässige Stolper- und Umknickhöhen.

Für den Bau von Fußböden werden in der Norm DIN 18202 Toleranzen für Unebenheiten angegeben. Für einzelne bautypische Bodenbeläge existieren weitere DIN-Normen (Abschnitt "Vorschriften, Regelwerk, Literatur"). Als häufigste zulässige Höhendifferenz auf 0,1 m Länge werden 2 mm angegeben. Diese Höhendifferenz ist eher als bautechnische Qualitätsforderung, weniger als untere Grenze für unzulässige Stolper- oder Umknickkanten anzusehen.

Zur allgemeinen Orientierung für gefährliche Unebenheiten von Trittflächen können die in Abbildung 1.5-1 und 1.5-2 angeführten Richtwerte (nach [4]) dienen - (25 % entsprechen einem Winkel von 14°):

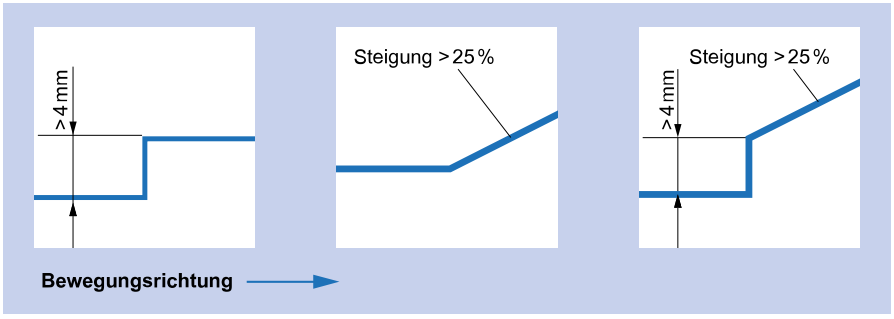


Abbildung 1.5-1 Gefährliche Höhenunterschiede und Schrägen

Gefährdungen bestehen, wenn l > 20 mm bei einer Tiefe t > 4 mm und einer Breite b > 60 mm (in Bewegungsrichtung gesehen).

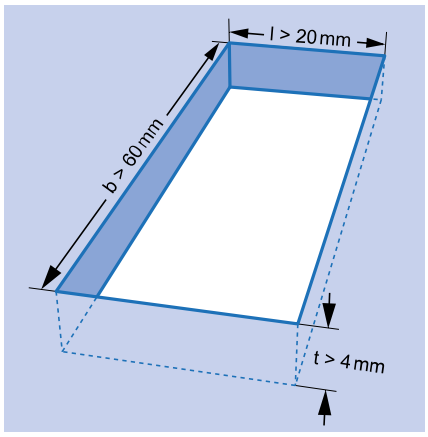


Abbildung 1.5-2: Gefährliche Öffnungen und Vertiefungen

Stolperkanten

Gefahrstellen, wie gelöste, hochstehende Belagränder und Stufenkantenprofile, sind bei jeder Höhe gefährlich und sollten in jedem Fall beseitigt werden.

Tritt- und Standflächen

Zu geringe Tritt- und Standflächen, die zum Fehltreten führen können, sind dann vorhanden, wenn die für Treppenstufen und Stufenpodeste empfohlenen Mindestabmessungen (ASR A1.8,DGUV Information 208-005 (bisher BGI/GUV-I 561), DIN 18065) nicht eingehalten werden (29 cm Auftrittstiefe, 80 cm Trittflächenbreite). Podestartige Arbeitsflächen sollten eine Bewegungsfläche von mindestens 1,5 m² bei einer Länge von mindestens 1 m haben.

Ergänzende Beurteilung der Sturzgefährdungen

Eine ergänzende Beurteilung kann unter Beachtung der Umfeld- und Einsatzbedingungen nach Tabelle 1.5-5 durchgeführt werden.

Tabelle 1.5-5 Ergänzende Beurteilung der Sturzgefährdungen

Umfeld- und Einsatzbe-dingungen	Kriterien	Vorschriften/ Regeln
Schuhwerk	Bereitstellung und Tragen geeigneter Schutzschuhe: – rutschhemmende Eigenschaften der Schutzschuhe (Sohlenwerkstoff, Profil) (siehe "Arbeitsschutzmaßnahmen") – Verschleißzustand der Schuhe – Trageeigenschaften der Schuhe	DGUV Regel 112-190 DIN EN ISO 13287 DIN EN ISO 20345 DIN EN ISO 20346
Erkennbarkeit von Gefährdungen	Erkennbarkeit möglicher Sturzgefährdungen auf Trittflächen: – ausreichende Beleuchtung, Kontrast, farbliche Kennzeichnung – Vermeidung von Wahrnehmungstäuschungen (fehlende Übergänge) – Hinweise (Schilder, Piktogramme) – Unterweisungen	ASR A3.4 ASR A3.4/3 DIN EN 12464-1 DIN 12464-1 DIN 12464-2
Erschwerende Bedingungen	Erhöhte Anforderungen durch erschwerende Bedingungen (erhöhte Rutschhemmung): – beim Gehen mit getragener Last, Ziehen/ Schieben von Last (Sichteinschränkungen, Schwerpunktverlagerung des Körpers...) – Neigung/Steigung des Fußbodens – Kurven und sonstige Änderungen der Bewegungsrichtung – schnelles, hektisches Gehen – Kombination von o.g. Bedingungen	

1.5.3 Arbeitsschutzmaßnahmen

Technische und organisatorische Maßnahmen für sturzsichere Fußböden

(ASR A1.5/1,2, ASR A1.8, §§ 7 und 10 DGUV Vorschrift 38 (bisher BGV C22))

Auswahl rutschsicherer Beläge

- Verwendung von Bodenbelägen mit Verdrängungsraum (Durchbrüchen) bei starkenVerschmutzungen
- Verwendung von rutschhemmenden Beschichtungen (mit körnigen Einstreuungen) bei dünnen filmartigen Schmutzschichten
- Vermeidung von wechselnden Bodenbelägen mit großem Unterschied der Rutschhemmung
- gleiche Steighöhen bei benachbarten stufenförmigen oder podestartigen Erhebungen/Vertiefungen

Oberflächenbehandlung

- pflegeleichter Zustand der Trittflächen, Eindringen von schmierigen und öligen Stoffen verhindern (zum Beispiel durch Versiegelung)
- chemische Nachbehandlung (mit Flusssäure und anderem) zur Erhöhung der Oberflächenrauhigkeit von Trittflächen
- mechanische und thermische Nachbehandlung (Schleifen, Fräsen, Strahlen, Stocken, Beflammen)
- laser-technische Nachbehandlung
- Gewährleistung von Rutschsicherheit durch Reinigung und Pflege
- Sofortiges Auftragen von Abstumpfmitteln bei auftretender Glätte (zum Beispiel Sägespäne, Taumittel, Sand)

Bauliche Maßnahmen

- Vermeidung von Nässestaus in Nassbereichen durch geeignete Entwässerungsmöglichkeit (zum Beispiel Abfluss mit Gefälle >1%)
- Vermeidung von witterungsbedingter Glätte infolge Eis, Schnee, Nässe an ständigen Arbeitsplätzen im Freien (zum Beispiel durch Überdachung)
- Befestigung von losen Belägen mit geringer Rutschhemmung an der Unterseite (zum Beispiel von Teppichen, Gitterrosten)
- Ausfüllen von Vertiefungen, Löchern
- Überdecken von trittunsicheren Flächen (zum Beispiel mit nicht verschiebbaren Blechen, Platten) (§ 12a DGUV Vorschrift 38 (bisher BGV C22))
- Anbringung von Gleitschutzleisten auf geneigten Trittflächen mit Steigung >11° und/oder bei unzureichender Rutschhemmung (im Abstand zwischen 400 und 500 mm)

Zusätzliche Absicherung

- Anbringen von Handläufen, Haltegriffen oder anderen Haltemöglichkeiten auf trittunsicheren Flächen
- Absicherung von Gefahrstellen, in die durch Sturz hineingeraten werden kann (zum Beispiel mit trennenden Schutzeinrichtungen)

Organisatorische und verhaltensbezogene Maßnahmen gegen Sturzgefährdungen

- Beseitigung bzw. Vermeidung von Unordnung und Ablagerungen im Arbeitsbereich (§ 4 ArbStättV)
- Wahrnehmbarkeit verbleibender Sturzgefährdungen (Beleuchtung, Kontrast, farbliche Kennzeichnung, keine Wahrnehmungstäuschungen) (ASR A3.4, ASR A3.4/3)
- Anbringung von gekennzeichneten Absperrungen oder Hinweisen (Schilder, Piktogramme) (ASR A1.3, ASR A1.8)
- Durchführung von Unterweisungen (DGUV Vorschrift 1)
- Beachtung höherer Anforderungen beim Gehen mit getragener Last, Ziehen/Schieben von Last, auf Schrägen (Sichteinschränkungen, Schwerpunktverlagerung des Körpers und anderem); ausreichender Bewegungsraum
- Erfassen und Berücksichtigen physischer und psychischer Leistungsvoraussetzungen/Überforderungen (Balancestörungen, körperliche Störungen des Bewegungsapparates, verlangsamtes Reaktionsvermögen)
- Bereitstellung von geeignetem Schuhwerk (DGUV Regel 112-191 (bisher BGR 191); DIN EN ISO 20345; DIN EN ISO 20346; DIN EN ISO 20347; PSA-BV)

Hinweise zur Auswahl von geeignetem Schuhwerk

siehe auch Tabelle 1.5-5 in Abschnitt "Grenzwerte, Beurteilungskriterien / Ergänzende Beurteilung der Sturzgefährdungen"

- Schuhsohlen sollen flexibel und in allen Richtungen gleichmäßig profiliert sein. Querprofile sind bei verschmutzten Böden am wirksamsten.
- Ein stark ausgeprägtes Sohlenprofil ist nicht immer gleichbedeutend mit einer hohen Rutschsicherheit.
- Schlamm, Schnee und Ähnliches erfordern ein grobes Sohlenprofil mit selbstreinigender, offener Randgestaltung.
- Je geringer der Verschmutzungsgrad, desto feiner die Profilierung.
- Bei Fußbodenverschmutzungen sind folgende Sohlenwerkstoffe zu empfehlen:
  - für ölige und fettige Fußböden: vor allem Weich-PUR, PUR, PVC,
  - für nasse und schlammige Fußböden: vor allem Gummi.
- Bei niedrigen beziehungsweise frostigen Umgebungstemperaturen sind Sohlen aus harten Werkstoffen oder Werkstoffen, die zum Verspröden neigen, zum Beispiel aus Leder, Hartplaste oder PUR, ungeeignet; geeignet sind zum Beispiel flexible Gummisohlen.

Technische und organisatorische Maßnahmen für sturzsichere Treppen

- Voraussetzung für ein sicheres Treppensteigen ist eine optimale Treppengestaltung unter Beachtung der Schrittmaßformel (DIN 18065). Das heißt für Treppen mittlerer Neigung (α = circa 24° bis 36°):
  $a + 2s = 62$ cm (± 3 cm),
  das heißt = 59 bis 65 cm (optimales Schrittmaß: 62 cm), wobei
  a – Auftrittstiefe
  s – Steigung/Auftrittshöhe
  Günstige Abmessungen sind gegeben, zum Beispiel bei a = 29 cm und s = 17 cm, was einem Treppenneigungswinkel α von etwa 30° entspricht.
- Für steilere Treppen (α = 36° bis 45°), zum Beispiel Steiltreppen zu Arbeitsbühnen und Hilfstreppen zur gelegentlichen Nutzung, können folgende Berechnungsformeln verwendet werden:
  $a + 2s = 65$ cm
  $a + s = 46$ cm
- unterschiedliche Auftrittshöhen und -tiefen sowie gewendelte Treppenabschnitte besonders im Antritt und Austritt der Treppen möglichst vermeiden
- wenn möglich, auf Zwischenpodeste verzichten, da diese den Schrittrhythmus stören können; bei Festlegung der Podestlänge Schrittmaß (circa 62 cm) berücksichtigen
- Auftrittskanten rutschhemmend und möglichst nicht überstehend ausbilden; je flacher die Treppe, desto breiter sollten Kantenprofile, -streifen und ähnliches sein
  ($\alpha < 30°$: ca. 3 cm bis 5 cm, $\alpha > 30°$: ca. 3 cm)
- Der Mindestreibwert von Auftrittsflächen und Stufenkanten im Innenbereich sollte $\mu \geq 0{,}3$ sein. Für Außentreppen ist ein Wert von $\mu \geq 0{,}45$ anzustreben.
- Rutschhemmung von Auftrittsflächen einschließlich Auftrittskanten sowie von Treppenpodesten möglichst gleich gestalten (Reibwertdifferenz $\Delta \mu \leq 0{,}2$)
- Beleuchtung so anordnen, dass Stufen und Stufenkanten gut wahrnehmbar sind, erforderlichenfalls durch zusätzliche farbliche Kennzeichnung; besonders gut wahrnehmbar sollten erste und letzte Stufenkante sein.
- Störeinflüsse auf Schrittrhythmus im Treppenlauf, zum Beispiel Blickfang durch Werbemittel oder Spiegel, vermeiden
- Handlauf benutzen!

1.5.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur

Gesetze, Verordnungen

- Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)
- PSA-Durchführungsgesetz (PSA-DG)
- PSA-Benutzungsverordnung (PSA-BV)

Technisches Regelwerk zu den Arbeitsschutzverordnungen

- ASR A1.5/1,2: Fußböden
- ASR A3.4: Beleuchtung
- ASR A3.4/7: Sicherheitsbeleuchtung, optische Sicherheitsleitsysteme
- ASR A1.3: Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung
- ASR A1.8: Verkehrswege

Berufsgenossenschaftliche Vorschriften

- DGUV Vorschrift 1: Grundsätze der Prävention
- DGUV Vorschrift 38 (bisher BGV C22): Bauarbeiten

Sonstige Regeln der Technik

- DIN EN ISO 20345: Persönliche Schutzausrüstung - Sicherheitsschuhe
- DIN EN ISO 20346: Persönliche Schutzausrüstung - Schutzschuhe
- DIN EN ISO 20347: Persönliche Schutzausrüstung - Berufsschuhe
- DIN EN ISO 13287: Persönliche Schutzausrüstung - Schuhe - Prüfverfahren zur Bestimmung der Rutschhemmung
- DIN V 18032-2: Sporthallen - Hallen für Turnen, Spiele und Mehrzwecknutzung - Teil 2: Sportböden; Anforderungen, Prüfungen
- DIN 18065: Gebäudetreppen - Definitionen, Messregeln, Hauptmaße
- DIN 18202: Toleranzen im Hochbau - Bauwerke
- DIN 18318: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Verkehrswegebauarbeiten, Pflasterdecken und Plattenbeläge in ungebundener Ausführung, Einfassungen
- DIN 18333: VOB Verdingungsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Betonwerksteinarbeiten
- DIN 18352: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Fliesen- und Plattenarbeiten
- DIN 18353: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Estricharbeiten
- DIN 18367: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Holzpflasterarbeiten
- DIN 51097: Prüfung von Bodenbelägen; Bestimmung der rutschhemmenden Eigenschaft : Nassbelastete Barfußbereiche; Begehungsverfahren; Schiefe Ebene
- DIN 51130: Prüfung von Bodenbelägen - Bestimmung der rutschhemmenden Eigenschaft; Arbeitsräume und Arbeitsbereiche mit Rutschgefahr - Begehungsverfahren - Schiefe Ebene
- DIN 51131: Prüfung von Bodenbelägen - Bestimmung der rutschhemmenden Eigenschaft - Verfahren zur Messung des Gleitreibungskoeffizienten
- DGUV Regel 112-191 (bisher BGR 191): Benutzung von Fuß- und Knieschutz
- DGUV-Information 207-006 (bisher BGI/GUV-I 8527): Bodenbeläge für nassbelastete Barfußbereiche
- DGUV Information 208-005 (bisher BGI/GUV-I 561): Treppen
- DGUV Information 208-041 (bisher: BGI/GUV-I 8687): Bewertung der Rutschgefahr unter Betriebsbedingungen

Literatur

- [1] Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit (Hrsg.):
  Sicherheitstechnisches Informations- und Arbeitsblatt 560210

Geprüfte Bodenbeläge-Positivliste
In: BIA (Hrsg.): BIA-Handbuch. Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz.
Bielefeld: Erich-Schmidt.

– [2] Säurefliesner-Vereinigung e.V. (Hrsg.):
Rutschhemmende Bodenbeläge in nassbelasteten Barfußbereichen: Liste NB
Burgwedel: Säurefliesner-Vereinigung.

– [3] Fischer, H.:
Beurteilung der Rutschsicherheit von Fußböden
1. Auflage. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW Verlag für neue Wissenschaft GmbH 2005
Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin S 84

– [4] Fischer, H,; Görner, B.; Karl, M.; Mössner, Th.; Reyhl, H.; Schatte, M.; Tschöcke, E.; Weißgerber, B.:
Vermeiden von Unfällen durch Stolpern, Umknicken und Fehltreten.
1. Aufl. Dortmund: Bundesanstalt für
Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2008

– [5] Fischer, H.; Weißgerber, B.; Mössner, Th.; Bux, K.; Görner, B.; Karl, M.:
Funktionelle, sichere und nutzerfreundliche Treppen
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
3. überarbeitete und aktualisierte Auflage, Dezember 2013

1.5.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

- Sind bei witterungsbedingter Glätte, Nässe oder Verunreinigungen Maßnahmen zur Vermeidung beziehungsweise zur Beseitigung von Rutschgefährdungen ausreichend?
- Sind bei wechselnden Bodenbelägen mit sehr unterschiedlicher Gleitreibung (besonders in Kurven) oder losen Bodenbelägen Maßnahmen zur Vermeidung beziehungsweise Beseitigung von Rutschgefährdungen ausreichend, zum Beispiel durch chemische Nachbehandlung beziehungsweise Befestigung?
- Sind im Gehbereich vorhandene Unebenheiten, wie Öffnungen, Vertiefungen, Stufungen, Schrägen ungefährlich beziehungsweise sind entsprechende Überdeckungen vorhanden, die Gefährdungen durch Stolpern oder Umknicken weitgehend ausschließen?
- Sind Tritt- und Standflächen in Form, Größe und Tragfähigkeit ausreichend, um ein Fehltreten zu vermeiden?
- Sind unvermeidbare, zeitweilige Sturzgefährdungen durch Ausrutschen, Stolpern, Umknicken, Fehltreten ausreichend wahrnehmbar, zum Beispiel durch entsprechende Beleuchtung, Farbe, Kontrast, Hinweisschilder?
- Kann der Schrittrhythmus beim Treppensteigen gestört werden (ungleiche Stufenhöhen, ungleiche Rutschhemmung beziehungsweise Ebenheit von Trittstufe/Stufenkante, schlechte Wahrnehmbarkeit der ersten und letzten Stufenkante)?
- Wird geeignetes Schuhwerk getragen (festes Schuhwerk mit rutschhemmender und angemessen profilierter Sohle)?

Festgestellte Gefährdungen / Mängel

- Rutschgefährdung infolge ... (zum Beispiel Nässe, witterungsbedingte Glätte, Verunreinigungen, körniges Material, wechselnder Bodenbelag, Neigung/Steigung)
- Gefährdung durch Stolpern/Umknicken infolge ... (zum Beispiel Öffnungen, Vertiefungen, Stufungen > 6 mm, Schrägen >25 %, gelöste Belagränder oder Stufenkantenprofile, unzureichende Beleuchtung)
- Gefährdung durch Fehltreten infolge ... (zum Beispiel unzureichende Form, Größe, Tragfähigkeit der Trittfläche, Ablenkung beim Begehen von Treppen)

Maßnahmen

Vermeidung beziehungsweise Beseitigung von Rutschgefährdungen

- rutschhemmende Beläge einsetzen beziehungsweise herstellen ... (zum Beispiel profilierte Beläge, Beschichtungen, chemische Oberflächenbehandlung, Stufenkantenprofile)
- Nässestaus, Verunreinigungen und witterungsbedingte Glätte vermeiden beziehungsweise rechtzeitig beseitigen
- wechselnde Bodenbeläge mit sehr unterschiedlicher Gleitreibung (besonders in Kurven) beseitigen bzw. mit möglichst gleicher Gleitreibung versehen ... (zum Beispiel Beschichtungen, chemische Nachbehandlung)
- Gleitreibungsmessungen durchführen
- lose Beläge ... (zum Beispiel Teppiche, Gitterroste, Abdeckungen) befestigen
- auf Schrägen Gleitschutzleisten anbringen, Haltemöglichkeiten schaffen
- Wahrnehmbarkeit zeitweiliger Rutschgefährdungen verbessern ... (zum Beispiel Beleuchtung, Hinweisschilder)
- geeignetes Schuhwerk tragen ... (rutschhemmend, angemessene Profilierung)

Vermeidung beziehungsweise Beseitigung von Stolpergefährdungen

- Stolperstellen beseitigen, überdecken oder absperren
- Kabel und andere Versorgungsleitungen überdecken oder in >2,0 m Höhe verlegen
- Gitterroste und ähnliche Abdeckungen gegen Abheben und Verschieben sichern
- gelöste Stufenkantenprofile erneuern oder befestigen
- Wahrnehmbarkeit unvermeidbarer Stolperstellen verbessern

Vermeidung bzw. Beseitigung von Gefährdungen durch Fehltreten

- unterschiedliche Steighöhen bei benachbarten Trittflächen angleichen beziehungsweise beseitigen
- auf Benutzung der Handläufe von Treppen und anderen Haltemöglichkeiten hinweisen ... (zum Beispiel Unterweisung)
- ausreichende Standfläche am Arbeitsplatz zur Verfügung stellen

1.5.6 Autoren und Ansprechpartner

Autoren

- Dr.-Ing. H. Fischer
- Dr.-Ing. M. Schatte
- Dipl.-Ing. M. Karl

Ansprechpartner

- Dipl.-Ing. M. Karl
  BAuA, Gruppe 2.4, Dresden

1.6 Absturz

Absturz ist das Herabfallen von Personen auf eine tiefer gelegene Fläche oder einen Gegenstand. Als Absturz gilt auch das Durchbrechen durch eine nicht tragfähige Fläche oder das Hineinfallen und das Versinken in flüssigen oder körnigen Stoffen.

Abstürze sind möglich aufgrund natürlicher oder baulicher Gegebenheiten, z. B. in Arbeitsstätten, oder bei Benutzung von Arbeitsmitteln. Das Thema Absturz ist deshalb im Arbeitsschutzrecht sowohl in der Arbeitsstättenverordnung als auch in der Betriebssicherheitsverordnung Regelungsinhalt.

Abstürze sind vor allem wegen der Schwere der Verletzungen ein Unfallschwerpunkt. In den letzten Jahren lag der Anteil der tödlichen Absturzunfälle an der Gesamtzahl der tödlichen Arbeitsunfälle bei circa 10 %.

1.6.1 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen

Abstürze entstehen durch

- **Zusammenbrechen oder Durchbrechen** eines hoch gelegenen Standplatzes (unzureichende Tragfähigkeit); dies kann ausgelöst werden durch
  - das Einwirken zu großer Kräfte, zum Beispiel Überlastung durch Personen und/oder Gegenstände (Werkzeuge, Material), Sturm, Kollision mit Kranen oder Baumaschinen,
  - Materialversagen, zum Beispiel durch unzureichende Dimensionierung der Gesamtkonstruktion oder einzelner Teile (z. B. nicht durchtrittsichere Bauteile), durch Verschleiß oder Korrosion.
- **Umkippen, Wegrutschen oder Wegrollen** eines hoch gelegenen Standplatzes (unzureichende Standfestigkeit); Beispiele sind:
  - Umkippen eines Gerüsts
  - Wegrutschen einer Leiter
  - Wegrollen einer fahrbaren Arbeitsbühne
  - Verrutschen einer Abdeckung über einer Bodenöffnung
- **Fallen, Kippen oder Rutschen** einer Person über eine beziehungsweise von einer Absturzkante (sicherheitstechnische Einrichtungen fehlen oder werden nicht wirksam); der Absturz kann zum Beispiel ausgelöst werden durch
  - zu weites Hinauslehnen,
  - Angestoßen werden,
  - Stolpern, Ausrutschen,
  - fehlende Wahrnehmung einer Absturzkante,
  - Gesundheitsstörung.

Unfallbegünstigend können die auszuführenden Tätigkeiten sowie das Arbeitsumfeld wirken, zum Beispiel durch Zwangshaltungen, Heben und Tragen schwerer Lasten, Witterung oder unzureichende Sichtverhältnisse.

1.6.2 Grenzwerte, Beurteilungskriterien

Entscheidend für die Schwere eines Unfalls ist neben der **Absturzhöhe** unter anderem die **Beschaffenheit der tiefer liegenden Fläche (Auftreffläche).** So sind bei einem Absturz, zum Beispiel auf harte, pfahlförmige oder scharfkantige Oberflächen, schwere oder tödliche Verletzungen auch bei geringen Absturzhöhen möglich.

Absturzhöhe ist der senkrechte Höhenunterschied zwischen der Standfläche bzw. der **Absturzkante** und der angrenzenden tiefer liegenden ausreichend großen und tragfähigen Fläche (Auftreffläche).

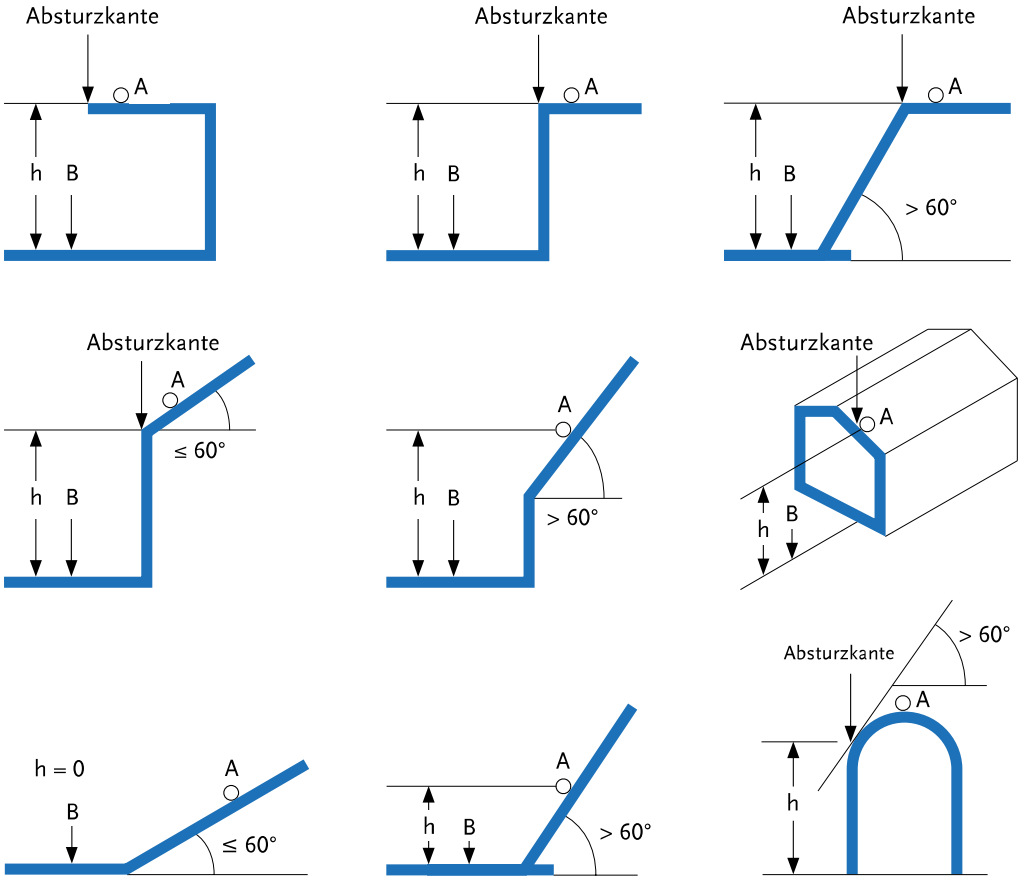


Abbildung 1.6-1. Absturzkanten und Absturzhöhen (h) nach ASR A2.1

Durch Absturz können auch Gefährdungen durch **Hineinfallen** und das **Versinken in flüssigen oder körnigen Stoffen** bestehen. Neben der Gefahr des Ertrinkens oder Erstickens können weitere Gefährdungen aufgrund chemischer oder physikalischer Eigenschaften des jeweiligen Stoffs bestehen.

Nach ASR A2.1 wird davon ausgegangen, dass eine **Gefährdung durch Absturz** besteht, wenn eine Absturzhöhe von mehr als 1,0 m vorhanden ist.

Gefährdungsbeurteilung

Bereits bei geringeren Absturzhöhen sind Gefährdungsbeurteilungen erforderlich, wenn sich Arbeitsplätze und Verkehrswege 0,2 bis 1,0 m oberhalb einer angrenzenden Fläche befinden oder die Gefährdung des Abrutschens besteht. Abrutschen ist das unkontrollierte Abgleiten auf geneigten Flächen über eine Absturzkante.

Unabhängig von Absturzhöhen ist eine Gefährdungsbeurteilung erforderlich, wenn die Gefährdung des Hineinfallens oder Versinkens in Stoffen besteht.

Grundlagen für die Ermittlung und die **Bewertung der Absturzgefährdung** für die jeweilige Tätigkeit sind in TRBS 2121 und in ASR A2.1 beschrieben.

Bei der Gefährdungsbeurteilung sind insbesondere zu berücksichtigen
- die räumlichen und betrieblichen Gegebenheiten,

– die **Absturzhöhe,**
– die Beschaffenheit der tiefergelegenen **Auftrefffläche**:
  zum Beispiel
    • Schüttgüter (versinken, ersticken),
    • Wasser (versinken, ertrinken),
    • Beton (harter Aufschlag),
    • Bewehrungsanschlüsse (aufspießen),
    • Behälter mit Flüssigkeiten (versinken, ertrinken, Gefährdungen durch Flüssigkeit),
    • Gegenstände oder Maschinen einschließlich deren bewegter Teile auf der Auftrefffläche,
– die Beschaffenheit des **Standplatzes** (Neigungswinkel), der Standfläche (zum Beispiel Rutschhemmung, Ebenheit),
– der **Abstand zur Absturzkante,**
– Art, Umfang und Häufigkeit der **auszuführenden Tätigkeit**, körperliche Belastung:
  zum Beispiel
    • Arbeiten mit Zwangshaltungen,
    • Benutzung von Werkzeugen,
    • Mitführen von Lasten,
    • körperlich leichte oder schwere Arbeiten,
    • kurzzeitige oder lang anhaltende,
    • einmalige oder häufige Tätigkeiten.
– Beschaffenheit der **Arbeitsumgebung**:
  zum Beispiel
    • Sichtverhältnisse und Erkennbarkeit der Absturzkante (Beleuchtung, Tageszeit, Blendwirkung durch helle Flächen oder Gegenlicht, Markierungen),
    • Witterungseinflüsse (Sturm, Eis und starker Schneefall),
    • Vibration,
    • äußere Krafteinwirkungen,
    • gleichgewichtsbeeinflussende Faktoren.

1.6.3 Arbeitsschutzmaßnahmen

Rangfolge von Arbeitsschutzmaßnahmen

Bei der Rangfolge von Arbeitsschutzmaßnahmen sind die Grundsätze des § 4 Arbeitsschutzgesetz zu berücksichtigen. Bauliche und technische Maßnahmen haben Vorrang vor organisatorischen und individuellen Maßnahmen.

Gefährdungen durch Absturz vermeiden

Gefährdungen durch Absturz können vermieden werden, wenn Höhenunterschiede, Absturzkanten und tiefer liegende Flächen im Umfeld von Arbeitsplätzen, Verkehrswegen, Standplätzen, Bedienplätzen an Arbeitsmitteln und Anlagen vermieden werden, zum Beispiel

- bei der Planung von Gebäuden technische Gebäudeausrüstung nicht auf Dächern oder zumindest mit einem ausreichend großen Abstand zu Absturzkanten anordnen,
- Bedienelementen und Einrichtungen für Betrieb und Instandhaltung in einer Höhe anordnen, die von einem ebenerdigen Standplatz erreichbar ist,
- Pflanzen mit begrenzter Wuchshöhe auswählen, zum Beispiel im Obstanbau.

Gefährdungen durch Absturz können auch vermieden werden, wenn die Arbeiten mit Absturzgefahren vermieden werden können, zum Beispiel

- Automatisierung und Robotereinsatz zur Fassadenreinigung,
- Einsatz von Sensoren oder Kameratechnik für Fernüberwachung.

Ist dies nicht möglich, sind mögliche Maßnahmen in der angegebenen Rangfolge:

- **Absturzsicherung**:
  Einrichtung, die den Absturz verhindert, als kollektive technische Schutzmaßnahme
- **Auffangeinrichtung**:
  Einrichtung, die abstürzende Personen auffängt und vor tieferem Absturz schützt als kollektive technische Schutzmaßnahme
- **Sicherung von Gefahrenbereichen**:
  Sicherung von Gefahrenbereichen gegen unbefugten Zutritt als kollektive technische und organisatorische Schutzmaßnahme
- **Persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz (PSAgA)**:
  Sicherungssystem für eine Person an einer Anschlageinrichtung und zwar in der Weise, dass ein Absturz entweder verhindert oder die Person aufgefangen wird, als individuelle Schutzmaßnahme

Ortsfeste Einrichtungen

Für wiederkehrende Arbeiten auf hochgelegenen Arbeitsplätzen sind in der Regel ortsfeste Arbeitsplätze und Zugänge (Verkehrswege) zu schaffen, zum Beispiel Reinigungsbalkone, Befahranlagen, Laufstege, Treppen und Steigleitern (DIN EN ISO 14122, Teil 1 – 4; DIN 28017, Teil 1 – 5; ASR A1.8, ASR A2.1).

Zeitweilige Einrichtungen

Für zeitweilige Arbeiten auf hochgelegenen Arbeitsplätzen können zeitweilige Einrichtungen genutzt werden, beispielsweise Gerüste, Hubarbeitsbühnen, Arbeitsplattformnetze oder fahrbare Arbeitsbühnen.

Anhang 1, Abschnitt 3, Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) nennt Mindestanforderungen für die Verwendung von Arbeitsmitteln bei zeitweiligem Arbeiten auf hoch gelegenen Arbeitsplätzen. Dies betrifft vor allem die Benutzung von Leitern und Gerüsten sowie die Zugangs- und Positionierungsverfahren unter Zuhilfenahme von Seilen. Diese Anforderungen werden durch die Technischen Regeln für Betriebssicherheit TRBS 2121 - Gefährdung von Personen durch Absturz, Allgemeine Anforderungen und Teil 1 bis Teil 4, konkretisiert.

Absturzsicherungen bei Bauarbeiten

Wegen der besonderen Verhältnisse des Baubetriebs sind nach Nr. 5.2 des Anhangs der Arbeitsstättenverordnung in Verbindung mit Nr. 2.1 des Anhangs der Arbeitsstättenverordnung und nach ASR A2.1 Absturzsicherungen bei Bauarbeiten bei unterschiedlichen Absturzhöhen erforderlich:

- unabhängig von der Absturzhöhe Arbeitsplätzen auf Baustellen am und über Wasser oder anderen festen oder flüssigen Stoffen, in denen man versinken kann,

– unabhängig von der Absturzhöhe Verkehrswegen auf Baustellen über Wasser oder anderen festen oder flüssigen Stoffen, in denen man versinken kann
– bei mehr als 1,00 m Absturzhöhe an freiliegenden Treppenläufen und -absätzen, Wandöffnungen, an allen übrigen Verkehrswegen sowie an Bedienungsständen von Maschinen und deren Zugängen,
– bei mehr als 2,00 m Absturzhöhe an allen übrigen Arbeitsplätzen.

Für Verkehrswege auf Baustellen, die nicht in Nr. 5.2 Abs. 2 des Anhangs der Arbeitsstättenverordnung genannt sind, sind Maßnahmen gegen Absturz ab einer Absturzhöhe von mehr als 1,00 m erforderlich. Die „übrigen Arbeitsplätze“ und die übrigen Verkehrswege“ sind also nicht mehr gleich geregelt. Arbeitsplätze und Verkehrswege auf Baustellen müssen deshalb unterschieden und zeitlich, räumlich und tätigkeitsbezogen festgelegt werden. Im Zuge des Baufortschritts verändern sich häufig die Anordnung sowie die Größe bzw. die Abmessungen von Arbeitsplätzen und Verkehrswegen. Der Aufwand für die tätigkeitsbezogene Festlegung von Arbeitsplätzen und Verkehrswegen reduziert sich, wenn Maßnahmen gegen Absturz einheitlich ab einer Absturzhöhe von 1,00 m erfolgt.

Bei einer Absturzhöhe bis zu 3,00 m ist eine Absturzsicherung entbehrlich an Arbeitsplätzen und Verkehrswegen auf Dächern und Geschossdecken von baulichen Anlagen mit bis zu 22,5 Grad Neigung und nicht mehr als 50,00 m² Grundfläche, sofern die Arbeiten von hierfür fachlich qualifizierten und körperlich geeigneten Beschäftigten ausgeführt werden und diese besonders unterwiesen sind. Die Absturzkante muss für die Beschäftigten deutlich erkennbar sein.

Auswahl von Schutzmaßnahmen

Im Ergebnis der Bewertung der Absturzgefährdung sind die jeweils erforderlichen Schutzmaßnahmen festzulegen.

Hoch gelegene Arbeitsplätze und deren Zugänge sollten so beschaffen sein, dass bei bestimmungsgemäßer Nutzung keine Absturzgefahr besteht. Deshalb sind zwangsläufig wirkende Einrichtungen wie Geländer, ortsfeste Arbeitsbühnen, Laufstege, Abdeckungen oder Seitenschutz stets vorrangig anzuwenden.

Grundsätze für die Auswahl von Maßnahmen

– Es dürfen nur Schutzmaßnahmen angewendet werden, die für die gegebenen Bedingungen geeignet sind und Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten auf hoch gelegenen Arbeitsplätzen gewährleisten.
– Die fachgerechte Planung und Ausführung aller Arbeiten beim Errichten und Einrichten von hoch gelegenen Arbeitsplätzen und deren Zugängen ist sicherzustellen.
– Die Prüffristen sind einzuhalten und darüber hinaus sind regelmäßige Kontrollen (Sichtprüfungen), zum Beispiel auf bauliche Veränderungen oder Verschleißerscheinungen, durchzuführen.
– Für erforderliche Veränderungen und Umbauten von Absturzsicherungen (z. B. Gerüste auf Baustellen im Zuge des Baufortschritts) sollen Regelungen für eine planmäßige und koordinierte Umsetzung getroffen werden.
– Die Beschäftigten sind regelmäßig zu unterweisen und zur Akzeptanz der Schutzmaßnahmen zu motivieren.

Maßnahmen zur Gewährleistung der Tragfähigkeit

Maßnahmen zur Gewährleistung der Tragfähigkeit von hoch gelegenen Arbeitsplätzen und deren Zugängen (beispielsweise gefordert in DIN EN ISO 14122 Teil 1–4, DIN EN 12810,DIN EN 12811, DIN 4420-1):
– ausreichende Bemessung der Gesamtkonstruktion und der tragenden Einzelteile entsprechend der zu erwartenden Nutzung
– Bau beziehungsweise Aufbau entsprechend den Vorschriften und den Informationen/Anleitungen des Herstellers
– Überprüfen des Objekts auf sichtbare Mängel, zum Beispiel durch Verschleiß, Alterung, Korrosion
– Einhalten der zulässigen Belastungsgrenzwerte

Maßnahmen zur Gewährleistung der Standsicherheit

Maßnahmen zur Gewährleistung der Standsicherheit von hoch gelegenen Arbeitsplätzen und deren Zugängen (beispielsweise gefordert in DIN EN ISO 14 122 Teil 1–4, DIN EN 12810, DIN EN 12 811, DIN 4420-1):
– tragfähiger Untergrund, zum Beispiel beim Aufstellen von Leitern oder Gerüsten
– ausreichende und funktionssichere Verankerung oder Kippsicherung, zum Beispiel bei Gerüsten
– stabile Schwerpunktlage, zum Beispiel bei Leitern durch Wahl eines geeigneten Anstellwinkels
– ausreichende und funktionssichere Feststelleinrichtungen, zum Beispiel bei Fahrgerüsten

– Berücksichtigung möglicher äußerer Einwirkungen, zum Beispiel Sturm, starker Regen, Frost, Erschütterungen durch Sprengen, Fahrzeugverkehr oder Rammen

Maßnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit an Absturzkanten und Öffnungen

Absturzsicherungen

Absturzsicherungen sind kollektive Einrichtungen, die ein Abstürzen von Personen zwangsläufig verhindern, zum Beispiel Abdeckungen, Brüstungen, Umwehrungen oder Seitenschutz. Sie können auftretende Kräfte aufnehmen und ableiten und sind vorrangig vor allen anderen Maßnahmen zum Schutz vor Absturz anzuwenden.

Umwehrungen

ASR A2.1 enthält Gestaltungsregeln für Umwehrungen, zum Beispiel:

– Mindesthöhe:
  - 1,00 m für Absturzhöhen bis 12,00 m
  - 1,10 m für Absturzhöhen über 12,00 m
– Schutz vor Hindurchfallen ist durch Stäbe, Knieleisten, Gitter, feste Ausfüllungen oder ähnliches zu gewährleisten.
– Bei senkrechten Zwischenstäben darf der Abstand höchstens 18 cm betragen.
– Bei Knieleistengeländern dürfen die Abstände Handlauf - Knieleiste und Knieleiste - Fußleiste jeweils höchstens 50 cm betragen.
– Offene Umwehrungen müssen Fußleisten von 5 cm Höhe oder einen anderen gleichwertigen Schutz aufweisen; Ausnahme: Treppen.
– Bei Gebäuden, in denen mit dauernder oder häufiger Anwesenheit von Kindern gerechnet werden muss, sind in der Regel geringere Abstände erforderlich.

Die DGUV Information 201-023 beschreibt Anforderungen an den Einsatz von Seitenschutz, Randsicherungen, Umwehrungen und Brüstungen. Seitenschutz in Arbeits- und Schutzgerüsten und Schutzwände in Dachfanggerüsten werden in DIN 4420-1 beschrieben.

Seitenschutz

Die im Bauwesen am häufigsten angewandte Form der Umwehrung ist der Seitenschutz. DIN EN 12811-1 und DGUV Information 201-023 (bisher BGI 807) enthalten unter anderem folgende Gestaltungsregeln:

– Bestandteile: Geländerholm, Zwischenseitenschutz (DIN EN 12811), Bordbrett
– Gesamthöhe an der Oberkante: mindestens 1,00 m
– Der Zwischenseitenschutz ist zwischen Geländerholm und Bordbrett angebracht und kann bestehen aus:
  - einem oder mehreren Zwischenholmen,
  - einem Rahmen,
  - einem Rahmen, dessen Oberkante der Geländerholm bildet,
  - einem Geflecht nach DIN EN 1263-1 mit einer Maschenweite von höchstens 10 cm.
– Abstand Geländerholm - Zwischenholm und Zwischenholm - Bordbrett: jeweils nicht größer als 0,47 m
– Oberkante des Bordbretts mindestens 0,15 m über der zugehörigen Belagebene
– Alle verwendeten Teile müssen in eingebautem Zustand gegen unbeabsichtigtes Lösen gesichert sein.
– Bei Verwendung von Teilen, die nicht der Regelausführung entsprechen, ist ein Brauchbarkeitsnachweis erforderlich.

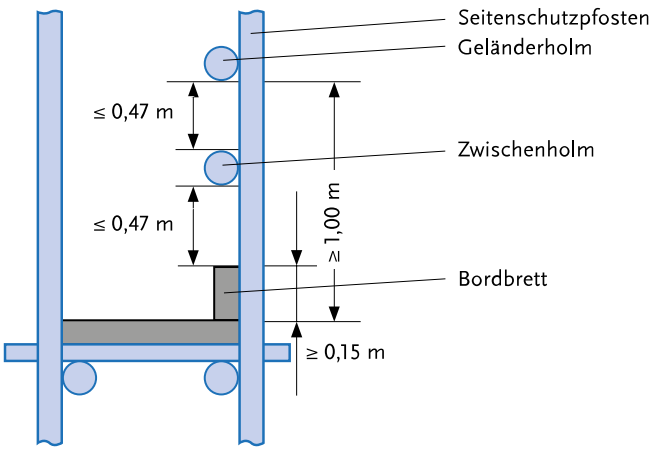


Abbildung 1.6-2. Seitenschutz mit Zwischenholm nach DIN EN 12 811

Abdeckungen

Öffnungen, zum Beispiel in Gruben oder Decken, können außer durch feste oder abnehmbare Geländer auch durch Abdeckungen, zum Beispiel nach ASR A2.1. gesichert werden.

Abdeckungen, zum Beispiel Luken-, Schacht-, Rutschen-, Gruben-, Falltüren, müssen so gestaltet und installiert sein, dass sich hierdurch keine Stolpergefahren ergeben und sie der Nutzungsart entsprechend tragfähig sind. Sie müssen sicher zu handhaben und gegen unbeabsichtigtes Bewegen (Auf-und Zuklappen, Verschieben) zu sichern sein. Diese Forderung ist zum Beispiel dann erfüllt, wenn

- Abdeckungen von gesicherten Standplätzen aus geöffnet werden können,
- klappbare Abdeckungen in geöffnetem Zustand festgestellt werden können oder
- Abdeckungen, für deren Betätigung eine Kraft von mehr als 250 N erforderlich ist, mit entsprechenden Hilfseinrichtungen, z. B. zusätzlich mit Gewichtsausgleich, hydraulisch betätigten Hubvorrichtungen oder Gasdruckfedern, ausgestattet sind.

Bewegliche Abdeckungen und Umwehrungen dürfen nur aus der Schutzstellung gebracht werden, wenn dies betrieblich erforderlich ist und andere Schutzmaßnahmen getroffen sind. Sie müssen in der Schutzstellung gesichert werden können und dürfen sich nicht in Richtung der Absturzkante öffnen lassen.

Auffangeinrichtungen

Lassen sich aus arbeitstechnischen Gründen Absturzsicherungen nicht verwenden, sind nach Anhang 1, Nummer 3.1.5 Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) und Nr. 4.2 ASR A2.1 an deren Stelle Einrichtungen zum Auffangen abstürzender Personen (Auffangeinrichtungen) erforderlich. Einrichtungen zum Auffangen abstürzender Personen sind zum Beispiel:

- Randsicherung (DGUV Information 201-023)
- Fang- und Dachfanggerüste (DIN 4420-1)
- Dachschutzwände auf geneigten Flächen (DGUV Information 201-023)
- Schutznetze (DGUV Regel 101-011, DIN EN 1263)

Einsatzgrenzen

Maximaler Höhenunterschied zwischen Absturzkante bzw. Arbeitsplatz/Verkehrsweg und Aufprallfläche:

- Dachfanggerüst: 1,50 m
- alle sonstigen Fanggerüste: 2,00 m
- Schutznetze: 6,00 m, bzw. 3,00 m im Randbereich
- Arbeitsplattformnetze: 2,00 m

Belagteile sind dicht zu verlegen und um Bauwerksecken ist der Belag in voller Breite herumzuführen.

Fanggerüste

Fanggerüste kommen an annähernd horizontalen Absturzkanten zum Einsatz. Die seitliche Begrenzung des Fanggerüsts kann Seitenschutz mit einer maximalen Neigung von 15° oder eine Schutzwand sein. Ist die

Schutzwand mehr als 15° geneigt, ist sie wie der Gerüstbelag zu bemessen und dicht zu verlegen.

An die bauliche Durchbildung von Fanggerüsten werden folgende Anforderungen gestellt:

- Für Absturzhöhen h bis 2,00 m muss der horizontale Abstand b des Seitenschutzes zur Absturzkante mindestens 0,90 m betragen.
- Der Abstand zwischen Fanglage und Bauwerk darf nicht größer als 0,30 m sein.
- Die Höhe des Seitenschutzes muss mindestens 1,00 m betragen.
- Die Breite w der Fanglage soll mindestens der Klasse W 09 nach DIN EN 12811-1 entsprechen.
- Schutzgerüste müssen bezogen auf die Absturzkanten den zu schützenden Bereich seitlich um mindestens 1,00 m überragen.

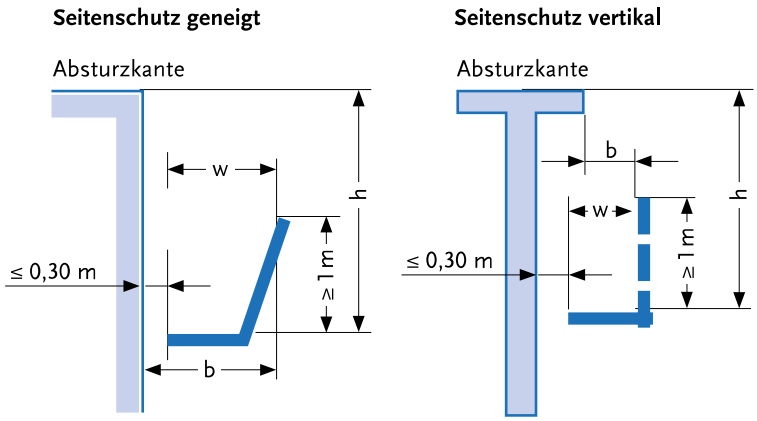


Abbildung 1.6-3. Fanggerüste nach DIN 4420-1

Dachfanggerüste

Dachfanggerüste werden genutzt für Arbeiten an und auf Dachflächen mit einer Neigung von mehr als 22,5° bis 60°.

Beträgt der Höhenunterschied zwischen Arbeitsplatz und Auffangeinrichtung bei einer Dachneigung von größer 22,5 ° bis 60 ° mehr als 5,00 m, müssen zusätzliche Dachschutzwände zum Auffangen abrutschender Personen vorhanden sein.

An die bauliche Durchbildung von Dachfanggerüsten werden folgende Anforderungen gestellt:

- Die Breite w der Fanglage muss mindestens der Klasse W 06 nach DIN EN 12811-1 entsprechen.
- Die Fanglage darf nicht tiefer als 1,50 m (h_o) unter der Absturzkante liegen.
- Der horizontale Abstand b zwischen Absturzkante und der Schutzwand muss mindestens 0,70 m betragen.
- Der Abstand zwischen Fanglage und Bauwerk darf nicht größer als 0,30 m sein.
- Die Höhe h_1 der Schutzwand muss mindestens 1,00 m betragen.
- Die Höhe h_1 der Schutzwand, der vertikale Abstand zwischen Absturzkante und Fanglage h_o und der horizontale Abstand b müssen folgender Bedingung genügen:
  $h_1 - h_o \geq 1{,}50 - b$ (Maße in m)

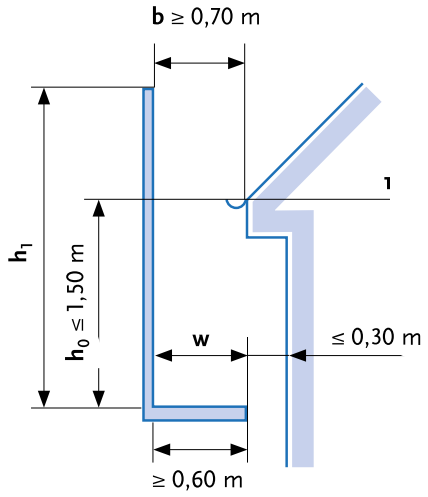


Abbildung 1.6-4. Bauliche Ausbildung der Dachfanggerüste nach DIN 4420-1

Arbeiten auf mehr als 45° geneigten Flächen

Für Arbeiten auf einer mehr als 45° geneigten Fläche sind zusätzlich besondere Arbeitsplätze, beispielsweise gelattete Dachflächen, Dachdecker-Auflegeleitern oder Dachdeckerstühle, zu schaffen.

Ausführung der Dachfanggerüste

Schutzwände von Dachfanggerüsten können aus
- einer dichten oder unterbrochenen Verbretterung mit Zwischenräumen von höchstens 10 cm oder
- Füllungen aus Drahtgeflecht nach DIN EN 10223-6 sowie Schutznetzen nach DIN EN 1263-1 mit einer Maschenweite von höchstens 10 cm bestehen.

Dachschutzwände auf geneigten Flächen

Dachschutzwände auf geneigten Flächen sollen nach DGUV Information 201-023
- auf Flächen von 22,5° bis 60° Neigung verwendet werden; der vertikale Abstand zwischen Arbeitsplatz und Fußpunkt der Schutzwand darf höchstens 5,00 m betragen,
- an Teilen baulicher Anlagen befestigt werden, die ausreichend tragfähig sind,
- eine Bauhöhe von mindestens 1,00 m aufweisen,
- zwischen Dachschutzwand und geneigter Fläche einen Winkel von höchstens 90° haben,
- nur verwendet werden, wenn sie den gesicherten Arbeitsbereich seitlich um mindestens je 1,00 m überragen,
- montiert werden, wenn die Beschäftigten gegen Absturz gesichert sind.

Persönliche Schutzausrüstungen (PSA) gegen Absturz

Lassen sich Absturzsicherungen und Auffangeinrichtungen nicht einsetzen, können nach Anhang 1, Nummer 3.1.5 Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) und Nr. 4.2 ASR A2.1 im begründeten Einzelfall auch PSA gegen Absturz (PSAgA) verwendet werden. Die Beschäftigten müssen in die Benutzung der PSAgA und über die Durchführung der erforderlichen Rettungsmaßnahmen unterwiesen werden. Voraussetzung ist das Vorhandensein geeigneter Anschlageinrichtungen.

Die PSAgA ist entsprechend den Randbedingungen am Arbeitsplatz auszuwählen. Geeignete Rettungskonzepte sind vorzuhalten, die eine schnelle und sichere Rettung (vor allem bei dem Risiko des Hängetraumas durch zu langes, bewegungsloses Hängen im Auffanggurt) aufgefangener Personen sicherstellen. Der erforderliche Freiraum unterhalb des Standplatzes des Benutzers ist sicherzustellen. Für die bestimmungsgemäße Verwendung von Anschlageinrichtungen und die Tragfähigkeit der Konstruktion ist zu sorgen.

Arbeitsmedizinische Vorsorge

Arbeiten mit Absturzgefährdung sollen nur von Personen ausgeführt werden, die gesundheitlich dazu in der Lage sind.

Zu empfehlen ist arbeitsmedizinische Vorsorge vor Aufnahme der Tätigkeit und in regelmäßigen Abständen, z. B. im Rahmen der Wunschvorsorge nach ArbMedVV.

1.6.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur

Gesetze, Verordnungen

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

Technisches Regelwerk zu den Arbeitsschutzverordnungen

- ASR A2.1: Schutz vor Absturz und herabfallenden Gegenständen, Betreten von Gefahrenbereichen
- ASR A1.8: Verkehrswege
- TRBS 2121: Gefährdung von Beschäftigten durch Absturz – Allgemeine Anforderungen
- TRBS 2121 Teil 1: Gefährdungen von Beschäftigten durch Absturz bei Verwendung von Gerüsten
- TRBS 2121 Teil 2: Gefährdungen von Beschäftigten durch Absturz bei Verwendung von Leitern
- TRBS 2121 Teil 3: Gefährdungen von Beschäftigten durch Absturz bei Verwendung von Zugangs- und Positionierungsverfahren unter Zuhilfenahme von Seilen
- TRBS 2121 Teil 4: Gefährdungen von Beschäftigten durch Absturz - Ausnahmsweises Heben von Beschäftigten mit hierfür nicht vorgesehenen Arbeitsmitteln
- RAB 32: Regeln zum Arbeitsschutz auf Baustellen – Unterlage für spätere Arbeiten

Berufsgenossenschaftliche Vorschriften

- DGUV Vorschrift 38: Bauarbeiten

Weitere Regeln der Technik

- DIN EN 131-1: Leitern - Teil 1: Benennungen, Bauarten, Funktionsmaße
- DIN EN 131-2: Leitern - Teil 2: Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung
- DIN EN 131-3: Leitern – Teil 3: Benutzerinformation
- DIN EN 131-4: Leitern – Teil 4: Ein- oder Mehrgelenkleitern
- DIN EN 131-06: Leitern - Teil 6: Teleskopleitern
- DIN EN 131-07: Leitern - Teil 7: Mobile Podestleitern
- DIN EN 341: Persönliche Absturzschutzausrüstung – Abseilgeräte zum Retten
- DIN EN 353-1: Persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz - Mitlaufende Auffanggeräte einschließlich einer Führung - Teil 1: Mitlaufende Auffanggeräte einschließlich fester Führung
- DIN EN 353-2: Persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz - Teil 2: Mitlaufende Auffanggeräte einschließlich beweglicher Führung
- DIN EN 354: Persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz - Verbindungsmittel
- DIN EN 355: Persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz - Falldämpfer
- DIN EN 358: Persönliche Schutzausrüstung für Haltefunktionen und zur Verhinderung von Abstürzen - Haltegurte und Verbindungsmittel für Haltegurte
- DIN EN 360: Persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz - Höhensicherungsgeräte
- DIN EN 361: Persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz - Auffanggurte
- DIN EN 362: Persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz - Verbindungselemente
- DIN EN 363: Persönliche Absturzschutzausrüstung gegen Absturz - Persönliche Absturzsicherungssysteme
- DIN EN 363:2016-05 – Entwurf: Persönliche Absturzschutzausrüstung - Persönliche Absturzschutzsysteme; Deutsche und Englische Fassung prEN 363:2016
- DIN EN 364: Persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz - Prüfverfahren
- DIN EN 365: Persönliche Schutzausrüstung zum Schutz gegen Absturz : Allgemeine Anforderungen an Gebrauchsanleitungen, Wartung, regelmäßige Überprüfung, Instandsetzung, Kennzeichnung und Verpackung
- DIN EN 365 Berichtigung 1:2007-04 Berichtigungen zu DIN EN 365:2004-12
- DIN EN 516: Vorgefertigte Zubehörteile für Dacheindeckungen - Einrichtungen zum Betreten des Daches, Laufstege, Trittflächen und Einzeltritte
- DIN EN 795: Persönliche Absturzschutzausrüstung - Anschlageinrichtungen
- DIN EN 813: Persönliche Absturzschutzausrüstung - Sitzgurte
- DIN EN 1263-1: Temporäre Konstruktionen für Bauwerke - Schutznetze (Sicherheitsnetze) - Teil 1: Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfverfahren

– DIN EN 1263-2: Temporäre Konstruktionen für Bauwerke - Schutznetze (Sicherheitsnetze) - Teil 2: Sicherheitstechnische Anforderungen für die Errichtung von Schutznetzen
– DIN EN 12810-1: Fassadengerüste aus vorgefertigten Bauteilen – Teil 1: Produktfestlegungen
– DIN EN 12810-2: Fassadengerüste aus vorgefertigten Bauteilen – Teil 2: Besondere Bemessungsverfahren und Nachweise
– DIN EN 12811-1: Temporäre Konstruktionen für Bauwerke – Teil 1: Arbeitsgerüste – Leistungsanforderungen, Entwurf, Konstruktion und Bemessung
– DIN EN 12811-2: Temporäre Konstruktionen für Bauwerke – Teil 2: Informationen zu den Werkstoffen
– DIN EN 12811-3: Temporäre Konstruktionen für Bauwerke – Teil 3: Versuche zum Tragverhalten
– DIN EN 12811-3 Berichtigung 1:2004-02 Berichtigungen zu DIN EN 12811-3:2003-02
– DIN EN 13374: Temporäre Seitenschutzsysteme - Produktfestlegungen - Prüfverfahren
– DIN 4420-1: Arbeits- und Schutzgerüste – Teil 1: Schutzgerüste – Leistungsanforderungen, Entwurf, Konstruktion und Bemessung
– DIN 4420-3: Arbeits- und Schutzgerüste – Teil 3: Ausgewählte Gerüstbauarten und ihre Regelausführungen
– DIN 4426: Einrichtungen zur Instandhaltung baulicher Anlagen - Sicherheitstechnische Anforderungen an Arbeitsplätze und Verkehrswege - Planung und Ausführung
– DIN 4567: Leitern - Bemessungsgrundlagen für Leitern für den besonderen beruflichen Gebrauch
– DIN 4567-2: Leitern für den besonderen beruflichen Gebrauch - Teil 2: Glasreinigerleitern aus Holz und Aluminium
– DIN 4567-3: Leitern für den besonderen beruflichen Gebrauch - Teil 3: Bauleitern
– DIN 4567-4: Leitern für den besonderen beruflichen Gebrauch - Teil 4: Dachauflegeleitern aus Holz und Aluminium
– DIN EN ISO 14122-1: Sicherheit von Maschinen - Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen - Teil 1: Wahl eines ortsfesten Zugangs und allgemeine Anforderungen
– DIN EN ISO 14122-2: Sicherheit von Maschinen - Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen; Teil 2: Arbeitsbühnen und Laufstege
– DIN EN ISO 14122-3: Sicherheit von Maschinen - Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen; Teil 3: Treppen, Treppenleitern und Geländer
– DIN EN ISO 14122-4: Sicherheit von Maschinen - Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen; Teil 4: Ortsfeste Steigleitern
– DIN 18065: Gebäudetreppen - Begriffe, Messregeln, Hauptmaße
– DIN 18160-5: Abgasanlagen - Teil 5: Einrichtungen für Schornsteinfegerarbeiten - Anforderungen, Planung und Ausführung
– DIN 18799-1: Ortsfeste Steigleitern an baulichen Anlagen – Teil 1: Steigleitern mit Seitenholmen, sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfungen
– DIN 18799-2: Ortsfeste Steigleitern an baulichen Anlagen – Teil 2: Steigleitern mit Mittelholm, sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfungen
– DIN 28017-1: Ortsfeste Zugänge zu verfahrenstechnischen Apparaten - Teil 1: Bühnen
– DIN 28017-2: Ortsfeste Zugänge zu verfahrenstechnischen Apparaten - Teil 2: Geländer für Bühnen
– DIN 28017-3: Ortsfeste Zugänge zu verfahrenstechnischen Apparaten - Teil 3: Steigleitern
– DIN 28017-4: Ortsfeste Zugänge zu verfahrenstechnischen Apparaten - Teil 4: Abstiegssicherungen
– DIN 28017-5: Ortsfeste Zugänge zu verfahrenstechnischen Apparaten - Teil 5: Treppen (Norm-Entwurf)
– DGUV Regel 101-002 (bisher BGR 113): Regeln für die Sicherheit von Treppen bei Bauarbeiten
– DGUV Regel 101-011 (bisher BGR/GUV-R 179): Einsatz von Schutznetzen
– DGUV Regel 101-021 (bisher BGR 218): Schornsteinfegerarbeiten
– DGUV Regel 103-008 (bisher GUV-R 177): Steiggänge für Behälter und umschlossene Räume
– DGUV Regel 112-198 (bisher BGR/GUV-R 198): Benutzung von persönlichen Schutzausrüstungen gegen Absturz
– DGUV Regel 112-199 (bisher BGR/GUV-R 199): Retten aus Höhen und Tiefen mit persönlichen Absturzschutzausrüstungen
– DGUV Information 201-010 (bisher BGI 662): Handlungsanleitung für den Umgang mit Arbeitsplattformnetzen
– DGUV Information 201-011 (bisher BGI/GUV-I 663): Handlungsanleitung für den Umgang mit Arbeits- und Schutzgerüsten
– DGUV Information 201-023 (bisher BGI 807): Einsatz von Seitenschutz und Seitenschutzsystemen sowie Randsicherungen als Schutzvorrichtungen bei Bauarbeiten
– DGUV Information 201-054: Dach-, Zimmer- und Holzbauarbeiten

- DGUV Information 208-005 (bisher BGI/GUV-I 561): Treppen
- DGUV Information 208-016 (bisher BGI 694): Handlungsanleitung für den Umgang mit Leitern und Tritten
- DGUV Information 240-410 (bisher BGI/GUV-I 504-41): Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 41 "Arbeiten mit Absturzgefahr"

1.6.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

- Haben hoch gelegene Arbeitsplätze oder Verkehrswege Absturzsicherungen, die verhindern, dass Personen abstürzen können?
- Haben Arbeitsplätze oder Verkehrswege an oder über Wasser oder anderen festen oder flüssigen Stoffen, in denen man versinken kann, unabhängig von der Absturzhöhe Absturzsicherungen, die verhindern, dass Personen hineinfallen können?
- Sind die Umwehrungen so ausgeführt und bemessen, dass sie die zu erwartenden Kräfte aufnehmen und ableiten können?
- Sind die Absturzsicherungen so gestaltet, dass Personen nicht hindurchfallen können?
- Sind vorhandene Öffnungen, zum Beispiel Luken, Schächte, Rutschen, Gruben, Falltüren, durch Geländer, Umwehrungen oder durch Abdeckungen gesichert?
- Ist bei Arbeitsplätzen, die eine Absturzsicherung nicht zulassen, gesichert, dass der Schutz vor Absturz auf andere Weise gewährleistet wird (z.B. Auffangeinrichtungen)?
- Ist das Objekt, auf dem sich hoch gelegene Arbeitsplätze oder Verkehrswege befinden, ausreichend tragfähig und standsicher?
- Sind Zugänge (z.B. Treppen, Leitern) und deren Anwendung sicher?

Festgestellte Gefährdungen/Mängel

- Tragfähigkeit unzureichend ... (z.B. Leiter, Dach, Gerüst)
- Standsicherheit unzureichend
- ungesicherte Absturzkante
- ungesicherte Öffnung
- Arbeiten auf "nicht begehbaren Flächen" (Gefahr des Absturzes ins Gebäudeinnere)
- Umwehrung unzureichend ... (z.B. fehlende oder unzureichend befestigte Teile)
- Abdeckung unzureichend ... (z.B. Stolperstellen, ungenügende Festigkeit)
- Gerüste weisen Mängel auf ... (z.B. nicht ordnungsgemäßer Seitenschutz, Abstand Wand - Gerüst zu groß, Belag nicht vollständig ausgelegt, ungenügende Verankerung)
- Anschlagpunkte für PSA gegen Absturz unzureichend
- bei PSA gegen Absturz Auffangsysteme fehlerhaft zusammengestellt, PSA falsch angelegt

Maßnahmen

- Tragfähigkeit verbessern / wiederherstellen durch ...
- Standsicherheit verbessern / wiederherstellen durch ... (z.B. sachgerechtes Aufstellen von Leitern, Gerüsten)
- Absturzkante sichern durch ... (z.B. 3-teiliger Seitenschutz, Fanggerüste, PSA gegen Absturz)
- Öffnung sichern durch ... (z.B. Umwehren, Abdecken)
- Auffangeinrichtungen im Gebäudeinneren vorsehen ... (zum Beispiel Schutznetze)
- Umwehrung in ordnungsgemäßen Zustand versetzen
- Abdeckung in ordnungsgemäßen Zustand versetzen
- sicherheitsgerechten Zustand (wieder-)herstellen
- geeignete Anschlagpunkte vorsehen
- bei PSA gegen Absturz geeignete Kombinationen auswählen, Beschäftigte unterweisen

1.6.6 Autoren und Ansprechpartner

Autoren

- Dr.-Ing. H. Fischer
- Dipl.-Ing. S. Gabriel
- Dipl.-Ing. R. Hofert

Ansprechpartner

- Dipl.-Ing. S. Gabriel
  BAuA, Gruppe 6.5, Dresden

Handbuch – Gefährdungsfaktoren

2 Elektrische Gefährdungen

baua:
Bundesanstalt für Arbeitsschutz
und Arbeitsmedizin

27.04.2020

2 Elektrische Gefährdungen

Elektrische Gefährdungen können gesundheitliche Schädigungen von Menschen oder Tieren verursachen. Außerdem kann Elektrizität die Ursache von Bränden und Explosionen sein. In diesem Kapitel werden nur solche elektrische Gefährdungen betrachtet, die zur Gefährdung von Menschen führen.

Elektrische Gefährdungen durch elektrischen Schlag oder Lichtbogen können entstehen bei Anwendung der Elektrizität bei der Arbeit (zum Beispiel Verwendung von elektrischen Betriebsmitteln) oder bei der Durchführung von nicht elektrischen Arbeiten in der Nähe von unter Spannung stehenden Betriebsmitteln. Wenn ein Lichtbogen unerwünscht, infolge eines Defekts oder einer Schalthandlung entsteht, spricht man von einem Störlichtbogen.

Beide Gefährdungen können entweder zugleich auftreten, oder die Art der Gefährdung wird durch die Höhe der Spannung bestimmt. Im Bereich der Spannungen bis 1000 V AC dominiert die Gefährdung des elektrischen Schlags und bei Spannungen über 1000 V AC die Gefährdung durch den Störlichtbogen. Aus diesem Grund sind die Bewertungskriterien und die anzuwendenden Maßnahmen des Arbeitsschutzes schwer von einander zu trennen. Deshalb werden sie für elektrischen Schlag und Störlichtbogen zusammen behandelt.

2.1 Elektrischer Schlag und Störlichtbogen

Mit einer Gefährdung durch elektrischen Schlag oder Störlichtbogeneinwirkung ist zu rechnen, wenn aktive Teile berührt oder unterschiedliche Potentiale überbrückt werden können, oder bei einer Annäherung an aktive Teile die Isolationsfestigkeit unterschritten werden kann.

2.1.1 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen

Gesundheitliche Schädigungen durch die Wirkung des elektrischen Stromes können durch elektrischen Schlag oder Störlichtbogeneinwirkung entstehen.

Elektrischer Schlag

Gefährdungen durch einen elektrischen Schlag können auftreten, wenn der Strom durch den menschlichen Körper in Abhängigkeit der Widerstände im Unfallstromkreis und der treibenden Spannung eine gefährliche Größe annimmt. Der elektrische Schlag kann erfolgen:

- bei direkter Berührung von unter Spannung stehenden Teilen unterschiedlichen Potentials,
- bei der unzulässigen Näherung im Hochspannungsbereich, wenn die Luftstrecke innerhalb der Gefahrenzone (siehe Abbildung 2.1-1 und Anlage 1) durch einen Vorlichtbogen zwischen dem unter Spannung stehenden Teil und Mensch überbrückt wird.

Dabei können Strommarken an den Berührungspunkten, innere Verbrennungen, Verkochung der Blutbahn oder Herzkammerflimmern entstehen.

Störlichtbogen

Gefährdungen durch Störlichtbögen sind auf deren thermische, dynamische und toxische Wirkungen auf den Menschen zurückzuführen:

- **thermische Wirkungen:**
  Verbrennungen 1. bis 4. Grades durch erhitzte Gase oder Metallteile
- **dynamische Wirkungen:**
  Verletzungen durch bewegte Teile infolge des Druckaufbaus in geschlossenen Räumen mit anschließendem Zerbersten der Kapselung
- **toxische Wirkungen:**
  Vergiftungen durch Gase oder Stäube, zum Beispiel durch Ozon oder die Zersetzungsprodukte von Schwefelhexafluorid SF_6
- **Lichtwirkung:**
  Verblitzen der Augen
- **Schallwirkung:**
  Knalltrauma

2.1.2 Grenzwerte, Beurteilungskriterien

Eine Gefährdung durch den elektrischen Schlag und/oder Störlichtbogen liegt vor, wenn:

- die Spannung zwischen einem aktiven Teil und Erde oder die Spannung zwischen aktiven Teilen höher als 25 V Wechselspannung (Effektivwert) oder 60 V Gleichspannung (oberschwingungsfrei) ist (DIN VDE 0100-410) und der Kurzschlussstrom an der Arbeitsstelle größer 3 mA Wechselstrom (Effektivwert) oder 12 mA Gleichstrom beträgt;
- die Energie mehr als 350 mJ (Ladung 50 µC) ist (TRGS 727 Anhang D;DGUV Vorschrift 3 DA zu § 8 Nr. 1);
- Störlichtbögen mit einer Lichtbogenarbeit größer 250 kWs entstehen. Dabei sind Verbrennungen der Haut bei normaler Arbeitsbekleidung möglich (auf der Grundlage von Untersuchungen der BG Feinmechanik und Elektrotechnik und des Prüffeldes für elektrische Hochleistungstechnik in Berlin festgelegter Grenzwert in TGL 200 0606/05);
- bei Annährung an direkt berührbare aktive Teile die Schutzabstände der Tabelle aus Anlage 1 "Annäherungszone für nicht elektrotechnische Arbeiten" unterschritten werden.

Elektrische Betriebsmittel mit einer Nennspannung zwischen 50 V und 1.000 V für Wechselstrom und zwischen 75 V und 1.500 V für Gleichstrom müssen den Sicherheitsgrundsätzen der Ersten Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (1. ProdSV) entsprechend beschaffen sein.

2.1.3 Arbeitsschutzmaßnahmen

Pflichten des Arbeitgebers bei Arbeiten an elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln

- Der Unternehmer hat unter Berücksichtigung des § 3 ArbSchGund § 4 BetrSichV dafür zu sorgen, dass elektrische Gefährdungen, denen Beschäftigte bei der Bereitstellung und Benutzung von elektrischen Betriebsmitteln, beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen sowie bei der Arbeiten an elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln ausgesetzt sind, ausgeschlossen oder hinreichend begrenzt werden.
- Nach DGUV Vorschrift 3 hat der Unternehmer dafür zu sorgen, dass Arbeiten an elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln (Herstellen, Errichten, Ändern und Instandsetzen) nur von der Elektrofachkraft oder unter Leitung und Aufsicht der Elektrofachkraft durchgeführt werden.
- Der Unternehmer kann zu den Arbeitsaufgaben und den Arbeitsbereichen eine Pflichtenübertragung nach § 13 DGUV Vorschrift 1 durchführen.
- Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass elektrische Anlagen und Betriebsmittel auf ihren ordnungsgemäßen Zustand geprüft werden (§ 14 BetrSichV). Die Prüfungen nach § 14 BetrSichV dürfen nur von hierzu befähigten Personen (TRBS 1203) durchgeführt werden. Die Ergebnisse der Prüfungen nach § 14 BetrSichV sind aufzuzeichnen und über einen angemessenen Zeitraum aufzubewahren.

Arbeitsschutzmaßnahmen im Rahmen der Fach- und Aufsichtsverantwortung der Elektrofachkraft

Arbeiten im spannungsfreien Zustand

Sicherstellen des spannungsfreien Zustands durch Einhaltung der fünf Sicherheitsregeln (DGUV Vorschrift 3, DIN VDE 0105-100):

- freischalten
- gegen Wiedereinschalten sichern
- Spannungsfreiheit feststellen
- Erden und Kurzschließen
- benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschranken

Arbeiten in der Nähe spannungsführender Teile

In der Nähe unter Spannung stehender Teile, die nicht gegen direktes Berühren geschützt sind (zum Beispiel Stromschienen, Freileitungen, Verteiler), darf gearbeitet werden, wenn der Schutz gegen zufälliges Berühren durch isolierende Schutzeinrichtungen (zum Beispiel Abdeckungen) sichergestellt oder die zulässige Annäherung durch zum Beispiel Personen, Werkzeuge, Maschinen nicht unterschritten werden.

Als zulässige Schutzabstände gelten:

- die äußere Grenze der Annäherungszone für nicht elektrotechnische Arbeiten (D_V), siehe Anlage 1
- die äußere Grenze der Annäherungszone, für spezielle Arbeiten (Ausführung der Arbeiten durch Elektrofachkräfte oder unter deren Aufsichtsführung), siehe Anlage 2

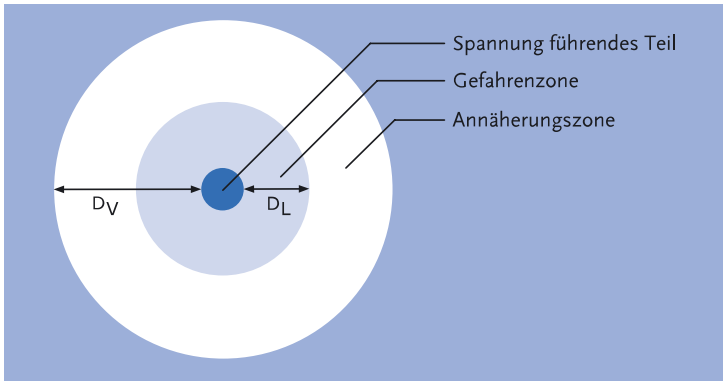


Abbildung 2.1-1. Abstände in Luft und Zonen für Arbeiten

Arbeiten unter Spannung

- In Fällen, in denen der spannungsfreie Zustand der aktiven Teile nicht sichergestellt werden kann oder die äußere Grenze der Gefahrenzone unterschritten wird, kann die Arbeitsmethode "**Arbeiten unter Spannung**" für die Durchführung von notwendigen Arbeiten angewendet werden. Innerhalb der Gefahrenzone (D_L) besteht akute Lebensgefahr, wenn keine speziellen Arbeitsschutzmaßnahmen angewendet werden, siehe Anlage 3.
- Arbeiten unter Spannung müssen nach national erprobten sicheren Verfahren ausgeführt werden. Bedingungen und Regelungen dazu sind in DGUV Regel 103-011 (bisher BGR A3) und DIN VDE 0105-100 angegeben.

NH-Sicherungen

Beim Betätigen von Spannung führenden **NH-Sicherungen** sollte der Sicherungsaufsteckgriff mit Stulpe und Gesichtsschutz verwendet werden, wenn kein Berührungsschutz und keine Schottungen zwischen den NH-Sicherungsunterteilen vorhanden sind. Unterweisungen und Training für das Betätigen von NH-Sicherungen werden empfohlen.

Prüfungspflicht

Die **Pflicht** für die Durchführung von Erst- und Wiederholungsprüfungen folgt aus den §§ 3 und 14 BetrSichV sowie DIN EN 50110-1 (DIN VDE 0105-100). Regelungen für die Prüfung elektrischer Anlagen und Betriebsmittel (Erst- und Wiederholungsprüfungen) sind in TRBS 1201 sowie in DIN VDE 0100-600, DINVDE 0701-0702 angegeben. Weitere spezielle Prüfungen sind im Technischen Regelwerk enthalten.

Prüffristen

- Gemäß § 14 BetrSichV sind elektrische Anlagen und Betriebsmittel in ordnungsgemäßem Zustand zu erhalten. Der ordnungsgemäße Zustand ist nach der Montage und vor der ersten Inbetriebnahme beziehungsweise nach Änderungen oder Instandsetzungen vor der Wiederinbetriebnahme durch Prüfungen nachzuweisen.
- Unterliegen Arbeitsmittel Schäden verursachenden Einflüssen, die zu gefährlichen Situationen führen können, so sind im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung (TRBS 1111) wiederkehrende Prüfungen vorzusehen. Für wiederkehrende Prüfungen sind die Fristen so zu bemessen, dass entstehende Mängel, mit denen gerechnet werden muss, rechtzeitig festgestellt werden.
  Bewährte Prüffristen für elektrische Arbeitsmittel können den Durchführungsanweisungen zu den DGUV-Vorschriften 3 und 4 sowie dem ergänzenden DGUV-Regelwerk entnommen werden.

Maßnahmen zum Erhalten des ordnungsgemäßen Zustandes

Um die elektrische Sicherheit von Betriebsmitteln zu gewährleisten, müssen die Maßnahmen, die diese Sicherheit realisieren (Basisschutz, Fehlerschutz und Zusatzschutz sowie Lichtbogenschutz), im ordnungsgemäßen Zustand erhalten bleiben:

Basisschutz

Schutzmaßnahmen gegen das Berühren betriebsmäßig Spannung führender Teile:
Austausch von

– unzureichenden oder beschädigten Isolierungen,
– defekten Isolierplatten, Abdeckungen, Gehäusen oder Kapselungen,
– beschädigten oder unzulässigen Steckverbindungen,
– Anschluss- oder Verlängerungsleitungen ohne Zugentlastung
– beziehungsweise Beseitigung äußerlich erkennbarer Schäden und Mängel.

Fehlerschutz

Schutzmaßnahmen beim Berühren von Teilen, die im Fehlerfall eine gefährliche Spannung annehmen können:
– Überprüfen, ob die in DIN VDE 0100-410 beschriebenen Schutzmaßnahmen vorhanden beziehungsweise wirksam sind
– Durchführung von wiederkehrenden Prüfungen nach § 14 BetrSichV (TRBS 1201) durch befähigte Person (TRBS 1203)

Zusatzschutz

Der Zusatzschutz ist nur als Ergänzung des Basisschutzes einzusetzen. Er wird realisiert mit RCDs (früher Fehlerstrom-Schutzschaltern) mit $I\Delta n \leq 30$ mA oder mit LS/DI-Schalter (bedingt zulässig). Der Zusatzschutz wird besonders dort gefordert, wo robuste Bedingungen den Basisschutz unwirksam machen können, zum Beispiel in Räumen mit Badewanne oder Dusche, Schwimmhallen, Baustellen, landwirtschaftliche Betriebsstätten (nach DIN VDE 0100 Gruppe 700).

Störlichtbogenschutz

Schutzmaßnahmen gegen das Auftreten beziehungsweise gegen die Wirkungen von Störlichtbögen:
– Auswahl und Einsatz von lichtbogengeprüften Schalt- und Verteilungsanlagen,
– Bescheinigung des Errichters der Anlage zur Gewährleistung des Lichtbogenschutzes,
– Durchführen von Funktionsprüfungen der Lichtbogenschutzeinrichtungen nach Angaben des Herstellers,
– Realisieren der technischen Maßnahmen nach DIN VDE 0101, siehe Abschnitt "Vorschriften, Regelwerk, Literatur"
– Benutzung von geeigneten persönlichen Schutzausrüstungen (PSA),
– Einhalten der vorgeschriebenen klimatischen Bedingungen

2.1.4 Vorschriften, Regelwerk

Gesetze, Verordnungen

- Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (Betriebssicherheitsverordnung - BetrSichV)
- Erste Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Verordnung über elektrische Betriebsmittel - 1. ProdSV)

Technische Regelwerke zu den Arbeitsschutzverordnungen

- TRBS 1111: Gefährdungsbeurteilung und sicherheitstechnische Bewertung
- TRBS 1201: Prüfungen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen
- TRBS 1203: Befähigte Personen

Vorschriften der Berufsgenossenschaften

- DGUV Vorschrift 1 (bisher BGV A1): Grundsätze der Prävention
- DGUV Vorschrift 3 (bisher BGV A3): Elektrische Anlagen und Betriebsmittel
- DGUV Regel 103-011 (bisher BGR A3): Arbeiten unter Spannung an elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln

Weitere Regeln der Technik

- DIN IEC/TS 60479-1 (VDE V 0140-479-1): Wirkungen des elektrischen Stromes auf Menschen und Nutztiere – Teil 1: Allgemeine Aspekte
- DIN EN 61140 (VDE 0140-1) (IEC 61140:2001): Schutz gegen elektrischen Schlag - Gemeinsame Anforderungen für Anlagen und Betriebsmittel
- DIN VDE 0100-410 (IEC 60364-4-41, modifiziert); Deutsche Übernahme HD 60364-4-41: Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-41: Schutzmaßnahmen - Schutz gegen elektrischen Schlag
- DIN VDE 0105-100: Betrieb von elektrischen Anlagen – Teil 100: Allgemeine Festlegungen
- DIN VDE 0100-100 (IEC 60364-1, modifiziert); Deutsche Übernahme HD 60364-1: Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 1: Allgemeine Grundsätze, Bestimmungen allgemeiner Merkmale, Begriffe
- DIN VDE 0100-410 VDE 0100-410 (IEC 60364-4-41); Errichten von Niederspannungsanlagen. Teil 4-41: Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag
- DIN VDE 0100-540 (IEC 60364-5-54); Deutsche Übernahme HD 60364-5-54: Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 5-54: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel - Erdungsanlagen und Schutzleiter
- DIN EN 50310 (VDE 0800–2–310): Anwendung von Maßnahmen für Erdung und Potentialausgleich in Gebäuden mit Einrichtungen der Informationstechnik
- VDE-AR-E 2100-550 Anwendungsregel; Errichten von Niederspannungsanlagen. Teil 550: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Schalter und Steckdosen
- DIN VDE 0100-600 (IEC 60364-6, modifiziert); Deutsche Übernahme HD 60364-6: Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 6: Prüfungen
- DIN VDE 0701-0702: Prüfung nach Instandsetzung, Änderung elektrischer Geräte - Wiederholungsprüfung elektrischer Geräte - Allgemeine Anforderungen für die elektrische Sicherheit
- DIN VDE 0100-704 (IEC 60364-7-704, modifiziert); Deutsche Übernahme HD 60364-7-704: Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 7-704: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art - Baustellen
- DIN VDE 0100-705 (IEC 60364-7-705, modifiziert); Deutsche Übernahme HD 60364-7-705: Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 7-705: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art - Elektrische Anlagen von landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Betriebsstätten
- DIN EN 61936-1 (VDE 0101-1) (IEC 61936-1, modifiziert): Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV - Teil 1: Allgemeine Bestimmungen
- DIN EN 50191 (VDE 0104): Errichten und Betreiben elektrischer Prüfanlagen
- DIN VDE 0105-112: Betrieb von elektrischen Anlagen - Teil 112: Besondere Festlegungen für das Experimentieren mit elektrischer Energie in Unterrichtsräumen oder in dafür vorgesehenen Bereichen
- DIN VDE 0100-710 (IEC 60364-7-710, modifiziert); Deutsche Übernahme HD 60364-7-710: Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 7-710: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art - Medizinisch genutzte Bereiche
- DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1) (IEC 60204-1, modifiziert): Sicherheit von Maschinen - Elektrische Ausrüstung von Maschinen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen

2.1.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

– Ist gewährleistet, dass betriebsmäßig unter Spannung stehende Teile nicht berührt werden können?
– Werden elektrische Anlagen und Betriebsmittel nur von Elektrofachkräften oder unter deren Leitung und Aufsicht von elektrotechnisch unterwiesenen Personen errichtet und betrieben?
– Werden in regelmäßigen Abständen Wiederholungsprüfungen zum Erhalten des ordnungsgemäßen Zustands durchgeführt (TRBS 1201)?
– Werden besonders vor Arbeitsbeginn Unterweisungen über mögliche Gefährdungen durch elektrischen Strom durchgeführt, einschließlich für elektrotechnische Laien (Bagger-, Kranführer und Bauarbeiter)?
– Wie wird abgesichert, dass die vorgeschriebenen Schutzabstände nicht unterschritten werden?
– Werden defekte elektrische Betriebsmittel (zum Beispiel handgeführte Elektrowerkzeuge, Kabelroller, Verlängerungsleitungen, Steckvorrichtungen) unverzüglich außer Betrieb genommen?

Festgestellte Gefährdungen/Mängel

– Arbeiten oder Eingriff an elektrischen Anlagen durch Fachunkundige (Laien)
– Durchführung von Arbeiten unter Spannung von ungeschulten Personen (DGUV Regel 103-011, bisher BGR A3)

– sichtbare Schäden an elektrischen Betriebsmitteln ... (zum Beispiel beschädigte Isolierungen, unzulässige Steckverbindungen oder Verlängerungsleitungen)
– Unterschreiten von vorgeschriebenen Schutzabständen durch Unkenntnis
– Fehlender Berührungsschutz ... (Abstand, Abdeckung, Umhüllung, Kapselung)
– nicht bestimmungsgemäßer Gebrauch von elektrischen Betriebsmitteln ... (zum Beispiel elektrische Handwerkzeuge für Innen bei Regen im Freien)
– Nichtbeachten der fünf Sicherheitsregeln ... (zum Beispiel unterlassene Erdung an der Arbeitsstelle)

Maßnahmen

– Arbeiten an elektrischen Anlagen nur durch Elektrofachkräfte und elektrotechnisch unterwiesene Personen durchführen lassen
– Mängel durch die Elektrofachkraft beseitigen lassen
– über Schutzabstände, Schutzmaßnahmen und bestimmungsgemäßen Gebrauch elektrischer Betriebsmittel unterweisen
– Fünf-Sicherheitsregeln konsequent einhalten
– Wiederholungsprüfungen durchführen
– elektrische Anlagen und Betriebsmittel entsprechend den elektrotechnischen Regeln betreiben (Anhang DGUV Vorschrift 3, bisher BGV A3)

2.1.6 Autoren, Ansprechpartner und Anlagen

Autoren

– Dr.-Ing. P. Lange
– Dr.-Ing. J. Nagel
– Dipl.-Ing. B. Kasper

Ansprechpartner

– Dipl.-Ing. B. Kasper
BAuA, FG 2.4, Dresden

Anlagen

– Anlage 1: Annäherungszone für nicht elektrotechnische Arbeiten
– Anlage 2: Annäherungszone für spezielle Arbeiten
– Anlage 3: Gefahrenzone

ANLAGE 1

Annäherungszone für nicht elektrotechnische Arbeiten

nach DIN VDE 0105-100 oder DGUV Vorschrift 3 (bisher BGV A3), Tabelle 4

Annäherungszone ist ein begrenzter Bereich, der sich an die Gefahrenzone anschließt und außen durch den Abstand D_V begrenzt wird.

Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile

Für Bauarbeiten und nicht elektrotechnische Arbeiten, auch wenn sie von elektrotechnischen Laien ausgeführt werden, gelten folgende Abstände. Sie sind angegeben in **DIN VDE 0105-100**, Tabelle 103.

Annäherungszone, Schutzabstände

Netz-Nennspannung U_n (Effektivwert)	Äußere Grenze der Annäherungszone D_V; Schutzabstand (Abstand in Luft von ungeschützten unter Spannung stehenden Teilen)
kV	m
bis 1	1,00
über 1 bis 110	3,00
über 110 bis 220	**4,00**
über 220 bis 380	**5,00**

Diese Abstände gelten für Bauarbeiten und sonstige nichtelektrotechnische Arbeiten, z. B.:

- Gerüstbau
- Arbeiten mit Hebezeugen, Baumaschinen
- Montagearbeiten
- Anstrich- und Ausbesserungsarbeiten
- Bewegen von sonstigen Geräten und Bauhilfen
- Transportarbeiten

ANLAGE 2

Annäherungszone für spezielle Arbeiten

nach DIN VDE 0105-100 oder DGUV Vorschrift 3 (bisher BGV A3), Tabelle 3

Annäherungszone ist ein begrenzter Bereich, der sich an die Gefahrenzone anschließt und außen durch den Abstand D_V begrenzt wird.

Schutz durch Abstand und Aufsichtsführung

Wenn Schutz durch Abstand und Aufsichtsführung angewandt werden soll, müssen für diese Methode festgelegte Abstände eingehalten werden. Diese Abstände sind festgelegt in DIN VDE 0105-100, Tabelle 102 oder DGUV Vorschrift 3 (bisher BGV A3) Tabelle 3.

Schutzabstände bei speziellen Arbeiten

Netz-Nennspannung U_n (Effektivwert)	Schutzabstand (Abstand in Luft von ungeschützten unter Spannung stehenden Teilen)
kV	m
bis 1	0,50
über 1 bis 30	1,50
über 30 bis 110	**2,00**
über 110 bis 220	**3,00**
über 220 bis 380	**4,00**

Diese Arbeiten müssen von Elektrofachkräften oder elektrotechnisch unterwiesenen Personen oder unter entsprechender Aufsicht durchgeführt werden.
Spezielle Arbeiten sind beispielsweise::

- Bewegen von Leitern
- Arbeiten an Freileitungen (mehrerer Stromkreise), Hochziehen, Herablassen von Werkzeugen oder Material
- Anstrich- und Ausbesserungsarbeiten

ANLAGE 3

Gefahrenzone

nach DIN VDE 0105-100 oder DGUV Vorschrift 3 (bisher BGV A3), Tabelle 2

Gefahrenzone ist ein Bereich um unter Spannung stehende Teile, in dem der erforderliche Isolationspegel nicht sichergestellt ist. Beim Eindringen in diesen Bereich besteht Gefährdung durch Körperdurchströmung und/oder Lichtbogenbildung. Alle Arbeiten innerhalb der Gefahrenzone müssen entsprechend den Bedingungen für Arbeit unter Spannung ausgeführt werden.

Gefahrenzone: DIN VDE 0105-100

Netz-Nennspannung U_n (Effektivwert)	Äußere Grenze der Gefahrenzone Innenraumanlage Freiluftanlage D_L[1] (Abstand in Luft)		Bemessungs-Steh-/Blitz-/ Schaltstoßspannung U_{imp} (Scheitelwert)
kV	mm		kV
< 1	keine Berührung		4
3	60	120	40
6	90	120	60
10	120	120	75
15	160		95
20	220		125
30	320		170
36	380		200
45	480		250
66	630		325
70	750		380
110	1.100		550
132	1.300		650
150	1.500		750
220	2.100		1.050
275	2.400		850
380	2.900/3.400		950 /10.050
480	4.100		1.175
700	6.400		1.550

[1] Werte D_L sind für die höchste Bemessungs-Stehstoßspannung (Blitz- oder Schaltstoßspannung) angegeben; weitere Werte für niedrige Bemessungsspannungen s. DIN VDE 0101

2.2 Statische Elektrizität

Im Gegensatz zu Gefährdungen durch elektrischen Schlag oder Störlichtbogen kann eine Gefährdung durch statische Elektrizität auch ohne das Vorhandensein einer Stromquelle entstehen. Unter statischer Elektrizität wird eine Ansammlung von elektrischen Ladungen infolge von mechanischer Trennung gleichartiger oder verschiedener Stoffe auf den getrennten Teilen oder auf anderen leitfähigen Gegenständen infolge von Influenz verstanden. Während des Arbeitsprozesses kann dies bei Vorgängen wie Reiben, Zersplittern, Zerreißen, Zerstäuben, Ausschütten von festen Stoffen oder beim Strömen von Flüssigkeiten beziehungsweise von aerosolbeladenen Gasen erfolgen. Auch Menschen können zum Beispiel beim Gehen aufgeladen werden, wenn sie isolierende Bekleidung oder Schuhwerk tragen (siehe TRGS 727 (ehemals TRBS 2153)).

Bei der Entladung elektrostatischer Ladungen entstehen außer Gefährdungen von Personen folgende Gefahren beziehungsweise Störungen, die in diesem Kapitel nicht betrachtet werden:

- Beschädigungen beziehungsweise Zerstörung von elektrostatisch gefährdeten Bauelementen
- ESD (**e**lectro**s**tatic **d**ischarge) – elektrostatische Entladung, die unter anderem transiente elektromagnetische Einkopplungen (EMV) in die Strombahnen der elektronischen Bauelemente, Geräte und Systeme bewirken
- Vorbelichtung photographischer Emulsion (zum Beispiel Röntgenfilm)
- Entzündung brennbarer Stoffe (Explosions- und Brandgefahr) (siehe Kapitel "Brand- und Explosionsgefährdungen")

2.2.1 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen

Entstehung der Gefährdung

Die elektrostatische Aufladung kann entstehen, wenn bei Vorgängen die miteinander (auch kurzfristig) kontaktierenden Oberflächen mit unterschiedlicher Leitfähigkeit getrennt werden (Trennprozesse). Elektrostatische Aufladung durch Influenz kann erfolgen, wenn nicht geerdete Gegenstände oder Menschen in die Nähe von aufgeladenen Teilen kommen.

Wirkung

Personengefährdungen können auftreten

- infolge eines elektrischen Schlags bei der Entladung zwischen
  - geerdetem Menschen und aufgeladenem Leiter oder Nichtleiter,
  - aufgeladenem Menschen und geerdetem Leiter,
  - aufgeladenem Menschen und isoliertem (geladenem) Leiter;
- durch eine Schreckreaktion infolge einer Entladung, die einen sekundären Unfall provoziert;
- bei Angst vor neuen Schlägen, wobei die Unsicherheit zu Fehlhandlungen führen können;
- bei ständiger Aufladung von Personen als allgemeine gesundheitliche Beeinträchtigung.

2.2.2 Grenzwerte, Beurteilungskriterien

Eine Gefährdung von Menschen liegt vor, wenn die entstandene elektrostatische Ladung über den menschlichen Körper entladen wird.

Spürbarkeit

Bei Ladungspotentialen oberhalb etwa 1 kV kommt es zu Funkenüberschlägen, die für den Menschen ab etwa 2 kV (0,5 mJ) spürbar werden. Mit höheren Potentialen wird der verspürte elektrische Schlag zunehmend unangenehmer und ab etwa 10 kV als schmerzhaft empfunden.

Achtung! Beim Vorhandensein von Explosionsgefährdung kann die Entladung von 0,50 mJ zündwirksam sein (TRGS 727 - Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen)!

Gesundheitliche Schädigungen

Gesundheitliche Schädigungen durch die Wirkung der elektrostatischen Entladung entstehen, wenn die über den menschlichen Körper übertragene Ladung 50 µC oder die Energie 350 mJ überschreitet (TRGS 727 Anhang D).

2.2.3 Arbeitsschutzmaßnahmen

Arbeitgeberpflichten

Der Arbeitgeber hat unter Berücksichtigung des § 3 ArbSchG und § 4 BetrSichV dafür zu sorgen, dass Gefährdungen durch elektrostatische Aufladungen, denen Beschäftigte bei der Bereitstellung und Benutzung von Arbeitsmitteln oder beim Betrieb von Anlagen ausgesetzt sind, ausgeschlossen oder hinreichend begrenzt werden.

Der Arbeitgeber hat nach § 3a ArbStättV die Arbeitsstätten so zu errichten und zu betreiben, dass von ihnen keine Gefährdungen für die Sicherheit und die Gesundheit der Beschäftigten ausgehen.

Die folgenden Maßnahmen dienen dem Schutz vor Gefährdungen, die von elektrostatischen Aufladungen ausgehen können (Auswahl):

Allgemeine Maßnahmen zur Verhinderung der elektrostatischen Aufladung

- Gebrauch von Gegenständen oder Einrichtungen aus isolierenden Materialien vermeiden
- Leitfähigkeit bzw. Ableitfähigkeit der Medien erhöhen (leitfähige oder ableitfähige Beschichtungen, leitfähige Fäden in Textilien, Additive in Flüssigkeiten, Beschichtung des Schüttguts)
- Begrenzung der Abmessungen von isolierenden Oberflächen
- Erdung von leitfähigen und ableitfähigen Gegenständen oder Einrichtungen
- Erhöhung der Luftfeuchtigkeit durch Befeuchtung
- Ionisierung der Luft
- die Bewegungsgeschwindigkeit von Schüttgütern und Flüssigkeiten in den Rohrleitungen und Behältern begrenzen (Strömungs-, Füll-, Rührgeschwindigkeit)
- leitfähige Behälter verwenden
- Vermeiden von verspritzender Flüssigkeit und Gasblasen
- Unterteilung der Volumina, wo Schüttgut, Staubmaterial, verschmutzte Gase untergebracht sind, mittels geerdeter Gegenstände (Stäbe, Gitter)
- Vermeidung von Ladungstrennung (Riemenantriebe, Förderbänder, Folien- oder Papierbahnen, Körper mit gleichen Oberflächen verwenden)

Maßnahmen zum Schutz von Personen

- leitfähige oder ableitfähige Kleidung und Schuhwerk tragen
- Personenerdung
- geeignete Gestaltung von Arbeitsmitteln (Vermeidung von Feldverzerrung durch Arbeitsmittel)
- PSA

2.2.4 Vorschriften, Regelwerk

Gesetze, Verordnungen

- Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (Betriebssicherheitsverordnung - BetrSichV)

Technische Regelwerke zu den Arbeitsschutzverordnungen

- TRBS 1111: Gefährdungsbeurteilung und sicherheitstechnische Bewertung
- TRBS 1201: Prüfungen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen
- TRBS 1203: Befähigte Personen
- TRBS 2152 (inhaltsgleich: TRGS 720): Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre - Allgemeines
- TRBS 2152 Teil 1 (inhaltsgleich: TRGS 721): Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre - Beurteilung der Explosionsgefährdung
- TRBS 2152 Teil 2 (inhaltsgleich: TRGS 722): Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre
- TRGS 723: Gefährliche explosionsfähige Gemische - Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Gemische
- TRGS 724: Gefährliche explosionsfähige Gemische - Maßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes, welche die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken
- TRGS 727: Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen

Berufsgenossenschaftliche Vorschriften

- DGUV Vorschrift 1 (bisher BGV A1): Grundsätze der Prävention

Weitere Regeln der Technik

- DIN IEC/TS 60479-1 (VDE V 0140-479-1): Wirkungen des elektrischen Stromes auf Menschen und Nutztiere – Teil 1: Allgemeine Aspekte
- DIN EN 61140 (VDE 0140-1) (IEC 61140+A1): Schutz gegen elektrischen Schlag - Gemeinsame Anforderungen für Anlagen und Betriebsmittel
- DIN VDE 0100-410 (IEC 60364-4-41, modifiziert); Deutsche Übernahme HD 60364-4-41: Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-41: Schutzmaßnahmen - Schutz gegen elektrischen Schlag
- DIN VDE 0105-100: Betrieb von elektrischen Anlagen – Teil 100: Allgemeine Festlegungen
- DIN IEC VDE 0100-540 (IEC 60364-5-54); Deutsche Übernahme HD 60364-5-54: Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 5-54: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel - Erdungsanlagen und Schutzleiter
- DIN EN 50310 (VDE 0800–2–310): Anwendung von Maßnahmen für Erdung und Potentialausgleich in Gebäuden mit Einrichtungen der Informationstechnik
- DIN VDE 0100-600 (IEC 60364-6, modifiziert); Deutsche Übernahme HD 60364-6: Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 6: Prüfungen
- DIN VDE 0701-0702: Prüfung nach Instandsetzung, Änderung elektrischer Geräte - Wiederholungsprüfung elektrischer Geräte - Allgemeine Anforderungen für die elektrische Sicherheit
- DIN VDE 0105-112: Betrieb von elektrischen Anlagen - Teil 112: Besondere Festlegungen für das Experimentieren mit elektrischer Energie in Unterrichtsräumen oder in dafür vorgesehenen Bereichen
- DIN VDE 0100-710 (IEC 60364-7-710, modifiziert); Deutsche Übernahme HD 60364-7-710: Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 7-710: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art - Medizinisch genutzte Bereiche
- DIN VDE 0132: Brandbekämpfung und Hilfeleistung im Bereich elektrischer Anlagen
- DIN V VDE V 0166: Errichten elektrischer Anlagen in Bereichen, die durch Stoffe mit explosiven Eigenschaften gefährdet sind
- DIN EN 60079-0 (VDE 0170-1) (IEC 60079-0, modifiziert): Explosionsgefährdete Bereiche - Teil 0: Betriebsmittel - Allgemeine Anforderungen
- DIN EN 60079-10-2 (VDE 0165-102) (IEC 60079-10-2): Explosionsgefährdete Bereiche - Teil 10-2: Einteilung der Bereiche - Staubexplosionsgefährdete Bereiche
- DIN EN 60079-14 (VDE 0165-1) (IEC 60079-14): Explosionsgefährdete Bereiche - Teil 14: Projektierung, Auswahl und Errichtung elektrischer Anlagen

– DIN EN 60079-17 (VDE 0165-10-1) (IEC 60079-17): Explosionsgefährdete Bereiche - Teil 17: Prüfung und Instandhaltung elektrischer Anlagen

2.2.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

- Werden Technologien angewendet, die die Entstehung von statischer Aufladung begünstigen?
- Begünstigt die Arbeitsstätte die Entstehung von statischer Aufladung (Leitfähigkeit der Fußböden, Luftfeuchtigkeit im Raum)?
- Sind die Arbeitnehmer über die Gefährdungen der statischen Elektrizität informiert?
- Sind die Arbeitnehmer über die persönlichen Schutzmaßnahmen informiert?

Festgestellte Gefährdungen / Mängel

- Statische Aufladung von Arbeitsmitteln durch rotierende Bewegungen
- Verwendung von Arbeitsmitteln aus isolierendem Material
- Fußbodenleitfähigkeit zu gering
- Luftfeuchtigkeit zu gering
- ungeeignete Arbeitskleidung
- ungeeignete Arbeitsschuhe

Maßnahmen

- Verhinderung von Aufladung, zum Beispiel durch konstruktive Gestaltung von Behältnissen
- Gebrauch von Gegenständen und Einrichtungen aus elektrostatisch ableitfähigem oder leitfähigem Material, die mit Erdpotential verbunden sind
- Erhöhung der relativen Luftfeuchte auf mehr als 50 %
- Ionisierung der Luft
- elektrische Abschirmung
- Schutz gegen Berührung eines aufgeladenen Gegenstandes oder Produktes
- Abwarten der Entladezeiten (Relaxationszeit)
- Benutzung von elektrostatisch ableitfähigem Schuhwerk (Durchgangswiderstand nicht größer als 100 Kiloohm)
- Benutzen von elektrostatisch ableitfähigen Handschuhen
- Einsatz von Handgelenks-Erdungsarmbändern

2.2.6 Autoren und Ansprechpartner

Autoren

- Dr.-Ing. P. Lange
- Dr.-Ing. J. Nagel
- Dipl.-Ing. B. Kasper

Ansprechpartner

- Dipl.-Ing. B. Kasper
  BAuA, FG 2.4, Dresden

Handbuch – Gefährdungsfaktoren

3 Gefahrstoffe

baua:
Bundesanstalt für Arbeitsschutz
und Arbeitsmedizin

27.04.2020

3 Gefahrstoffe

Die Forderung des Arbeitsschutzgesetzes eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen, ist für Gefahrstoffe in der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) verankert. Beurteilt werden Gefährdungen durch Einatmen, Hautkontakt und durch Brand und Explosionen. Die Gefährdungsbeurteilung ist abgeschlossen, wenn Ersatzlösungen geprüft, die erforderlichen betrieblichen Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten und Dritter sowie das Verfahren zur Wirksamkeitsüberprüfung festgelegt sind. Das Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung ist zu dokumentieren. Konkretisiert wird die Vorgehensweise zur Ableitung der Gefährdung und der daraus resultierenden Maßnahmen in der Technischen Regel Gefahrstoffe (TRGS 400).

Hinweis: Der Gefährdungsfaktor "Physikalisch-chemische Gefährdungen" (z. B. Brand und Explosionsgefährdungen, unkontrollierte chemische Reaktionen) wird nicht im Rahmen dieses Ratgebers behandelt.

Ablauf der Gefährdungsbeurteilung

Fachkunde

Die Gefährdungsbeurteilung muss von einer fachkundigen Person durchgeführt werden. Diese muss
- ausreichende Kenntnisse über die gefährlichen Eigenschaften der verwendeten Gefahrstoffe besitzen,
- mit den Arbeitsabläufen und den auszuübenden Tätigkeiten vertraut sein,
- die Vorschriften kennen,
- die Arbeitsbedingungen beurteilen können und
- die festgelegten Schutzmaßnahmen während einer Tätigkeit bewerten können.

Muss der Arbeitgeber nach der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (§§ 4 und 5 ArbMedVV) Vorsorgeuntersuchungen anbieten oder veranlassen, sind besondere arbeitsmedizinische Kenntnisse erforderlich. Umfang und Tiefe der notwendigen Kenntnisse sind abhängig von der zu beurteilenden Tätigkeit und können daher unterschiedlich sein. Die Kenntnisse sollen durch spezifische Fortbildungen regelmäßig vertieft werden, wie sie etwa von den Unfallversicherungsträgern, der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Verbänden, TÜV-Akademien, Industrie- und Handelskammern oder anderen Beratungsunternehmen regelmäßig angeboten werden.

Oftmals ist die Fachkunde von mehreren Personen zur Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung erforderlich. Im Betrieb sind es in der Regel Sicherheitsfachkraft gemeinsam mit dem Betriebsarzt. Der Arbeitgeber kann aber auch einen externen fachkundigen Beratungsdienst beauftragen.

Für die Beurteilung von Gefährdungen ist es notwendig, dass eine fachkundige Person erkennt, ab wann weitere Hilfestellung erforderlich ist. Gerade bei der Planung von geschlossenen Anlagen oder technischen Maßnahmen sowie bei Tätigkeiten mit besonders hohen Risiken kann das der Fall sein. Zur Umsetzung und Planung von raumlufttechnischen Anlagen und Absaugungen ist es empfehlenswert, einen Lüftungstechniker mit einzubeziehen. Geschlossene Anlagen sollten zusammen mit der Expertise eines Anlagenbauers geplant und umgesetzt werden. Beratend tätig sind in vielen Fragen die Unfallversicherungsträger und die staatlichen Aufsichtsbehörden.

Zeitpunkt der Durchführung

Die Gefährdungsbeurteilung wird vor Aufnahme einer Tätigkeit durchgeführt. Sie ist zu aktualisieren wenn
- neue Gefahrstoffe eingeführt werden,
- Tätigkeiten, Arbeitsverfahren oder Schutzmaßnahmen geändert werden,
- Ergebnisse der Wirksamkeitsüberprüfung weitere Maßnahmen fordern,
- die Gefahrstoffverordnung oder das technische Regelwerk geändert wird,
- neue Erkenntnisse zu den gefährlichen Stoffeigenschaften oder Erkenntnisse aus der arbeitsmedizinischen Vorsorge vorliegen.

Substitutionsprüfung

Die Gefährdungsbeurteilung beginnt immer mit einer Substitutionsprüfung. Die entsprechende Technische Regel ist die TRGS 600. In dieser Regel ist im Anhang das Spaltenmodell enthalten, das die Suche nach einem Ersatzstoff erleichtert. Zusätzlich ist im Anhang eine Tabelle mit Abwägungsgründen für den Einsatz von Ersatzlösungen enthalten.

Bei einer Substitutionsprüfung sind alle Stoffeigenschaften zu beachten. Diese Forderung erfüllt das Spaltenmodell. Gesundheitsgefahren, Umweltgefahren, Brand- und Explosionsgefahren, Gefahren durch das Freisetzungsverhalten und Gefahren durch das Arbeitsverfahren selbst können beschrieben und in ihrer Gesamtheit bewertet werden.

Zur Prüfung der technischen Eignung von Ersatzlösungen können Produkt- oder Brancheninformationen hilfreich sein. Die Technischen Regeln der 600er-Reihe beschreiben Ersatzmöglichkeiten nach dem Stand der Technik für verschiedene Tätigkeiten mit Gefahrstoffen.

Darüber hinaus ist es aber nicht sinnvoll, Gefahrstoffe mit bekannten gefährlichen Eigenschaften durch Produkte mit unbekannten Gefahren zu ersetzen. Daher sollte eine Plausibilitätsprüfung des Sicherheitsdatenblatts mit allen zur Auswahl stehenden Gefahrstoffen durchgeführt werden.

Informationsermittlung

Die Grundlagen für die Gefährdungsbeurteilung sind leicht zugänglich. An erster Stelle ist das Sicherheitsdatenblatt zu beachten. Weitere wichtige Informationsquellen sind nach TRGS 400:

- Technische Regeln für Gefahrstoffe und Bekanntmachungen für Gefahrstoffe
- Angaben auf der Verpackung, Gebrauchsanweisungen, technische Merkblätter, die aus Melde-, Risikobewertungs- oder Zulassungsverfahren gewonnene Erkenntnisse beschreiben
- branchen- oder tätigkeitsspezifische Hilfestellungen (z. B. Regeln und Informationen der Unfallversicherungsträger, Handlungsanleitungen zur guten Arbeitspraxis, Schutzleitfäden)
- branchenbezogene Gefahrstoff- und Produktbewertungen der Unfallversicherungsträger (z. B. GISBAU und GisChem),
- Stoffinformationen der Bundesländer und der Unfallversicherungsträger (z. B. GDL, GESTIS, IGS)
- Einfaches Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe (EMKG) der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
- Einstufungs- und Kennzeichnungsverzeichnis gemäß CLP-Verordnung

Dokumentation

Ziel der Dokumentation ist es, die Vorgehensweise zur Festlegung, Umsetzung und Wirksamkeit von Maßnahmen für Dritte, besonders für die Aufsichtsbehörden, nachvollziehbar zu machen. Die Form der Dokumentation ist dabei freigestellt. Folgende Angaben müssen in der Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung mindestens enthalten sein:

- Wer hat die Gefährdungsbeurteilung wann durchgeführt?
- In welchen Arbeitsbereichen und bei welchen Tätigkeiten werden Gefahrstoffe verwendet?
- Welche Gefährdungen können während der Tätigkeit durch Einatmen, bei Hautkontakt oder durch die physikalisch-chemischen Eigenschaften des Gefahrstoffs auftreten?
- Wie häufig und wie lange wird die Tätigkeit durchgeführt?
- Gibt es Einflussfaktoren, die die Aufnahme des Gefahrstoffs in den Körper erhöhen?
- Welche technischen, organisatorischen und persönlichen Maßnahmen sind zu ergreifen?
- Sind die getroffenen Maßnahmen wirksam?
- Wurden Möglichkeiten zur Substitution des Gefahrstoffes geprüft? Mit welchem Ergebnis?

Zusätzlich wird empfohlen, in der Dokumentation zuständige Personen sowie die Umsetzungs- und Prüffristen festzuhalten.

Aufbewahrungspflichten

Bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden oder fruchtbarkeitsgefährdenden Gefahrstoffen der Kategorien 1 oder 2 müssen Höhe und Dauer der Belastungen für die Beschäftigten aufgezeichnet werden. Das Verzeichnis ist bis 40 Jahre nach der Exposition aufzubewahren, bei Beendigung des Arbeitsverhältnisses ist es den Beschäftigten auszuhändigen, wobei eine Kopie dieses Verzeichnisses und die Personalunterlagen weiterhin aufzubewahren sind.

Einfluss der CLP-Verordnung

Bis Juni 2015 war es freigestellt, bei der Gefährdungsbeurteilung die Einstufung und Kennzeichnung nach der Stoffrichtlinie (67/548/EWG) bzw. Zubereitungsrichtlinie (1999/45/EWG) oder nach CLP-Verordnung (Regulation on Classification, Labelling and Packaging of Substances and Mixtures) - Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 zu berücksichtigen. Ein Teil der gesundheitsschädlichen Gefahrstoffe können nach den neuen Kriterien als giftig, reizende Zubereitungen können als ätzend eingestuft werden, ohne dass sich die Stoffeigenschaften ändern. Welche Auswirkungen das auf die Gefährdungsbeurteilung hat, ist noch nicht absehbar. Deshalb ist es empfehlenswert, die neue Einstufung zusätzlich ins Gefahrstoffverzeichnis aufzunehmen und bei einer abweichenden Einstufung dies zu vermerken.

Unterweisungshilfe Memocard

In der Übergangszeit werden zunehmend Produkte mit CLP-Kennzeichnung an die Arbeitsplätze gelangen. Deshalb sind die Beschäftigten entsprechend zu unterweisen. Existieren beide Kennzeichnungssysteme im Betrieb, ist die Betriebsanweisung für die alte und neue Einstufung zu erstellen. Weitere Empfehlungen zur Integration der CLP-Verordnung enthält die Bekanntmachung 408. Weitere Handlungshilfen für die Unterweisung, wie z. B. die Memocard kompakt, sind unter www. baua.de/ghs zu finden.

Abb. 3.0–1. GHS-Memocard "Gefahrstoffe kompakt"

Die GHS-Memocard "Gefahrstoffe kompakt" der BAuA erläutert kurz und auch für Laien verständlich die neuen GHS-Piktogramme.

Zusätzliche Informationen durch REACH

Die REACH-Verordnung regelt die Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von Stoffen mit einer Jahresproduktion oberhalb einer Tonne. In drei Registrierungsphasen werden diese bis 2018, in Abhängigkeit von Produktionsvolumen und Gefährdungspotenzial, bei der Europäischen Agentur für chemische Stoffe (ECHA) registriert. Nach dem Prinzip "Keine Daten, kein Markt!" können Stoffe erst nach ihrer Registrierung vermarktet werden. Nicht registrierte Stoffe dürfen nicht vermarktet werden. Schon in der Registrierungsphase sind umfangreiche Daten zu physikalischen und chemischen Eigenschaften, zur toxikologischen Wirkung und zur Umwelttoxizität zu liefern. Diese Daten fließen in die Einstufung des Stoffs und in die Ableitung von Grenzwerten ein und werden Bestandteil des Sicherheitsdatenblatts. Neu im Sicherheitsdatenblatt sind die im Abschnitt 1 enthaltenen Angaben zu möglichst sicheren und nicht ratsamen Verwendungen. Für gefährliche Stoffe ab einer Produktionsmenge von zehn Tonnen pro Jahr wird ein Stoffsicherheitsbericht erstellt. Darin wird die von dem Stoff ausgehende Gefahr für Mensch und Umwelt beurteilt. Gegebenenfalls müssen sichere Expositionsszenarien entwickelt und dem Sicherheitsdatenblatt angefügt werden.

REACH fordert keine Expositionsszenarien für Gemische, die Expositionsszenarien der Einzelstoffe müssen bei der der Ableitung von Schutzmaßnahmen berücksichtigt werden.

Standardisierte Arbeitsverfahren

Für viele Branchen, Produkte und Stoffe gibt es branchen- oder tätigkeitsspezifische Hilfestellungen. Diese werden von Fachgremien erarbeitet und geben konkret auf bestimmte Tätigkeiten, Verfahren und Gefahrstoffe abgestimmt Empfehlungen zu Schutzmaßnahmen. Hierzu zählen neben den Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), die berufsgenossenschaftlichen Regeln (BGR) und Informationen (BGI) der Unfallversicherungsträger sowie Handlungsanleitungen zur guten Arbeitspraxis (Bundesländer, BAuA). Eine umfangreiche Sammlung von Handlungsanleitungen der Unfallversicherungsträger stellen die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) in ihrem Publikationsportal und das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) in der GESTIS-Stoffdatenbank zur Verfügung. In der TRGS 400 bezeichnet man diese Empfehlungen als standardisierte Arbeitsverfahren.

Expositionsszenario und mitgelieferte Gefährdungsbeurteilung

Liefert der Hersteller oder Inverkehrbringer ein Expositionsszenario in der Anlage eines erweiterten Sicherheitsdatenblattes nach REACH-Verordnung oder eine "mitgelieferte Gefährdungsbeurteilung" nach § 6 Abs. 7 Gefahrstoffverordnung (GefStoffV), so können diese als standardisiertes Arbeitsverfahren umgesetzt werden. Voraussetzung ist auch hier, dass die Tätigkeit den Hersteller- oder Inverkehrbringerangaben entspricht.

Qualitätsprüfung

Bevor die Maßnahmen eines standardisierten Arbeitsverfahrens umgesetzt werden können, ist zu prüfen, ob die Schutzmaßnahmen konkret beschrieben und die Qualitätsanforderungen der Anlage 2, Ziffer 1 und 2a bis e der TRGS 400 erfüllt sind. Fehlen Aussagen, z.B. zu Gefährdungen durch Brand- und Explosion oder zu Gefährdungen durch Hautkontakt, sind diese zusätzlich zu beurteilen und zu ergänzen.

Wirksamkeitsprüfung

Bei branchen- oder tätigkeitsspezifischen Hilfestellungen, Expositionsszenarien nach REACH oder mitgelieferten Gefährdungsbeurteilungen ist die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen grundsätzlich zu prüfen. Sind Aussagen zur Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen enthalten oder sind Abschätzungen der Belastungshöhe in Form von Arbeitsplatzmessungen an vergleichbaren Arbeitsplätzen oder anderen anerkannten nichtmesstechnischen Ermittlungsmethoden vorhanden, so können diese in diese in die Wirksamkeitsüberprüfung einfließen. Eine Überprüfung der Wirksamkeit der abgeleiteten Schutzmaßnahmen kann entfallen, wenn eine stoff- oder tätigkeitsbezogene TRGS oder verfahrens- und stoffspezifische Kriterien (VSK) angewendet werden. Deren Vorgaben berücksichtigen die Anforderungen der GefStoffV in vollem Umfang.

Weitergehende Pflichten

Die Anwendung eines standardisierten Arbeitsverfahrens entbindet nicht
- vom Führen eines Gefahrstoffverzeichnisses und der Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung,
- von den Unterweisungspflichten und der arbeitsmedizinisch-toxikologischen Beratung,
- von den erforderlichen Maßnahmen bei Unfällen, Stör- und Notfällen,
- von der arbeitsmedizinischen Vorsorge und der Festlegung und Durchführung der Wirksamkeitsüberprüfung.

Einfaches Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe

Die im Folgenden beschriebenen Rubriken
- Mangelnde Hygiene beim Umgang mit Gefahrstoffen,
- Einatmen von Gefahrstoffen und
- Hautkontakt mit Gefahrstoffen

orientieren sich am Einfachen Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe (EMKG), einer Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung. Ein großer Vorteil des EMKG liegt darin, dass es im Anschluss an die Substitutionsprüfung einen systematischen Einstieg in die Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen ermöglicht.

Die Gefährdung wird systematisch in acht Schritten abgeleitet und einer von vier Maßnahmenstufen zugeordnet. Dadurch sind nicht tolerierbare Gefährdungen und Handlungsprioritäten sofort erkennbar. Das ermöglicht ein schnelles, präventives Handeln, unabhängig vom Kenntnis- und Ausbildungsstand der beurteilenden Person. Der daraus resultierende Handlungsbedarf ist in allgemeine Schutzmaßnahmen nach § 8 GefStoffV und darauf aufbauend in zusätzliche Schutzmaßnahmen nach §§ 9 und 10 GefStoffV unterteilt. Hierzu werden leicht zugängliche Informationen aus Sicherheitsdatenblättern und Betriebsbegehungen genutzt.

Mutterschutz- und Jugendarbeitsschutzgesetz

Bei werdenden Müttern und Jugendlichen unter 18 Jahre ist zusätzlich das Mutterschutzgesetz und das Jugendarbeitsschutzgesetz bei der Ableitung von Maßnahmen zu berücksichtigen.

Überblick über die Schritte der Gefährdungsbeurteilung

Im Folgenden finden Sie einen Ablaufplan über das betriebliche Vorgehen bei der Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen.

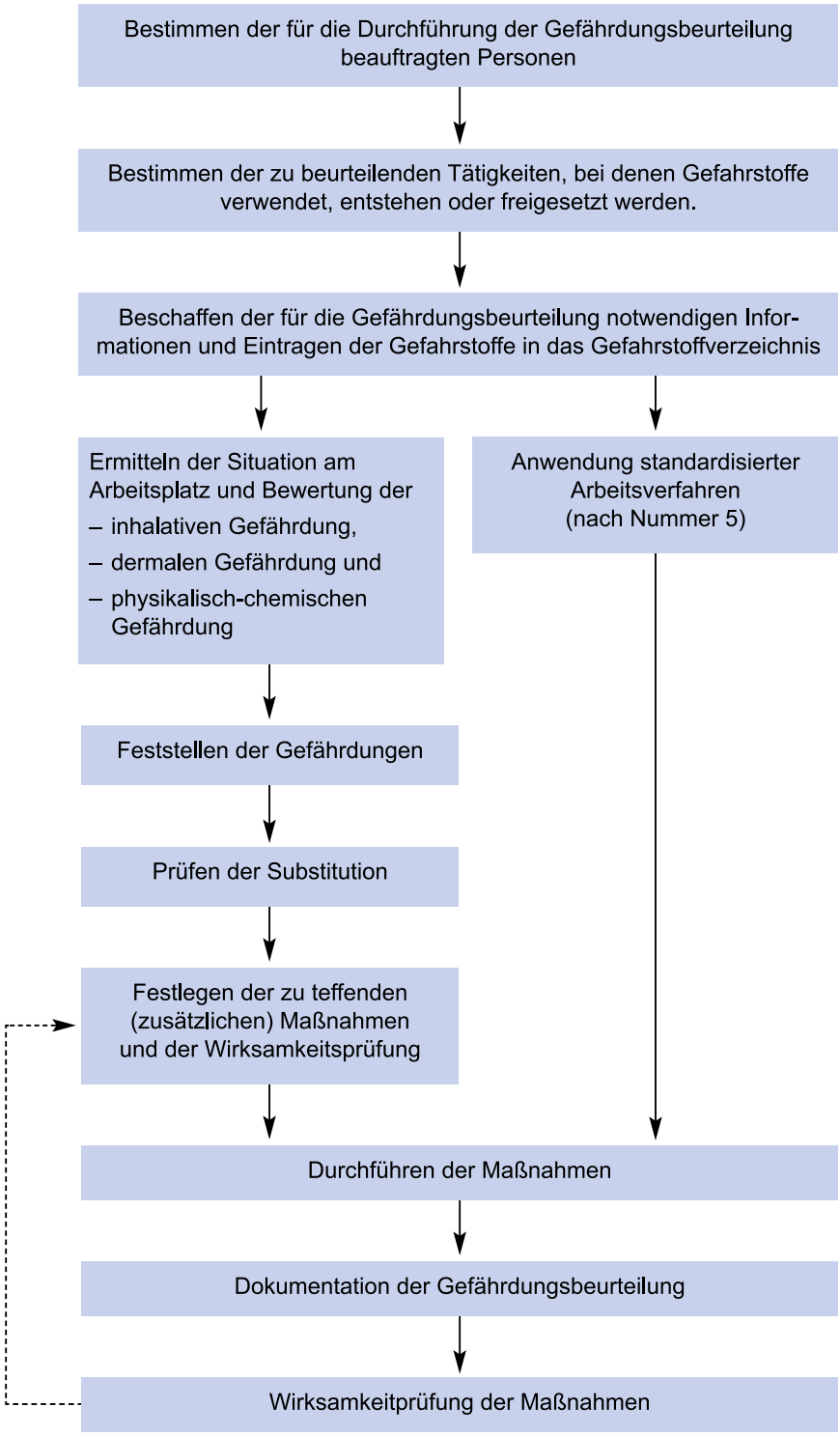


Abb. 3.0-2. Betriebliches Vorgehen bei der Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen

3.1 Mangelnde Hygiene beim Umgang mit Gefahrstoffen

Hygienestandards und eine gute Arbeitspraxis sind immer bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen umzusetzen. Denn durch mangelnde Hygiene können Gefahrstoffe z. B. über die Hände ins Gesicht gelangen und verschluckt werden. Das Verschlucken von Gefahrstoffen spielt aber auch dann eine Rolle, wenn am Arbeitsplatz gegessen und getrunken wird oder Lebensmittel am Arbeitsplatz aufbewahrt werden.

Eine weitere Gefährdung ist das Abfüllen und Lagern von Gefahrstoffen in Getränkeflaschen oder Lebensmittelbehältern.

Darüber hinaus können Arbeitsstoffe in andere Bereiche verschleppt werden (z. B. in Privatbereiche), wo eigentlich nicht mit gefährlichen Stoffen gerechnet wird und deshalb auch keine Schutzmaßnahmen ergriffen werden.

3.1.1 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen

Eine gute Arbeitspraxis vermeidet unnötig hohe Stoffbelastungen am Arbeitsplatz. Sie ist eine solide Grundlage für das Funktionieren technischer Maßnahmen, denn selbst eine Absauganlage mit hoher Absaugleistung wird durch Staubansammlungen und offenen Behältern mit Lösemitteln in ihrer Wirkung zumindest stark beeinträchtigt.

Weitere technische, organisatorische und personenbezogene Schutzmaßnahmen bauen auf gut organisierten Hygienemaßnahmen und einer guten Arbeitspraxis auf.

Geringe Gefährdung

Ein Beschäftigter kann einer geringen Gefährdung ausgesetzt sein, wenn
- die verwendete Stoffmenge gering ist,
- die Dauer und Häufigkeit der Belastung niedrig ist,
- bei Feststoffen staubarme Verwendungsformen, wie zum Beispiel Pasten, Wachse, Granulate, verwendet werden,
- kein Hautkontakt mit einem ätzenden Stoff besteht und
- der Gefahrstoff nicht mit dem Gefahrensymbol giftig oder sehr giftig gekennzeichnet ist.

Es gibt nur wenige Tätigkeiten mit Gefahrstoffe bei denen die Beschäftigten gering gefährdet sind

Beispiele:
- Haushaltsprodukte, wenn sie unter im Haushalt üblichen Bedingungen verwendet werden,
- Ausbesserung kleiner Lackschäden,
- Verwendung und Aufbewahrung haushaltsüblicher Mengen von Klebstoffen.

Gefahrstoffverzeichnis

Entspricht die Tätigkeit den oben genannten Bedingungen, entfällt die Pflicht, ein Gefahrstoffverzeichnis zu führen, Betriebsanweisungen zu erstellen, die Beschäftigten arbeitsmedizinisch-toxikologisch zu beraten und die arbeitsmedizinische Vorsorge umzusetzen. Eine detaillierte Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung ist nicht erforderlich. Die Festlegung einer "geringen Gefährdung" sollte aber nachvollziehbar dokumentiert sein.

3.1.2 Grenzwerte, Beurteilungskriterien

Die Beurteilung, ob die Hygienestandards im Betrieb, an den Arbeitsplätzen und während der Tätigkeit umgesetzt sind, kann mit den Schutzleitfäden der Reihe 100 erfolgen. Die Schutzleitfäden sind wie Checklisten aufgebaut und bieten somit auch eine Möglichkeit zur Dokumentation. Die Überprüfung der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen ist im Schutzleitfaden integriert.

Die Schutzleitfäden entwickelte die BAuA gemeinsam mit der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie. Sie sind ebenfalls unter www.baua.de/emkg abrufbar.

3.1.3 Arbeitsschutzmaßnahmen

Die Schutzleitfäden der Reihe 100 sind:

- 100 – Allgemeine Lüftung – Mindestanforderungen
- 101 – Allgemeine Lagerung – Mindestanforderungen
- 102 – Lagerung von Schüttgütern
- 110 – Organisations- und Hygienemaßnahmen "Einatmen"
- 120 – Organisations- und Hygienemaßnahmen "Haut"
- 170 - Brandschutzmaßnahmen - Mindeststandards

Diese Schutzleitfäden garantieren einen guten Organisations- und Hygienestandard. Sie erfüllen die Mindestanforderungen an Lüftung, Organisations- und Hygienemaßnahmen, Brandschutzmaßnahmen sowie an das Lagern und Bereitstellen von Gefahrstoffen.

Bei staubenden Arbeitsstoffen ist zusätzlich der Schutzleitfaden 240 – Staubarbeitsplätze anzuwenden.

Der Schutzleitfaden 120 Organisations- und Hygienemaßnahmen "Haut" ist nur anzuwenden, wenn eine Gefährdung durch Hautkontakt zu erwarten ist (siehe Abschnitt "Hautkontakt mit Gefahrstoffen").

3.1.4 Vorschriften, Regelwerk

Gesetze, Verordnungen

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV)
- Mutterschutzgesetz (MuSchG)
- Jugendarbeitsschutzgesetz (JArbSchG)

Technische Regelwerke zu den Arbeitsschutzverordnungen

- TRGS 400: Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen
- TRGS 500: Technische Regel für Gefahrstoffe: Schutzmaßnahmen
- TRGS 600: Substitution

Internetangebote/Links

- Einfaches Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe (EMKG) Version 2.2
  Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)
- Schutzleitfäden für häufige Tätigkeiten mit Gefahrstoffen in chemischen Betrieben
  Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAUA)
- Aktuelle Einstufung und Kennzeichnung CLP/GHS
- Publikationen der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV)

3.1.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

– Sind chemische Arbeitsstoffe im Betrieb mit einem Gefahrenpiktogramm gemäß der CLP-Verordnung gekennzeichnet?

Neues Recht (CLP-Verordnung)					
Gefahren-piktogramm					
Bezeichnung	explodierende Bombe	Flamme	Flamme über einem Kreis	Totenkopf	Gesundheits-gefahr
Gefahren-piktogramm					
Bezeichnung	Ätzwirkung	Ausrufe-zeichen	Gasflasche	umwelt-gefährlich	

Abbildung 3.1-1. Gefahrensymbole der CLP-Verordnung

– Sind chemische Arbeitsstoffe mit einem Gefahrensymbol nach altem Recht gemäß der Stoffrichtlinie (RL 67/548/EWG) beziehungsweise der Zubereitungsrichtlinie (RL 1999/45/EG) gekennzeichnet?

Altes Recht (RL 67/548/EWG)				
Gefahrensymbol				
Gefahren-bezeichnung	explosions-gefährlich	leichtentzündlich hochentzündlich	brandfördernd	sehr giftig giftig
Gefahrensymbol				
Gefahren-bezeichnung	gesundheits-schädlich reizend	ätzend	umweltgefährlich	

Abbildung 3.1-2. Gefahrensymbole der Stoff- bzw. Zubereitungsrichtlinie

– Entstehen im Produktionsprozess Stoffe, Gemische oder Zwischenprodukte, die als gefährlich gekennzeichnet sind oder durch andere Eigenschaften die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten gefährden?
– Sind Stoffe oder Inhaltsstoffe der eingesetzten Gemische bekannt, die mit einem Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) in der TRGS 900 oder einem Biologischen Grenzwert (BGW) in der TRGS 903 aufgeführt sind?
– Werden bei den Tätigkeiten Stäube, Gase, Dämpfe oder Nebel freigesetzt?
– Werden Tabakerzeugnisse, kosmetische Mittel, Lebensmittel und –zusatzstoffe, Futtermittel und –zusatzstoffe, Arzneimittel, Medizinprodukte, Abfälle, Altöle oder Abwässer im Betrieb eingesetzt?

– Gibt es als nicht gefährlich eingestufte chemische Arbeitsstoffe, die die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten gefährden? Zum Beispiel:
  - tiefkalte und heiße Flüssigkeiten, Gase oder Dämpfe
  - erstickende und narkotisierende Gase
  - Tätigkeiten, die zu Gefährdungen durch Hautkontakt führen
  - Arbeitsstoffe, die eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre bilden (zum Beispiel aufgewirbelte brennbare Stäube)

Wenn eine oder mehrere Fragen mit "ja" beantwortet werden kann, dann ist eine Beurteilung der Gefährdung durch Gefahrstoffe erforderlich. Die Überprüfung und Umsetzung der Hygiene und Arbeitspraxis mit Hilfe von Schutzleitfäden der Reihe 100 ermöglichen den Einstieg in die Gefährdungsbeurteilung. Weitere Maßnahmen können mit einem standardisierten Arbeitsverfahren oder dem Einfachen Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe abgeleitet werden.

3.1.6 Autoren und Ansprechpartner

Autoren

- Dipl.-Ing. Annette Wilmes
- K. Wiechen, M. Sc.

Ansprechpartnerin

- Dipl.-Ing. Annette Wilmes
  BAuA, Gruppe 4.6, Dortmund

3.2 Einatmen von Gefahrstoffen

Viele Gefahrstoffe werden über die Atemluft von den Beschäftigten aufgenommen. Die Wirkung eines Gefahrstoffs und die daraus resultierende Gefährdung hängt von den gefährlichen Stoffeigenschaften und von der Stoffbelastung (Exposition) am Arbeitsplatz ab. Schutzmaßnahmen sollen die Gefährdung des Beschäftigten auf ein Minimum reduzieren. Die Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) verlangt die Überprüfung der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen und eine Anpassung an den Stand der Technik.

3.2.1 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen

Gefährdung bestimmen

Das Einfache Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe (EMKG) bestimmt die Gefährdung zunächst anhand der Gefährlichkeitsgruppe. Dazu nutzt es den Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) nach TRGS 900. Besitzt ein Gefahrstoff keinen AGW oder wird mit Gemischen gearbeitet, leitet das EMKG das Gefährlichkeitspotenzial über die Einstufung und Kennzeichnung ab. Diese Informationen können im Sicherheitsdatenblatt eines Stoffs gefunden werden.

Um die Exposition des Gefahrstoffs während einer Tätigkeit zu bestimmen, nutzt das EMKG üblicherweise die gehandhabte Menge und das Freisetzungspotenzial. Diese tätigkeitsbezogenen Angaben können bei einer Betriebsbegehung erhoben werden.

Gefährlichkeitsgruppe (GG)

Für Gefahrstoffe ohne AGW und Gemische wird das Gefährdungspotenzial des Gefahrstoffs über die Kennzeichnung bestimmt. Einstiegsparameter sind die Risiko-Sätze (R-Sätze) des Stoffs oder des Gemischs im Kapitel 2 des Sicherheitsdatenblatts.

Anhand der R-Sätze erfolgt eine Zuordnung zu fünf Gefährlichkeitsgruppen, wobei die Gefährlichkeitsgruppe A für weniger kritische R-Sätze und die Gefährlichkeitsgruppe E für die kritischsten R-Sätze steht.

Das EMKG nutzt den AGW oder die Einstufung, um den Gefahrstoff einer von fünf Gefährlichkeitsgruppen zuzuordnen. Das Gefährlichkeitspotenzial steigt dabei von Gefährlichkeitsgruppe A zur Gefährlichkeitsgruppe E.

Liegt für den Stoff ein AGW vor, kann er über den entsprechenden Luftkonzentrationsbereich einer Gefährlichkeitsgruppe zugeordnet werden.

Tabelle 3.2-1 Bestimmung der Gefährdungsgruppen und Luftkonzentrationsbereiche

AGW nach TRGS 900				
Feststoffe mg/m³	Flüssigkeiten (ppm)	H-Satz, wenn kein AGW vorliegt	R-Satz, wenn kein AGW vorliegt	GG
1 < AGW = 10	50 < AGW = 500	Kein H-Satz, H319, H335, H336, H304	Kein R-Satz, R36, R37, R65, R67	A
0,1 < AGW = 1	5 < AGW = 50	H302, H332, H318, H371	R20, R22, R41, R68/20, R68/22	B
0,01 < AGW = 0,1	0,5 < AGW = 5	H301, H331, H314, H334, H341, H351, H361F, H361D, H370, H373, EUH029, EUH031, EUH370	R23, R25, R29, R31, R34, R35, R40, R42, R62, R63, R68, R39/23, R39/25, R48/20, R48/22	C
0,001 < AGW = 0,01	0,05 < AGW = 0,5	H300, H330, H360D, H372, EUH032	R26, R28, R32, R61, R39/26, R39/28, R48/23, R48/25	D
AGW = 0,001	AGW = 0,05	H340, H350, H350I, H360F	R45, R46, R49, R60	E

Hinweise:

– Mit der Einführung der neuen CLP-Verordnung war für die Betriebe bis spätestens 2015 eine Anpassung der Gefährdungsbeurteilung an die neue Einstufung und Kennzeichnung erforderlich. Ein Modul zur Ableitung der Gefährlichkeitsgruppe nach CLP-Verordnung ist schon jetzt auf der EMKG-Internetseite veröffentlicht. Die Zuordnung der H-Sätze zu den R-Sätzen erfolgt in diesem Modul auf Grundlage der Umwandlungstabelle nach Anhang VII der CLP-Verordnung und kann bei einer abweichenden Einstufung zu einer höheren

Gefährlichkeitsgruppe und häufig zu einer anderen Maßnahmenstufe führen (siehe Ablauf der Gefährdungsbeurteilung). In der Übergangszeit wird im Abschnitt 2 des Sicherheitsdatenblattes die Einstufung nach altem und neuen Recht angegeben.

– Auch nach der Einführung der CLP-Verordnung zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien und deren Gemische in der Europäischen Union wird für Stoffe bis zum 1. Dezember 2010 und für Gemische bis zum 1. Juni 2015 die Einstufung nach altem Recht in Kapitel 2 des Sicherheitsdatenblattes zusätzlich aufgeführt. Gemische, die vor dem 1. Juni 2015 nach dem alten System erstmalig in Verkehr gebracht wurden (Lagerbestände), müssen erst ab dem 1. Juni 2017 nach der CLP-Verordnung eingestuft, gekennzeichnet und verpackt werden.

Mengengruppe

Die Bestimmung der betrieblichen Expositionsbedingungen ist für Gemische, Stoffe ohne AGW und mit AGW gleich. Die Mengengruppe ergibt sich aus der während einer Tätigkeit üblicherweise gehandhabten Menge.

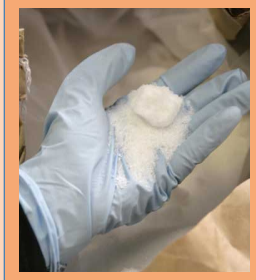
Tabelle 3.2 – 2 Einstiegsparameter Menge

klein	mittel	groß
ml/g	l/kg	m^3/t

Freisetzungsgruppe

Die Freisetzungsgruppe für Flüssigkeiten wird aus dem Siedepunkt oder Dampfdruck bestimmt. Diese Angaben sind im Sicherheitsdatenblatt unter Abschnitt 9 "Physikalische und chemische Eigenschaften" enthalten. Ist ein Siedebereich angegeben, so wird der niedrigste Wert als Einstiegsgröße gewählt. Wässrige Lösungen werden der Freisetzungsgruppe "niedrig" zugeordnet, wenn die gelösten Komponenten (zum Beispiel Salze) eine geringe Flüchtigkeit aufweisen.

Tabelle 3.2 – 3 Einstiegsparameter Freisetzungsgruppe

	niedrig	mittel	hoch
Feststoffe (Staub)	Granulat, Pellets, Wachs	 körnig: Staub, der sich nach einiger Zeit wieder absetzt (z. B. Waschmittel, Zucker)	feinpulvrig: Staub, der einige Minuten in der Luft bleibt (z. B. Mehl, Toner)
Flüssigkeiten (Siedepunkt* oder Dampfdruck)	mehr als 150 °C	50 bis 150 °C	weniger als 50 °C
* gilt für die Arbeit bei Raumtemperatur	weniger als 0,5 kPa	0,5 bis 25 kPa	mehr als 25 kPa

Wie bei Flüssigkeiten, werden bei Feststoffen die Kategorien niedrig, mittel oder hoch gewählt. Die Zuordnung erfolgt über das Staubungsverhalten des Gefahrstoffes. Im Zweifelsfall ist die kritischere Kategorie zu wählen.

3.2.2 Grenzwerte, Beurteilungskriterien

Beurteilungskriterien nach EMKG

Beurteilungskriterien sind:
- Gefährlichkeitsgruppe "Einatmen"
- Mengengruppe
- Freisetzungsgruppe

Arbeitsplatzgrenzwert (AGW)

Der AGW ist der Grenzwert für die zeitlich gewichtete durchschnittliche Konzentration eines Stoffs in der Luft am Arbeitsplatz in Bezug auf einen gegebenen Referenzzeitraum. Er gibt an, bei welcher Konzentration eines Stoffs akute oder chronische schädliche Auswirkungen auf die Gesundheit im Allgemeinen nicht zu erwarten sind.

Biologischer Grenzwert (BGW)

Der BGW ist der Grenzwert für die toxikologisch-arbeitsmedizinisch abgeleitete Konzentration eines Stoffs, seines Metaboliten oder eines Beanspruchungsindikators im entsprechenden biologischen Material, bei dem im Allgemeinen die Gesundheit eines Beschäftigten nicht beeinträchtigt wird.

Technische Regeln

Im EMKG als Beurteilungskriterien integriert sind folgende technische Regeln:
- TRGS 900 – Arbeitsplatzgrenzwerte
- TRGS 905 – Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe
- TRGS 906 – Verzeichnis krebserzeugender Tätigkeiten oder Verfahren nach § 3 Abs. 2 Nr. 3 GefStoffV
- TRGS 907 – Verzeichnis sensibilisierender Stoffe
- TRGS 402 – Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffe: Inhalative Exposition

3.2.3 Arbeitsschutzmaßnahmen

Maßnahmenempfehlung nach EMKG

Mit den Eingangsparametern
- Gefährlichkeitsgruppe "Einatmen",
- Mengengruppe,
- Freisetzungsgruppe

wird anhand der nachfolgenden Entscheidungstabelle der Schutz abgeleitet, der beim Einatmen des Gefahrstoffs notwendig ist.

Maßnahmenempfehlungen nach EMKG sind:

Maßnahmenstufe 1

Reihe 100 = Maßnahmenstufe 1 = Schutzleitfäden 1xx

Die Maßnahmen der Schutzstufen bauen aufeinander auf. Deshalb sind die Maßnahmen der Schutzstufe 1 immer umzusetzen. Die Maßnahmen und die zugehörigen Schutzleitfäden sind ausführlich in Kapitel "Mangelnde Hygiene beim Umgang mit Gefahrstoffen" beschrieben.

Empfiehlt das EMKG Maßnahmen der Stufe 1, ist die konsequente Anwendung der Schutzleitfäden der Reihe 100 ausreichend. Sie beschreiben die wesentlichen technischen, organisatorischen und persönlichen Maßnahmen. Liegt ein fester Gefahrstoff der Freisetzungsgruppe "mittel" oder "hoch" vor, sollte auch der Schutzleitfaden 240 "Staubarbeitsplätze" beachtet werden. Alle weiteren Maßnahmen bauen auf dieser Maßnahmenstufe auf und sind zusätzlich umzusetzen.

Maßnahmenstufe 2

Reihe 200 = Maßnahmenstufe 2 = Schutzleitfäden 2xx

Hier muss die Freisetzung von Gefahrstoffen möglichst an der Entstehungsstelle begrenzt werden. Eine Hilfestellung zur Auswahl von emissionsmindernden technischen Maßnahmen bieten die Schutzleitfäden 2xx. Sie beschreiben technische Maßnahmen für typische Arbeitsabläufe, wie zum Beispiel wiegen, ab- und umfüllen, entleeren, mischen, beschichten sowie laminieren. Die Schutzleitfäden sind Checklisten und können als Dokumentationshilfe bei der Umsetzung und Überprüfung der Maßnahmen genutzt werden.

Maßnahmenstufe 3

Reihe 300 = Maßnahmenstufe 3 = Schutzleitfäden 3xx

Ergänzende Maßnahmen der Schutzstufe 3 sind Tätigkeiten im geschlossenen System. Diese Arbeitsverfahren werden in den Schutzleitfäden 3xx beschrieben. Neben dem allgemeinen Leitfaden 300 "Geschlossenes System" liegen weitere spezielle Schutzleitfäden zum Beispiel zum Entleeren und Befüllen von Fässern, IBC-Containern sowie Umpumpen von Flüssigkeiten, vor. Integrierte Absaugungen werden aufgrund ihrer hohen Wirksamkeit den geschlossenen Systemen zugeordnet .

Beratung

Empfiehlt das EMKG bei einer sehr hohen Gefährdung eine Beratung, kann in vielen Fällen auf das technische Regelwerk oder andere Informationen der Unfallversicherungsträger und Länder zurückgegriffen werden. Wenn keine Technischen Regeln oder Informationen vorliegen ist hier eine der Gefährdung angepasste technische Beratung, ergänzt durch eine allgemeine organisatorisch-toxikologische und arbeitsmedizinische Beratung, notwendig.

Tabelle 3.2–4 Entscheidungstabelle für den Maßnahmenbedarf „Einatmen“ nach EMKG

GG	Menge	Freisetzungsgruppe niedrig	mittel	hoch
A	klein			
	mittel			
	groß		flüssig	
			fest	
B	klein			
	mittel			
	groß		flüssig	
			fest	
C	klein		fest	
			flüssig	
	mittel			
	groß			
D	klein		fest	
			flüssig	
	mittel		Beratung	Beratung
	groß			
E	Beratung			

Maßnahmenstufe 1

Maßnahmenstufe 2
Technische Maßnahmen = Schutzleitfäden 2xx

Maßnahmenstufe 3
Geschlossenes System = Schutzleitfäden 3xx

Beratung
durch Experten

Reihe 100 = Maßnahmenstufe 1 = Schutzleitfäden 1xx
Reihe 200 = Maßnahmenstufe 2 = Schutzleitfäden 2xx
Reihe 300 = Maßnahmenstufe 3 = Schutzleitfäden 3xx

Tabelle 3.2-5 Schutzleitfäden der Reihe 2xx

Nummer	Bezeichnung
200	Örtliche Absaugung (Punktabsaugung)
201	Abzugsschränke
203	Absaugschrank
204	Staubentnahme aus Abscheidesystem
205	Transport über Förderband
206	Befüllen von Säcken
208	Entleeren von Säcken
210	Beschicken von Kesseln aus Säcken oder Kleingebinden
211	Befüllung und Entleerung von Containern (IBC) (Feststoffe)
212	Befüllen von Fässern
213	Entleeren von Fässern mittels Fasspumpe
214	Wiegen von Feststoffen
215	Mischen von Feststoffen mit anderen Feststoffen oder Flüssigkeiten
217	Mischen von Flüssigkeiten mit anderen Flüssigkeiten oder Feststoffen in Fässern o. Ä.
222	Pulverbeschichtung
223	Laminieren
228	Trockenschrank (Horden- oder Tellertrockner)
230	Herstellen von Pellets
240	Grundsätze Staubarbeitsplätze

Tabelle 3.2-6 Schutzleitfäden der Reihe 3xx

Nummer	Bezeichnung
300	Geschlossenes System
301	Handschuhkasten (glove box)
305	Fassbefüllung
306	Fassentleerung
307	Befüllung und Entleerung von IBC-Containern (Feststoffe)
308	Befüllung und Entleerung von IBC-Containern (Flüssigkeiten)
310	Befüllen und Entleeren von Tankfahrzeugen
312	Umpumpen von Flüssigkeiten

Wirksamkeitsprüfung

Ein zentraler Punkt der Gefährdungsbeurteilung ist die Überprüfung der Wirksamkeit von festgelegten Schutzmaßnahmen.

Die Überprüfung der immer anzuwenden Maßnahmenstufe 1 kann mit den Schutzleitfäden der Reihe 100 vorgenommen werden.

Funktion und Wirksamkeit von technischen Schutzeinrichtungen ist regelmäßig zu prüfen. Hierzu gehört die Überwachung von lüftungstechnischen Kontrollgrößen nach Angaben des Herstellers (zum Beispiel ein Maß für die Qualität der Erfassung ist der Erfassungsgrad, der das Verhältnis des erfassten Stoffstroms zum freigesetzten Stoffstrom angibt und messtechnisch bestimmt werden kann). Die Überprüfung von technischen Einrichtungen muss regelmäßig, mindestens jedoch alle drei Jahre erfolgen. Einrichtungen zum Abscheiden Erfassen und Niederschlagen von Stäuben sind mindestens jährlich zu prüfen.

Die Funktion einer technischen Anlage sollte möglichst täglich geprüft werden. Zu achten ist auf sicht- oder hörbare Veränderungen.

Für Stoffe ohne AGW und Gemische mit Inhaltsstoffen ohne AGW ist das EMKG in Kombination mit den Schutzleitfäden oder anderen branchen- oder tätigkeitsspezifische Hilfestellungen eine nichtmesstechnische Ermittlungsmethode. Die Umsetzung der gewählten Schutzmaßnahmen ist zu dokumentieren.

Das EMKG kann auch als nichtmesstechnische Ermittlungsmethode für Stoffe mit AGW oder Gemische mit Stoffen mit AGW gelten.

Hierzu werden bei Stoffen mit AGW die Gefährlichkeitsgruppen eine Kategorie strenger gewählt, als durch den Arbeitsplatzgrenzwert vorgegeben.

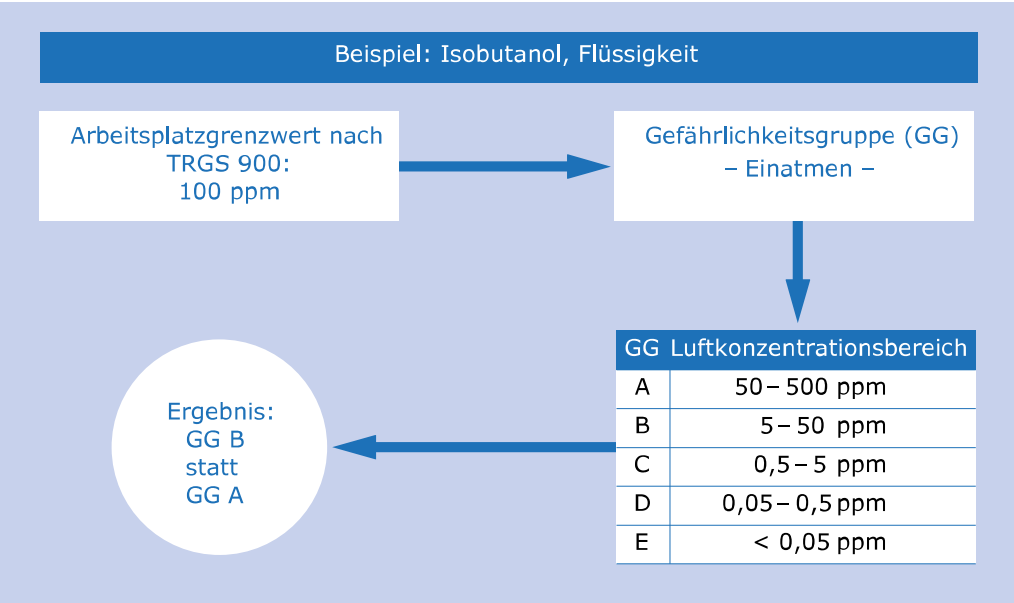


Abbildung 3.2-1. EMKG als nichtmesstechnische Ermittlungsmethode

Auch bei Gemischen, die Inhaltsstoffe mit AGW enthalten, kann das EMKG als nichtmesstechnische Ermittlungsmethode gelten, wenn die Gefährlichkeitsgruppe aus der Einstufung eine Kategorie strenger ist, als die höchste Gefährlichkeitsgruppe aus den AGW der Inhaltsstoffe des Gemischs.

3.2.4 Vorschriften, Regelwerk

Gesetze, Verordnungen

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV)

Technische Regelwerke zu den Arbeitsschutzverordnungen

- TRGS 400: Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen
- TRGS 402: Ermitteln und Beurteilen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition

Geltendes EU-Recht

- Richtlinie 67/548/EWGdes Rates zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften für die Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe
- Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (CLP-Verordnung)
- Richtlinie 1999/45/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 31. Mai 1999 (EG-Amtsblatt Nr. L 200 S. 1) zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten für die Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Zubereitungen

Internetangebote/Links

- Einfaches Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe (EMKG) Version 2.2
  Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)
- Schutzleitfäden für häufige Tätigkeiten mit Gefahrstoffen in chemischen Betrieben
  Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)

3.2.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

- Wurde für alle Gefahrstoffe geprüft, ob es eine Ersatzlösung durch den Einsatz von weniger gefährlichen Produkten oder emissionsarme Verfahren gibt?
- Werden emissionsarme Verwendungsformen bevorzugt (staubfreie Granulate, Perlen, Pasten, Lösungen, Suspensionen)?
- Sind die für die Gefährdungen abgeleiteten Maßnahmen umgesetzt und auf Ihre Wirksamkeit überprüft?
- Werden zusätzliche Schutzmaßnahmen ergriffen (zum Beispiel Persönliche Schutzausrüstung), wenn ein Arbeitsplatzgrenzwert nicht eingehalten werden kann? Existiert ein Konzept, dass die Einhaltung zukünftig gewährleisten kann?
- Ist die Persönliche Schutzausrüstung (PSA) auf den Gefahrstoff und die auszuübende Tätigkeit abgestimmt?
- Sind die Beschäftigungsverbote (für Jugendliche, werdende und stillende Mütter, Arbeitnehmerinnen im gebärfähigen Alter) eingehalten?
- Werden Fremdfirmen rechtzeitig über mögliche Gefahren informiert?
- Werden Schutzmaßnahmen vereinbart und schriftlich festgelegt?
- Wird wenn erforderlich, ein Koordinator eingesetzt?
- Sind Vorsorgemaßnahmen bei Betriebsstörungen und Unfällen festgelegt (Erste Hilfe, Alarmplan, Alarmübungen, Notduschen, Augenduschen, Verhaltensanforderungen) und erforderlichenfalls mit den Beschäftigten eingeübt?
- Ist die sachgerechte Beschaffung, Lagerung und Wartung der PSA gewährleistet?
- Werden die vom Hersteller angegebenen Tragezeiten von PSA beachtet?

Maßnahmen

Die in den Prüffragen aufgelisteten Maßnahmen sind zusätzlich zu prüfen, wenn das Einfache Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe in Kombination mit den zugehörigen Schutzleitfäden angewendet wird.

3.2.6 Autoren und Ansprechpartner

Autoren

– Dipl.-Ing. Annette Wilmes
– K. Wiechen, M. Sc.

Ansprechpartnerin

– Dipl.-Ing. Annette Wilmes
BAuA, Gruppe 4.6, Dortmund

3.3 Hautkontakt mit Gefahrstoffen

Wenn Beschäftigte mit Gefahrstoffen arbeiten, können sie auch durch Hautkontakt gefährdet sein. Dies ist vor allem bei hautgefährdenden und hautresorptiven Stoffen der Fall. Aber auch das Tragen von Handschuhen kann die Gefährdung für Arbeitsnehmerinnen und -nehmer erhöhen.

Daher kann es notwendig sein, verschiedene Maßnahmen zum Schutz der Haut zu befolgen. Um den Bedarf zu bestimmen, wird neben dem Gefährdungspotenzial die Exposition abgeschätzt. Diese wird über die Fläche und die Dauer des Hautkontakts mit dem Gefahrstoff bestimmt.

3.3.1 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen

Im Arbeitsalltag kann die Haut der Beschäftigten aus verschiedenen Gründen gefährdet sein. Dabei sind nicht nur die Eigenschaften der verwendeten Gefahrstoffe, sondern auch die Bedingungen am Arbeitsplatz zu berücksichtigen.

Gefährdungen durch Gefahrstoffe

Hautgefährdende Stoffe

Hautgefährdende Stoffe sind ätzende, reizende oder sensibilisierende Stoffe und Gemische. Zu ihnen gehören beispielsweise Seifen, Säuren und Laugen, Wasch- und Reinigungsmittel. Häufig führen hautgefährdende Stoffe zu einer Entfettung der Haut und zu einer Schädigung der oberen Hautschicht, der natürlichen Schutzbarriere der Haut. Neben der Gefährdung durch Chemikalien kann diese Schutzschicht auch durch mechanische Beanspruchung oder Feuchtarbeit beschädigt werden.

Hautsensibilisierende Stoffe

Ist ein Stoff oder ein Gemisch hautsensibilisierend, können allergische Hautekzeme auftreten. Typische Allergene sind zum Beispiel Epoxidharze oder Metalle, wie Chrom, Nickel und Cobalt. In vielen Fällen tritt ein allergisches Kontaktekzem erst nach Jahren auf.

Individuelle Unterschiede bedingen unterschiedliche Risiken an einer Hautallergie zu erkranken. Ein weiterer allergiefördernder Einflussfaktor ist eine bereits vorgeschädigte Hautschutzschicht.

Hautresorptive Stoffe

Hautresorptive Stoffe gelangen über die Haut direkt in den Körper. Ein giftiger Stoff kann dort direkt zu akuten Gesundheitsschäden führen. Eine hohe Gefährdung geht jedoch auch von hautresorptiven Stoffen mit einer krebserzeugenden, erbgutverändernden, fruchtbarkeitsgefährdenden Wirkung aus.

Ein Stoff ist hautresorptiv, wenn er
- als gesundheitsschädlich, giftig oder sehr giftig bei Berührungen mit der Haut gekennzeichnet ist (R21, R24, R27),
- in der TRGS 900 – Arbeitsplatzgrenzwerte, in der TRGS 905 – Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe oder in der MAK- und BAT- Werte Liste der DFG[1], mit "**H**" gekennzeichnet ist,
- in der TRGS 401 - Anlage 3 aufgeführt ist oder
- in Kapitel 8 oder 11 im Sicherheitsdatenblatt eine Angabe zur hautresorptiven Wirkung vorliegt.

Gefährdung durch Feuchtarbeitsplätze

Neben den Eigenschaften der Gefahrstoffe belasten Feuchtarbeitsplätze die Haut der Beschäftigten sehr. Ein Feuchtarbeitsplatz liegt vor, wenn Beschäftigte
- mehr als zwei Stunden im feuchten Milieu tätig sind (zum Beispiel Friseure, Reinigungskräfte, Köche),
- mehr als zwei Stunden flüssigkeitsdichte Schutzhandschuhe tragen oder
- häufig und intensiv die Hände reinigen beziehungsweise desinfizieren (zum Beispiel im medizinischen Bereich).

Die wiederholt, chronische Schädigung der Hautschutzschicht kann über einen längeren Zeitraum zu einem toxisch –degenerativen Kontaktekzem führen. Ein typisches Beispiel sind die sogenannten Waschfrauenhände. Die Hände sind häufig geschwollen, die Haut ist schuppig und es bilden sich Risse, Rötungen und Schwellungen.

Bei der Einwirkung von stark reizenden oder hoch konzentrierten Substanzen, wie zum Beispiel Säuren und Laugen, kommt es in Abhängigkeit von der Konzentration und Einwirkzeit zu einer sofortigen Hautschädigung. Das toxische Kontaktekzem entsteht an der Kontaktstelle und heilt in der Regel nach Ende des Kontakts wieder ab.

3.3.2 Grenzwerte, Beurteilungskriterien

Der Maßnahmenbedarf für die Gefährdungen durch Hautkontakt am Arbeitsplatz wird über das Gefährlichkeitspotenzial des Gefahrstoffs, seiner Wirkdauer und seiner Wirkfläche auf der Haut abgeleitet.

Das Gefährlichkeitspotenzial eines Gefahrstoffs für die Haut wird, wie bei der Beurteilung für das Einatmen, über seine Gefährlichkeitsgruppe abgeleitet. Die Bestimmung der Gefährlichkeitsgruppe erfolgt auch hier über die H- oder R-Sätze. Die hautrelevanten H- und R-Sätze werden fünf Gefährlichkeitsgruppen "HA" bis "HE" zugeordnet, wobei hier das Band "HA" für weniger kritische Stoffe und das Band "HE" für die kritischsten Stoffe steht.

Tabelle 3.3–1 Gefährlichkeitsgruppe Haut

H-Satz	R-Satz	GG
EUH066	R66	HA
H315	R38	HB
H312, H317, H371, H373	R21, R43, R48/21, R68/R21	HC
H311, H314 (Hautätz. 1B, 1C), H341, H351, H361, H370, H372	R24, R34, R40, R38/24, R48/24, R62, R63, R68	HD
H310, H314 (Hautätz. 1A), H340, H350, H360	R24, R34, R27, R35, R39/27, R45, R46, R60, R61	HE

Hinweis: Ist dieser Stoff NICHT hautresorptiv, kann die Zuordnung zur Gefährlichkeitsgruppe entfallen. Stoffe mit Carrier-Effekt können auch nicht hautresorptive Stoffe durch die Haut transportieren. Beispiele hierfür sind Dimetlylsulfoxid (DMSO), N,N-Dimethylformamid (DMF) und Glykolverbindungen.

Ein Modul zur Ableitung der Gefährlichkeitsgruppe nach CLP-Verordnung ist schon jetzt auf der EMKG-Internetseite veröffentlicht. Die H-Sätze wurden den jeweiligen R-Sätzen in diesem Modul auf Grundlage der Umwandlungstabelle nach Anhang VII der CLP-Verordnung zugeordnet.

Wirkfläche

Es wird zwischen einer groß- und kleinflächigen Benetzung der Hautfläche unterschieden. Die Wirkfläche ist klein, wenn der Beschäftigte nur mit wenigen Spritzern kontaminiert ist. Eine große Wirkfläche liegt vor, wenn zum Beispiel die Hand benetzt ist.

Gerade bei der Bestimmung der Wirkfläche erschweren unterschiedliche Arbeitsweisen und das persönliche Verhalten die Abschätzung. Im Zweifelsfall wird von einer großen Wirkfläche ausgegangen. Schutzhandschuhe oder andere Persönliche Schutzausrüstung sind bei der Abschätzung außer Acht zu lassen.

Wirkdauer

Bei einer kurzen Wirkdauer ist der Hautkontakt unter 15 Minuten/Tag und bei einer langen Wirkdauer über 15 Minuten/Tag. Die Dauer des Hautkontaktes endet erst mit der Entfernung des Gefahrstoffs, zum Beispiel durch Abwaschen.

3.3.3 Arbeitsschutzmaßnahmen

Mit den Eingangsparametern
- Gefährlichkeitsgruppe "Haut",
- Wirkfläche,
- Wirkdauer

wird anhand einer Entscheidungstabelle der Schutz abgeleitet, der bei Hautkontakt notwendig ist.

Beim Einsatz eines Gefahrstoffes in geschlossenen Anlagensystemen kann ein Hautkontakt nahezu ausgeschlossen werden. Schutzmaßnahmen müssen in der Regel nur bei Reinigungs- und Wartungsarbeiten getroffen werden. Das Ergebnis kann ein geringer, erweiterter oder hoher Maßnahmenbedarf sein.

Maßnahmenstufe 1

Erste Warnung für eine Hautschädigung ist eine trockene Haut. Die Beschäftigten stärken durch die Verwendung geeigneter Hautmittel die Widerstandsfähigkeit der Haut. Hautschutzmittel verhindern den Kontakt zwischen dem einwirkenden Schadstoff und der Haut.

Die Umsetzung der notwendigen Maßnahmen können mit Hilfe des Schutzleitfadens 120 - Organisations- und Hygienemaßnahmen "Haut" überprüft und dokumentiert werden.

Schutzleitfäden der Maßnahmenstufe 1 sind Mindeststandards, die immer umgesetzt werden müssen.

Maßnahmenstufe 2

Das Ergebnis "Maßnahmenstufe 2" bedeutet, diese Gefährdung ist zu beseitigen oder auf ein Minimum zu reduzieren. Eine Möglichkeit sind technische Lösungen, wie der Einsatz von geeigneten Werkzeugen, Instrumenten, Arbeitsvorrichtungen oder -techniken. In der Anlage 6 der TRGS 401 sind beispielhafte technische und organisatorische Lösungen angegeben, die den Hautkontakt verhindern oder verringern.

Sind technische und organisatorische Schutzmaßnahmen nicht ausreichend, muss der Beschäftigte durch geeignete PSA (Chemikalienschutzhandschuhe, -schürzen, -anzüge) geschützt werden. Durch geeignete Schutzkleidung kann der Hautkontakt minimiert, aber in der Regel nicht ausgeschlossen werden.

Schutzhandschuhe

Hinweis: Genauere Angaben zu Material, Durchdringzeit und Tragedauer von Schutzhandschuhen enthält Kapitel 8 des Sicherheitsdatenblatts. Liegen diese Informationen im Sicherheitsdatenblatt nicht vor, sollten diese Informationen vom Hersteller oder Inverkehrbringer des Produkts eingefordert werden. Informationen zu geeigneten Schutzhandschuhen liegen auch direkt beim Hersteller oder Vertreiber von Schutzhandschuhen vor.

In Ausnahmefällen kann das Tragen von Schutzhandschuhen eine höhere Belastung darstellen als ein kleinflächiger, kurzzeitiger Hautkontakt. In diesem Fall ist der Betriebsarzt zur Beurteilung hinzuzuziehen und der Verzicht in der Gefährdungsbeurteilung zu begründen.

Schutzleitfaden 250 - Erweiterter Maßnahmenbedarf "Haut"

Die Umsetzung der notwendigen Maßnahmen können mit Hilfe des Schutzleitfadens 250 – Erweiterter Maßnahmenbedarf "Haut" geprüft werden. Zusätzliche Schutzmaßnahmen beim Einsatz von sensibilisierenden Stoffen oder bei Feuchtarbeitsplätzen sind im Schutzleitfaden integriert.

Maßnahmenstufe 3

Das Ergebnis "Maßnahmenstufe 3" fordert eine Überprüfung, ob der Hautkontakt durch ein geschlossenes System vollständig ausgeschlossen werden kann. Ist dies der Fall, sind keine weiteren Maßnahmen erforderlich.

Kann ein Hautkontakt nicht ausgeschlossen werden, sollte die Sicherheitsfachkraft gemeinsam mit dem Betriebsarzt Schutzmaßnahmen auswählen. In der arbeitsmedizinisch-toxikologischen Beratung des Betriebsarztes sollte der Beschäftige auf mögliche Hautveränderungen und auf mögliche Symptome einer Hauterkrankung hingewiesen werden.

Tabelle 3.3 – 2 Entscheidungstabelle für den Maßnahmenbedarf Haut

GG	Wirkfläche	Wirkdauer	Maßnahmenbedarf
HA	klein	kurz	
		lang	
	groß	kurz	
		lang	
HB	klein	kurz	
		lang	
	groß	kurz	
		lang	
HC	klein	kurz	
		lang	
	groß	kurz	
		lang	
HD	klein	kurz	
		lang	
	groß	kurz	
		lang	*
HA	klein	kurz	**
		lang	
	groß	kurz	
		lang	

Maßnahmenstufe 1
Geringer Maßnahmenbedarf: Organisations- und Hygienemaßnahmen „Haut“, Schutzleitfaden 120

Maßnahmenstufe 2
Erweiterter Maßnahmenbedarf: Technische und organisatorische Maßnahmen, Schutzleitfaden 250

Maßnahmenstufe 3
Hoher Maßnahmenbedarf: Substitution, geschlossenes System

* Wenn H361, R62 oder R63, dann reicht Maßnahmenstufe 2 aus
** Wenn H314 oder R35, dann reicht Maßnahmenstufe 2 aus

Tabelle 3.3-3 Schutzleitfäden

Nummer	Bezeichnung
120	Organisations- und Hygienemaßnahmen "Haut"
250	Erweiterter Maßnahmenbedarf "Haut"

Wirksamkeitsüberprüfung

Der Arbeitgeber ist verpflichtet die Umsetzung der getroffenen Schutzmaßnahmen und die Nutzung von persönlicher Schutzausrüstung und Hautmittel zu prüfen. Werden technische Schutzmaßnahmen angewendet, müssen diese regelmäßig geprüft und gewartet werden.

Die verwendete Schutzausrüstung muss vor Beginn der Arbeit auf Funktionsfähigkeit geprüft werden (zum Beispiel auf schadhafte Stellen oder innenseitige Verschmutzungen von Schutzhandschuhen). Bei Hautmitteln sollte regelmäßig geprüft werden, ob das Verfallsdatum überschritten ist.

3.3.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur

Gesetze, Verordnungen

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV)

Technische Regelwerke zu den Arbeitsschutzverordnungen (Auswahl)

- TRGS 400: Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen
- TRGS 401: Gefährdungen durch Hautkontakt, Ermitteln - Beurteilen - Maßnahmen

Vollständige Übersicht der TRGS unter: www.baua.de/trgs

Weitere Regeln der Technik

- DGUV Regel 112-189 (bisher BGR 189): Benutzung von Schutzkleidung
- DGUV Regel 112-192 (bisher BGR 192): Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz
- DGUV Regel 112-195 (bisher BGR 195): Benutzung von Schutzhandschuhen

Literatur

- [1] Pflaumbaum, W.; Blome, H.; Kleine, H.; et. al.:
  Grenzwerteliste 2015 - Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz.
  Berlin: DGUV 2015. (IFA-Report: 4/2015).
- [2] **DGUV Information 212-007 (bisher: BGI/GUV-I 868)**
  Deutsche gesetzliche Unfallversicherung (DGUV)

Internetangebote/Links

- Einfaches Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe (EMKG) Version 2.2
  Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)
- Schutzleitfäden für häufige Tätigkeiten mit Gefahrstoffen in chemischen Betrieben
  Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)
- DGUV Information 212-017 Auswahl, Bereitstellung und Benutzung von beruflichen Hautmitteln
  Sachgebiete "Hautschutz" im Fachausschuss "Persönliche Schutzausrüstungen" bei der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung
- Allergene in Schutzhandschuhen
  GISBAU: Gefahrstoff-Informationssystem der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft

3.3.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

Die Prüffragen gehen über die beschriebenen Schritte zur Ableitung von Maßnahmen nach dem Einfachen Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe hinaus und sind zusätzlich zu prüfen.

- Können nicht eingestufte Stoffe (zum Beispiel Altöle, Kühlschmierstoffe, Lösungsmittel, Kleber) zu einer Hautgefährdung führen?
- Werden die Hände mechanisch so stark beansprucht, dass Mikroverletzungen entstehen können?
- Werden die Hände durch die Tätigkeit stark verschmutzt?
- Werden im Betrieb hautsensibilisierende Gefahrstoffe eingesetzt, die nicht mit H317 "Kann allergische Hautreaktionen verursachen" oder R43 "Sensibilisierung durch Hautkontakt möglich" gekennzeichnet sind?
- Liegt ein Feuchtarbeitsplatz vor?
- Wenn außer den Händen andere Körperstellen exponiert sind (zum Beispiel beim Fliesenleger die Knie), werden dann zusätzliche Schutzmaßnahmen ergriffen?
- Sind arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen notwendig?

Maßnahmen

Schutzleitfaden 250 - Erweiterter Maßnahmenbedarf "Haut"

3.3.6 Autoren und Ansprechpartner

Autoren

- Dipl.-Ing. Annette Wilmes
- K. Wiechen, M. Sc.

Ansprechpartnerin

- Dipl.-Ing. Annette Wilmes
  BAuA, Gruppe 4.6, Dortmund

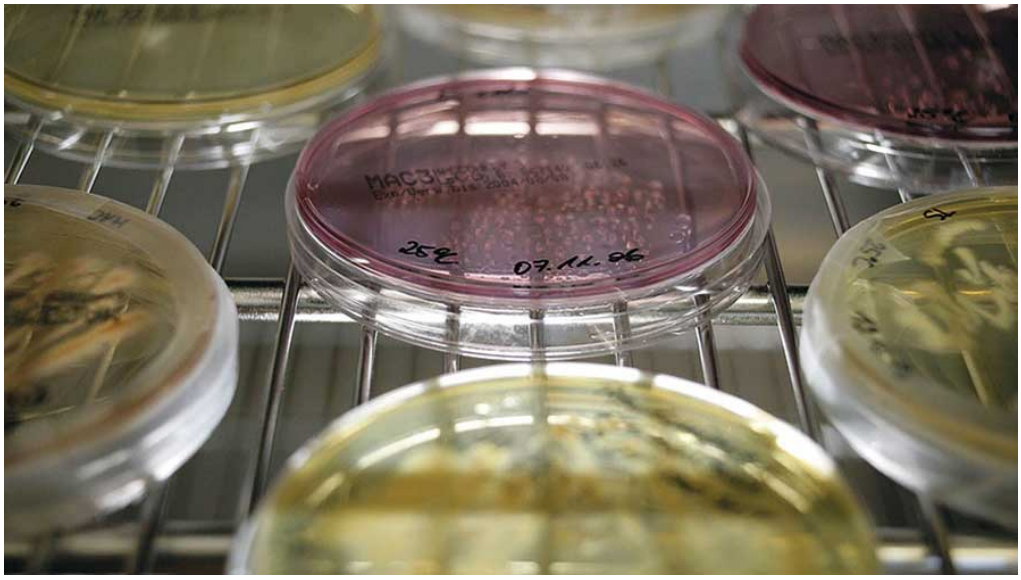
Handbuch – Gefährdungsfaktoren

4 Biologische Arbeitsstoffe

baua:
Bundesanstalt für Arbeitsschutz
und Arbeitsmedizin

27.04.2020

4 Biologische Arbeitsstoffe



Mit Sinnesorganen meist nicht zu erfassen

Derzeit sind mehr als 10.000 Biologische Arbeitsstoffe (kurz: Biostoffe) in Risikogruppen eingestuft. Sie haben sehr unterschiedliche Eigenschaften und sind im Normalfall nicht mit den Sinnesorganen erfassbar. Bei Schimmelpilzen können muffiger Geruch und sichtbarer Befall von Gegenständen oder der Arbeitsumgebung auf ihr Vorhandensein hinweisen. Jedoch ist das Fehlen von Geruch oder sichtbarem Befall kein Kriterium, dass Biostoffe nicht vorhanden sind.

Messung schwierig

Messmethoden haben bei Biostoffen aus mehreren Gründen Nachweisgrenzen. Mittels Kultivierung ist es in der Regel nur möglich, einen Teil der vorhandenen Biostoffe abzubilden, da einzelne Biostoffe voneinander abweichende Ansprüche an Nährstoff- und Umgebungsbedingungen haben. Mit mikroskopischen Verfahren sind Aussagen zum mengenmäßigen Vorkommen von Biostoffen gut möglich, jedoch können dabei Lebensfähigkeit, Artzusammensetzung und z.B. das Vorkommen bestimmter Krankheitserreger nicht oder nur sehr eingeschränkt bestimmt werden. Molekularbiologische Verfahren zur Mengen- und Artbestimmung können die genannten Methoden sinnvoll ergänzen und könnten für zukünftige Anwendungen stärker standardisiert werden.

Mit den derzeit verfügbaren Messstandards für Biostoffe kann es vorkommen, dass von den häufig auftretenden komplexen biologischen Belastungen kein belastbares Gefährdungspotenzial abgeleitet werden kann. Messungen für Biostoffe sind mit den derzeitigen Messstandards vor allem zur Orientierung und zur Überprüfung der Effektivität von Schutzmaßnahmen angezeigt.

Einschätzung des Vorhandenseins

Die Einschätzung, ob ein biologischer Arbeitsstoff vorkommen kann, ergibt sich aus wissenschaftlichen Erkenntnissen über Epidemiologie, Berufskrankheitsgeschehen und Erfahrungswerten.

Gefährdungsbeurteilung

Die wichtigste Handlungsanleitung für die Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen sind die Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA) 400 sowie branchenspezifische TRBA.

Infektionspotenzial

Das Hauptkriterium, anhand dessen Biostoffe in ihrer Gesundheitsgefährdung bewertet werden ist das Infektionspotenzial. Aktuell sind mehr als 10.000 Biostoffe entsprechend ihres Infektionspotenzials eingestuft. Es sollte hierbei angemerkt werden, dass Gesundheitsgefährdungen nur von einem kleinen Teil dieser eingestuften Biostoffe ausgehen, deren Auftreten am Arbeitsplatz dann aber tatsächlich zu gesundheitlichen Komplikationen führen kann. Eine tabellarische Übersicht aller eingestuften Biostoffe hier in diesem Ratgeber zu veröffentlichen, übersteigt die gebotene Übersichtlichkeit. Es wird daher auf die TRBA 460, TRBA 462, TRBA 464, TRBA 466 und TRBA 468 sowie die Richtlinie 2000/54 EU mit ihren Anhängen verwiesen.

Sensibilisierende und toxische Eigenschaften

Einige Bakterien und Pilze haben sensibilisierende Wirkungen. Sie sind in den oben genannten Listen entsprechend gekennzeichnet. Ebenso werden toxische Eigenschaften gesondert gekennzeichnet.

Tabelle 4.0-1 Einige Beispiele für Biologische Arbeitsstoffe

Risikogruppe	Bakterien	Pilze	Viren	Parasiten
1	Bacillus subtilis, E. coli K 12	Saccharomyces cerivisеae, Aspergillus niger	Polio virus vaccine	Trypanosoma lewisi
2	Staphylococcus aureus, E. coli	Aspergillus fumigatus, Candida albicans	Poliovirus-Vaccine, HAV	Leishmania major, Plasmodium spp.
3	Shigella dysenteriae, Salmonella typhi, Chlamydia psittaci, Mycobacterium tuberculosis	Coccidioides immitis, Blastomyces dermatitidis	HBV, HCV, HIV, Gelbfiebervirus, Affenpockenvirus	Echinococcus, Plasmodium falciparum, Trypanosoma cruzi
4	-	-	Lassavirus, Ebolavirus, Variola major-Virus	-

4.1 Infektionen

Biologische Arbeitsstoffe (kurz Biostoffe), sind gem. § 2 BioStoffV Mikroorganismen, Zellkulturen und Endoparasiten einschließlich ihrer gentechnisch veränderten Formen.

Biostoffe sind auch Agenzien, die mit Transmissibler Spongiformer Enzephalopathie (TSE) assoziiert sind, z.B. Prionen.

Den Biostoffen gleichgestellt sind Ektoparasiten, die beim Menschen eigenständige Erkrankungen verursachen oder sensibilisierende oder toxische Wirkungen hervorrufen können, und technisch hergestellte biologische Einheiten mit neuen Eigenschaften, die den Menschen in gleicher Weise wie Biostoffe gefährden können.

Mikroorganismen sind zelluläre oder nichtzelluläre biologische Einheiten, die zur Vermehrung oder zur Weitergabe von genetischem Material fähig sind, insbesondere Bakterien, Pilze, Viren und Protozoen.

Zellkulturen sind *in-vitro*-vermehrte Zellen, die aus vielzelligen Organismen isoliert wurden.

Toxine im Sinne der Definition von Biostoffen sind Stoffwechselprodukte oder Zellbestandteile von Mikroorganismen, Zellkulturen und Endoparasiten mit toxischer Wirkung auf den Menschen nach Einnahme, Einatmen oder Hautkontakt. Dabei können akute oder chronische Gesundheitsbeschwerden oder im schlimmsten Falle der Tod als Folge eintreten.

4.1.1 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen

Vorkommen

Der beschäftigungsbedingte Kontakt mit Biostoffen und die damit verbundenen Gesundheitsrisiken sind von den Gegebenheiten der beruflichen Tätigkeit abhängig:

- **Mikroorganismen** kommen in Boden, Wasser, Luft sowie an und in Lebewesen und Gegenständen vor. Sie können deshalb an und in Arbeitsmaterialien, Lebensmitteln, Gegenständen und Oberflächen sowie Getränken, technischen Flüssigkeiten, Abwässern und medizinischen Proben, wie Blut und Stuhl, auftreten.
- **Endo- und Ektoparasiten** können vor allem bei beruflichen Tätigkeiten in der Human- und Veterinärmedizin sowie in Land- und Forstwirtschaft von Bedeutung sein.
- Das Vorkommen von **Zellkulturen** ist i.d.R. auf Labore in Forschung und Biotechnologie begrenzt.

Aufnahme

Die häufigste Aufnahme von Biostoffen in den Körper erfolgt durch unbeabsichtigtes Einatmen luftgetragener Biostoffe (Bioaerosol) und Einnahme über den Mund. Durch Schnitt- und Stichverletzungen können Biostoffe außerdem in Wunden gelangen. Zu nennen sind hierbei Nadelstichverletzungen in der Medizin, Schnittverletzungen in Landwirtschaft, Lebensmittelverarbeitung u.a. sowie Tierbisse und -stiche.

Wirkungen

Als Folgen beruflichen Kontakts mit Biostoffen können bei Beschäftigten Infektionen und bzw. oder Gesundheitsschäden durch sensibilisierende oder toxische Wirkungen auftreten. Diese Erkrankungen treten in Abhängigkeit von Gefährlichkeit und Menge der am Arbeitsplatz vorkommenden Biostoffe sowie in Abhängigkeit von der individuellen gesundheitlichen Verfassung betroffener Beschäftigter auf.

Tätigkeiten mit Biostoffen

Tätigkeiten mit Biostoffen sind das Verwenden von Biostoffen, insbesondere das Isolieren, Erzeugen und Vermehren, das Ab- und Umfüllen, das Mischen und Abtrennen sowie Transport, Lagerung und Entsorgung.

Tätigkeiten sind ebenso die berufliche Arbeit mit Menschen, Tieren, Pflanzen, Produkten, Gegenständen und Materialien, wenn dabei Biostoffe freigesetzt werden können und Beschäftigte damit in Kontakt kommen können.

Gezielte Tätigkeiten

Gezielte Tätigkeiten liegen vor, wenn

1. die Tätigkeit auf den Biostoff ausgerichtet ist,
2. der Biostoffe oder die Biostoffe mindestens der Spezies nach bekannt ist bzw. sind,
3. die Exposition des Beschäftigten im Normalbetrieb hinreichend bekannt oder abschätzbar ist.

Gezielte Tätigkeiten liegen typischerweise in Forschung und technischer Nutzung von Biostoffen vor, z.B. in der Biotechnologie.

Nicht gezielte Tätigkeiten

Nicht gezielte Tätigkeiten liegen dann vor, wenn mindestens eine der drei o.g. Anforderungen nicht erfüllt ist.

Für nicht gezielte Tätigkeiten ist typisch, dass Biostoffe unbekannter Menge und Zusammensetzung am Arbeitsplatz vorkommen, die Tätigkeit jedoch nicht auf diese Biostoffe ausgerichtet ist.

Nicht gezielte Tätigkeiten können z.B. auftreten bei

- der Lebensmittelerzeugung und -verarbeitung,
- Arbeiten in Gesundheitswesen und Wohlfahrtspflege,
- Arbeiten in der Land- und Forstwirtschaft,
- Arbeiten in der Abfallentsorgung und Abwasseraufbereitung.

4.1.2 Beurteilungskriterien

Risikogruppen und Einstufung (§ 3 BioStoffV)

Risikogruppen

Biostoffe werden anhand der Infektionsgefahr, die von ihnen für den Menschen ausgeht, in vier Risikogruppen eingestuft:

- Biostoffe der **Risikogruppe 1** sind Stoffe, bei denen es unwahrscheinlich ist, dass sie beim Menschen eine Krankheit verursachen;
- Biostoffe der **Risikogruppe 2** sind Stoffe, die eine Krankheit beim Menschen hervorrufen können und eine Gefahr für Arbeitnehmer darstellen können; eine Verbreitung des Stoffes in der Bevölkerung ist unwahrscheinlich; eine wirksame Vorbeugung oder Behandlung ist normalerweise möglich;
- Biostoffe der **Risikogruppe 3** sind Stoffe, die eine schwere Krankheit beim Menschen hervorrufen und eine ernste Gefahr für Arbeitnehmer darstellen können; die Gefahr einer Verbreitung in der Bevölkerung kann bestehen, doch ist normalerweise eine wirksame Vorbeugung oder Behandlung möglich;
- Biostoffe der **Risikogruppe 4** sind Stoffe, die eine schwere Krankheit beim Menschen hervorrufen und eine ernste Gefahr für Arbeitnehmer darstellen; die Gefahr einer Verbreitung in der Bevölkerung ist unter Umständen groß; normalerweise ist eine wirksame Vorbeugung oder Behandlung nicht möglich.

Einstufungslisten für Viren, Pilze, Bakterien, Parasiten

Die Einstufungslisten sind nach den bisher eingestuften Organismengruppen Viren, Pilze, Bakterien und Parasiten getrennt.

Eine Auflistung eingestufter Biostoffe der Risikogruppen 2 bis 4 (Krankheitserreger) ist in der EG-Richtlinie 2000/54/EG enthalten. Die Einstufungen werden durch Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA) leichter zugänglich gemacht und um zusätzliche Mikroorganismen ergänzt. Die mit den TRBA bekanntgemachten Listen entsprechen den Einstufungslisten der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie. Die Einstufungslisten der DGUV werden kooperativ in die entsprechenden TRBA aufgenommen.

Nicht eingestufte Biostoffe können durch das Bundesministerium für Arbeit und Soziales nach Beratung durch den Ausschuss für Biologische Arbeitsstoffe (ABAS, § 19 BioStoffV) in eine Risikogruppe eingestuft werden.

Sensibilisierende und toxische Wirkungen

Sensibilisierende und toxische Wirkungen der Biostoffe sind vom Infektionsrisiko unabhängig und werden deshalb bei der Einstufung in Risikogruppen nicht berücksichtigt. Sie können aber für die Gefährdungsbeurteilung relevant sein, so dass ggf. fallbezogene Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten eingesetzt werden müssen.

Daher enthalten die Einstufungslisten organismenspezifische Hinweise auf diese Wirkungen. Eine ausführliche Darstellung der sensibilisierenden Wirkungen von Biostoffen enthält die TRBA/TRGS 406.

Grenzwerte

Wissenschaftlich begründete, verbindliche Grenzwerte liegen für Tätigkeiten mit Biostoffen nicht vor. Aus diesem Grund haben Messungen von Biostoffen bei der Umsetzung der Anforderungen der BioStoffV nur eine untergeordnete Bedeutung. Sie können jedoch zur Orientierung im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zum Beispiel beim Einsatz neuer Verfahren oder zur Kontrolle der Wirksamkeit technischer Schutzmaßnahmen (TRBA 405) herangezogen werden.

Gefährdungsbeurteilung (§ 4 BioStoffV)

Anlässe für die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung

Eine Gefährdungsbeurteilung ist vor Aufnahme der Tätigkeiten durch den Arbeitgeber oder durch eine sachkundige Person durchzuführen. Die Gefährdungsbeurteilung ist danach mindestens alle zwei Jahre durchzuführen sowie bei Eintreten folgender Geschehnisse zu aktualisieren:

- bei maßgeblichen Änderungen der Arbeitsbedingungen, die zu einer geänderten Gefährdung der Beschäftigten führen könnten
- bei der Feststellung unwirksamer oder unzureichend wirksamer Schutzmaßnahmen hinsichtlich der Exposition der Beschäftigten durch Biostoffe

Informationen zu auftretenden Biostoffen, Art und Dauer der Tätigkeiten, Exposition

Der Arbeitgeber ist verpflichtet festzustellen, ob und mit welchen Biostoffen Tätigkeiten in seinem Betrieb durchgeführt werden. Dabei sind zu berücksichtigen:

- Identität, Risikogruppeneinstufung sowie sensibilisierende, toxische und mögliche weitere Wirkungen der Biostoffe
- Art der Tätigkeit unter Berücksichtigung der Betriebsabläufe, Arbeitsverfahren und Arbeitsmittel
- Art, Dauer und Häufigkeit der Exposition der Beschäftigten
- Möglichkeit des Einsatzes von Verfahren und Arbeitsmitteln, die zu einer Verringerung des Aufkommens an Biostoffen führen können (Substitutionsprüfung)
- tätigkeitsbezogene Erkenntnisse über Belastung und Exposition, einschließlich psychischer Belastung, über Erkrankungen und Gegenmaßnahmen, über angewandte arbeitsmedizinische Vorsorge.

Die Risiken durch infektiöse, sensibilisierende und toxische Wirkungen sind unabhängig voneinander zu beurteilen und zu einer Gesamtbeurteilung zusammenzuführen, auf deren Grundlage Schutzmaßnahmen beschlossen werden

Tätigkeiten mit Schutzstufenzuordnung (§ 5 BioStoffV)

Bei gezielten Tätigkeiten, z.B. in Laboratorien und der Biotechnologie, richtet sich die Schutzstufenordnung nach der Risikogruppe des am Arbeitsplatz verwendeten Biostoffs mit der höchsten Gesundheitsgefährdung und dementsprechend höchsten Risikogruppeneinstufung.

Bei nicht gezielten Tätigkeiten, z.B. in der Medizin, richtet sich die Schutzstufenzuordnung nach der Risikogruppe des Biostoffs, der aufgrund der Wahrscheinlichkeit seines Auftretens, den vorgenommenen Tätigkeiten und den ermittelten Expositionen maßgeblich für die Infektionsgefährdung der exponierten Beschäftigten ist.

Tätigkeiten ohne Schutzstufenzuordnung (§ 6 BioStoffV)

Nicht-Schutzstufentätigkeiten sind **alle** Tätigkeiten mit Biostoffen, die **nicht** in Laboratorien, in der Versuchstierhaltung, in der Biotechnologie sowie in Einrichtungen des Gesundheitsdiensts stattfinden. Solche Tätigkeiten werden beispielsweise in der Land- und Forstwirtschaft, in der Veterinärmedizin, in der ambulanten Pflege, in der Abfall- und Abwasserwirtschaft, in Schlachtbetrieben, im Zoohandel, bei Arbeiten an bestehenden Sanitäranlagen, bei Reinigungs- und Sanierungsarbeiten oder in Biogasanlagen durchgeführt.

Informationsbeschaffung

In der Regel können die vorkommenden Biostoffe nicht umfassend und genau ermittelt werden, da sie nach Tätigkeit und Arbeitsmaterial zeitlich und örtlich variieren können und auch von äußeren Einflussfaktoren (z.B. Temperatur, Feuchtigkeit) abhängig sind. Bei der Informationsermittlung sind deshalb die Biostoffe zu berücksichtigen, mit denen bei der Durchführung der zu beurteilenden Tätigkeit erfahrungsgemäß zu rechnen ist. Der Arbeitgeber hat die für die Gefährdungsbeurteilung und Festlegung der Schutzmaßnahmen erforderlichen Informationen insbesondere zu ermitteln auf der Grundlage von

- Regeln, Erkenntnisse und Empfehlungen des ABAS (Ausschuss für Biologische Arbeitsstoffe),
- Erfahrungen aus vergleichbaren Tätigkeiten oder
- sonstigen gesicherten arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen.

TRBA 400

Eine detaillierte Hilfestellung zur Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten ohne Schutzstufenzuordnung wird mit der in Überarbeitung befindlichen TRBA 400 "Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung und für die Unterrichtung der Beschäftigten bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen" zur Verfügung gestellt.

Dokumentation (§ 7 BioStoffV)

Der Arbeitgeber hat die Gefährdungsbeurteilung unabhängig von der Zahl der Beschäftigten erstmals vor Aufnahme der Tätigkeit sowie danach jede Aktualisierung zu dokumentieren. Die Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung umfasst folgende Angaben:

- die Art der Tätigkeit einschließlich der Expositionsbedingungen

- die festgelegten Schutzstufen bzw. die zu ergreifenden Schutzmaßnahmen
- das Ergebnis der Substitutionsprüfung*
- eine Begründung, wenn von bekannt gegebenen Regeln und Erkenntnissen abgewichen wird*
- ein Verzeichnis der verwendeten oder auftretenden Biostoffe* mit Angabe ihrer Risikogruppe und ihrer sensibilisierenden und toxischen Wirkungen
- Bei Tätigkeiten der Schutzstufe 3 oder 4 hat der Arbeitgeber zusätzlich ein Verzeichnis über die Beschäftigten zu führen, die diese Tätigkeiten ausüben. In dem Verzeichnis sind die Art der Tätigkeiten und die vorkommenden Biostoffe sowie aufgetretene Unfälle und Betriebsstörungen anzugeben. Es ist personenbezogen für den Zeitraum von mindestens zehn Jahren nach Beendigung der Tätigkeit aufzubewahren.

*Bei Tätigkeiten mit Biostoffen der Risikogruppe 1 ohne sensibilisierende und toxische Wirkungen kann darauf verzichtet werden.

Spezielle Rechtsbereiche

Gentechnik

Soweit nach dem Gentechnikrecht gleichwertige oder strengere Regelungen bestehen, sind diese anzuwenden.

4.1.3 Arbeitsschutzmaßnahmen

Grundpflichten (§ 8 BioStoffV)

Der Arbeitgeber hat die Belange des Arbeitsschutzes in Bezug auf Tätigkeiten mit Biostoffen unter Berücksichtigung aller Einflussfaktoren, einschließlich der psychischen, unter Beteiligung der Mitarbeitervertretungen umzusetzen.

Sicherheitsbewusstsein schaffen

Der Arbeitgeber hat geeignete Maßnahmen zu ergreifen, um bei den Beschäftigten ein Sicherheitsbewusstsein zu schaffen und den innerbetrieblichen Arbeitsschutz bei Tätigkeiten mit Biostoffen fortzuentwickeln.

Vor Aufnahme der Tätigkeiten sind durch den Arbeitgeber folgende Maßnahmen durchzuführen:

Ersatz gefährlicher Biostoffe

Biostoffe, die eine Gesundheitsgefahr für Beschäftigte darstellen, sind, soweit dies zumutbar und nach dem Stand der Technik möglich ist, durch Biostoffe zu ersetzen, die nicht oder weniger gefährlich sind. Dies beinhaltet u.a. die Auswahl weniger infektiöser Laborstämme, die Auswahl geeigneter Stämme der Risikogruppe 1 für die Bodensanierung sowie als Futtermittelzusatzstoffe.

Freisetzung vermeiden

Arbeitsverfahren und technische Schutzmaßnahmen sind so zu gestalten, dass Biostoffe nicht frei werden.

Schutzmaßnahmen treffen

Ist dies nicht möglich oder werden Biostoffe bestimmungsgemäß freigesetzt, sind Schutzmaßnahmen zu treffen, um die Exposition der Beschäftigten so gering wie möglich zu halten. Dabei hat die Anwendung baulicher, technischer und organisatorischer Maßnahmen grundsätzlich Vorrang vor persönlicher Schutzausrüstung (PAS). Der Arbeitgeber hat den Einsatz belastender persönlicher Schutzausrüstung auf das unbedingt erforderliche Maß zu beschränken und darf sie nicht als Dauermaßnahme vorsehen.

Vermutungswirkung

Der Arbeitgeber hat die erforderlichen Schutzmaßnahmen entsprechend dem Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung nach dem Stand der Technik sowie nach gesicherten wissenschaftlichen Erkenntnissen zu treffen. Bei Einhaltung dieser Regel oder konkretisierender TRBA und Beschlüssen des Ausschusses für Biologische Arbeitsstoffe (siehe TRBA 100 bis TRBA 250, Beschluss 603 bis 610) ist davon auszugehen, dass die gestellten Anforderungen erfüllt sind (Vermutungswirkung). Von diesen Regeln und Erkenntnissen kann abgewichen werden, wenn durch andere Maßnahmen zumindest in vergleichbarer Weise der Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten gewährleistet wird.

Wirksamkeitsüberprüfung

Der Arbeitgeber hat die Funktion der technischen Schutzmaßnahmen regelmäßig und deren Wirksamkeit mindestens jedes zweite Jahr zu überprüfen und zu dokumentieren. Wurde für einen Arbeitsbereich, ein Arbeitsverfahren oder einen Anlagetyp ein Wert festgelegt, der die nach dem Stand der Technik erreichbare Konzentration der Biostoffe in der Luft am Arbeitsplatz beschreibt (Technischer Kontrollwert (TKW)), so ist dieser Wert für die Wirksamkeitsüberprüfung der entsprechenden Schutzmaßnahmen heranzuziehen. Derzeit gibt es einen TKW für Arbeitsplätze in Sortierkabinen, Kabinen, Führerhäusern und Steuerständen in Abfallbehandlungsanlagen (TRBA 214). Der TKW für mesophile Schimmelpilze ist dort auf 5×10^4 koloniebildende Einheiten (KBE) pro m^3 Atemluft festgelegt.

Heimarbeit

Der Arbeitgeber darf in Heimarbeit nur Tätigkeiten mit Biostoffen der Risikogruppe 1 ohne sensibilisierende oder toxische Wirkung ausüben lassen.

Allgemeine Schutzmaßnahmen (§ 9 BioStoffV)

Allgemeine Hygiene

(1) Bei allen Tätigkeiten mit Biostoffen müssen mindestens die allgemeinen Hygienemaßnahmen eingehalten werden. Insbesondere hat der Arbeitgeber dafür zu sorgen, dass

1. Arbeitsplätze und Arbeitsmittel in einem dem Arbeitsablauf entsprechenden sauberen Zustand gehalten und regelmäßig gereinigt werden,
2. Fußböden und Oberflächen von Arbeitsmitteln und Arbeitsflächen leicht zu reinigen sind,
3. Waschgelegenheiten zur Verfügung stehen,
4. vom Arbeitsplatz getrennte Umkleidemöglichkeiten vorhanden sind, sofern Arbeitskleidung erforderlich ist; die Arbeitskleidung ist regelmäßig sowie bei Bedarf zu wechseln und zu reinigen.

Spezielle Hygienemaßnahmen

(2) Bei Tätigkeiten in Laboratorien, in der Versuchstierhaltung, in der Biotechnologie und in Einrichtungen des Gesundheitsdienstes hat der Arbeitgeber für die Schutzstufe 1 über die allgemeinen Hygienemaßnahmen hinaus spezielle Hygienemaßnahmen entsprechend den TRBA zu berücksichtigen.

(3) Werden nicht ausschließlich Tätigkeiten mit Biostoffen der Risikogruppe 1 ohne sensibilisierende und toxische Wirkungen ausgeübt, hat der Arbeitgeber in Abhängigkeit von der Gefährdungsbeurteilung weitergehende Schutzmaßnahmen zu ergreifen. Dabei hat er insbesondere

1. Arbeitsverfahren und Arbeitsmittel so zu gestalten oder auszuwählen, dass die Exposition der Beschäftigten gegenüber Biostoffen und die Gefahr durch **Stich- und Schnittverletzungen** verhindert oder minimiert werden, soweit dies technisch möglich ist,
2. Tätigkeiten und Arbeitsverfahren mit **Staub- oder Aerosolbildung**, einschließlich Reinigungsverfahren, durch solche ohne oder mit geringerer Staub- oder Aerosolbildung zu ersetzen, soweit dies nach dem Stand der Technik möglich ist; ist dies nicht möglich, hat der Arbeitgeber geeignete Maßnahmen zur Minimierung der Exposition zu ergreifen,
3. die Zahl der exponierten Beschäftigten auf das für die Durchführung der Tätigkeit erforderliche Maß zu begrenzen,
4. die erforderlichen Maßnahmen zur **Desinfektion**, Inaktivierung oder Dekontamination sowie zur sachgerechten und sicheren Entsorgung von Biostoffen, kontaminierten Gegenständen, Materialien und Arbeitsmitteln zu ergreifen,
5. zur Verfügung gestellte **persönliche Schutzausrüstung** einschließlich Schutzkleidung zu reinigen, zu warten, instand zu halten und sachgerecht zu entsorgen; Beschäftigte müssen die bereitgestellte persönliche Schutzausrüstung verwenden, solange eine Gefährdung besteht,
6. die Voraussetzungen dafür zu schaffen, dass Persönliche Schutzausrüstung einschließlich Schutzkleidung beim Verlassen des Arbeitsplatzes sicher abgelegt und getrennt von anderen Kleidungsstücken aufbewahrt werden kann,
7. sicherzustellen, dass die Beschäftigten in Arbeitsbereichen, in denen Biostoffe auftreten können, keine **Nahrungs- und Genussmittel** zu sich nehmen; hierzu hat der Arbeitgeber vor Aufnahme der Tätigkeiten gesonderte Bereiche einzurichten, die nicht mit persönlicher Schutzausrüstung einschließlich Schutzkleidung betreten werden dürfen.

(4) Der Arbeitgeber hat Biostoffe sicher zu lagern, innerbetrieblich sicher zu befördern und Vorkehrungen zu treffen, um Missbrauch oder Fehlgebrauch zu verhindern. Dabei hat er sicherzustellen, dass nur Behälter verwendet werden, die

1. hinsichtlich ihrer Beschaffenheit geeignet sind, den Inhalt sicher zu umschließen,
2. so gekennzeichnet sind, dass die davon ausgehenden Gefahren in geeigneter Weise deutlich erkennbar sind,
3. hinsichtlich Form und Kennzeichnung so gestaltet sind, dass der Inhalt nicht mit Lebensmitteln verwechselt werden kann.

Zusätzliche Schutzmaßnahmen (§ 10 BioStoffV)

Tätigkeiten der Schutzstufe 2, 3 und 4 ziehen weitergehende Schutzmaßnahmen nach sich. Für Tätigkeiten in Laboratorien, in der Versuchstierhaltung und in der Biotechnologie siehe TRBA 100, TRBA 120 sowie § 10 BioStoffV.

Zusätzliche Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten der Schutzstufe 2, 3 oder 4 in Einrichtungen des Gesundheitsdiensts finden sich in der TRBA 250 und § 11 BioStoffV.

Bei der medizinischen Untersuchung, Behandlung und Pflege von Patienten außerhalb von Einrichtungen des Gesundheitsdiensts finden diese Regeln gleichermaßen Anwendung. Bei diesen Tätigkeiten hat der Arbeitgeber in

Arbeitsanweisungen den Umgang mit persönlicher Schutzausrüstung und Arbeitskleidung sowie die erforderlichen Maßnahmen zur Hygiene und zur Desinfektion festzulegen.

Arbeitsmedizinische Vorsorge (ArbMedVV)

Zum Schutz der Beschäftigten vor einer tätigkeitsbedingten Infektionsgefährdung sind primär solche Maßnahmen des Arbeitsschutzes zu treffen, die eine Ergänzung durch arbeitsmedizinische Vorsorge nicht erfordern. Dafür sind vorrangig technische und organisatorische Schutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik festzulegen, denn persönliche Schutzmaßnahmen sind nicht geeignet, die Erforderlichkeit arbeitsmedizinischer Vorsorge aufzuheben (siehe FAQ des AfAMeds, Frage 1.47).

Sind dennoch Anlässe für Angebots- oder Pflichtvorsorge nach dem Anhang Teil 2 der ArbMedVV, bei Tätigkeiten mit Biologischen Arbeitsstoffen erfüllt, hat der Arbeitgeber Vorsorge in regelmäßigen Abständen zu veranlassen (§§ 4 und 5 ArbMedVV). Es ist zu beachten, dass zugleich weitere Vorsorgeanlässe erfüllt sein können, z.B. Tätigkeiten mit Staub, Feuchtarbeit oder Tätigkeiten mit sensibilisierenden Stoffen.

Im Rahmen der Unterweisung der Beschäftigten über alle auftretenden Gefährdungen und erforderlichen Schutzmaßnahmen sind die Beschäftigten über die Voraussetzungen zu informieren, unter denen sie Anspruch auf arbeitsmedizinische Vorsorge haben. Dabei ist auch eine allgemeine arbeitsmedizinische Beratung mit Hinweisen zu besonderen Gefährdungen, zum Beispiel bei verminderter Immunabwehr, durchzuführen (§ 14 Absatz 2, Satz 3, BioStoffV).

Vom Arbeitgeber ist zur Durchführung der arbeitsmedizinischen Vorsorge ein nach §7 ArbMedVV qualifizierter Arzt oder eine Ärztin zu beauftragen. Dem Arzt oder der Ärztin sind nach §3 Absatz 2 Satz 3 alle erforderlichen Auskünfte über die Arbeitsplatzverhältnisse, insbesondere über den Anlass der arbeitsmedizinischen Vorsorge und die Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilung zu erteilen und die Begehung des Arbeitsplatzes zu ermöglichen.

Ergeben sich bei der Auswertung der Vorsorge Anhaltspunkte für unzureichende Schutzmaßnahmen, so hat der Arzt oder die Ärztin dies dem Arbeitgeber mitzuteilen und Schutzmaßnahmen vorzuschlagen. In diesem Fall hat der Arbeitgeber die Gefährdungsbeurteilung zu überprüfen und unverzüglich die erforderlichen Schutzmaßnahmen zu treffen (§ 6 Abs. 4 und § 8 Abs. 1, ArbMedVV).

Vom Arbeitgeber ist eine Vorsorgekartei mit Angaben, dass, wann und aus welchen Anlässen arbeitsmedizinische Vorsorge stattgefunden hat, zu führen (§3 Absatz 4, Satz 1, ArbMedVV).

Handelt es sich um Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen bzw. Erregern impfpräventabler Krankheiten, ergibt sich ein Anspruch auf eine Impfung der Beschäftigten erst aufgrund eines im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung erhöhten tätigkeitsbedingten Infektionsrisikos. Dabei sind insbesondere die Wahrscheinlichkeit des Auftretens der relevanten biologischen Arbeitsstoffe, deren Übertragungswege sowie die Art der Tätigkeiten einschließlich Art, Dauer und Ausmaß einer möglichen Exposition zu beurteilen. Führt die Gefährdungsbeurteilung zum Ergebnis eines erhöhten Infektionsrisikos, sind den Beschäftigten Impfungen als Bestandteil der arbeitsmedizinischen Vorsorge anzubieten (ArbMedVV § 6 Absatz 3, AMR 6.5).

4.1.4 Vorschriften, Regelwerk

Gesetze, Verordnungen, Richtlinien

- Biostoffverordnung (BioStoffV)
- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)
- Gentechnikgesetz (GenTG)
- Gentechnik-Sicherheitsverordnung (GenTSV)
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV)
- Jugendarbeitsschutzgesetz (JArbSchG)
- Mutterschutzgesetz (MuSchG)

Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA)

- TRBA 001: Allgemeines und Aufbau des Technischen Regelwerkes zur Biostoffverordnung, Anwendung von Technischen Regeln für Biologische Arbeitsstoffe
- TRBA 100: Schutzmaßnahmen für Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen in Laboratorien
- TRBA 120: Versuchstierhaltung
- TRBA 130: Arbeitsschutzmaßnahmen in akuten biologischen Gefahrenlagen
- TRBA 200: Anforderungen an die Fachkunde nach Biostoffverordnung
- TRBA 212: Thermische Abfallbehandlung: Schutzmaßnahmen
- TRBA 213: Abfallsammlung: Schutzmaßnahmen
- TRBA 214: Abfallbehandlungsanlagen
- TRBA 220: Sicherheit und Gesundheit bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen in abwassertechnischen Anlagen
- TRBA 230: Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen in der Land- und Forstwirtschaft und bei vergleichbaren Tätigkeiten
- TRBA 240: Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit mikrobiell kontaminiertem Archivgut
- TRBA 250: Biologische Arbeitsstoffe im Gesundheitswesen und in der Wohlfahrtspflege
- TRBA 400: Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung und für die Unterrichtung der Beschäftigten bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen
- TRBA 405: Anwendung von Messverfahren und technischen Kontrollwerten für luftgetragene Biologische Arbeitsstoffe
- TRBA/TRGS 406: Sensibilisierende Stoffe für die Atemwege
- TRBA 450: Einstufungskriterien für Biologische Arbeitsstoffe
- TRBA 460: Einstufung von Pilzen in Risikogruppen
- TRBA 462: Einstufung von Viren in Risikogruppen
- TRBA 464: Einstufung von Parasiten in Risikogruppen
- TRBA 466: Einstufung von Prokaryonten (Bacteria und Archaea) in Risikogruppen
- TRBA 468: Liste der Zelllinien und Tätigkeiten mit Zellkulturen
- TRBA 500: Grundlegende Maßnahmen bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen
- Beschluss 603: Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit Transmissibler Spongiformer Enzephalopathie (TSE) assoziierter Agenzien in TSE-Laboratorien
- Beschluss 605: Tätigkeiten mit poliowildvirus-infiziertem und/oder potentiell infektiösem Material einschließlich der sicheren Lagerung von Poliowildviren in Laboratorien
- Beschluss 608: Empfehlung spezieller Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten vor Infektionen durch hochpathogene aviäre Inflluenzaviren (Klassische Geflügelpest, Vogelgrippe)
- Beschluss 609: Arbeitsschutz beim Auftreten einer nicht ausreichend impfpräventablen humanen Influenza
- Beschluss 610: Schutzmaßnahmen für Tätigkeiten außerhalb von Sonderisolierstationen bei der Versorgung von Patienten, die mit hochpathogenen Krankheitserregern infiziert oder krankheitsverdächtig sind (Entwurf)

Eine vollständige Übersicht aller Technischen Regeln für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA) und Beschlüsse des Ausschusses für Biologische Arbeitsstoffe (ABAS) finden Sie bei der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

Publikationen der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV)

- DGUV Information 201-005 (bisher BGI 583): Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung nach Biostoffverordnung (BioStoffV) - Tätigkeiten mit Boden sowie bei Grundwasser- und Bodensanierungsarbeiten

- DGUV Information 213-088 (bisher BGI 631): Viren: Eingruppierung biologischer Agenzien: VIREN (Merkblatt B 004 der Reihe "Sichere Biotechnologie")
- DGUV Information 213-089 (bisher BGI 632): Parasiten: Einstufung biologischer Arbeitsstoffe – Besondere Schutzmaßnahmen für Tätigkeiten mit Parasiten (Merkblatt B 005 der Reihe "Sichere Biotechnologie)
- DGUV Information 213-090 (bisher BGI 633): Einstufung biologischer Arbeitsstoffe - Prokaryonten (Bacteria und Archaea) (Merkblatt B 006 der Reihe "Sichere Biotechnologie")
- DGUV Information 213-092 (bisher BGI 634): Einstufung biologischer Arbeitsstoffe: Pilze (Merkblatt B 007 der Reihe "Sichere Biotechnologie")
- DGUV Information 213-093 (bisher BGI 636): Zellkulturen - Einstufung biologischer Arbeitsstoffe (Merkblatt B 009 der Reihe "Sichere Biotechnologie")
- DGUV Information 209-051 (bisher BGI/GUV-I 762): Keimbelastung wassergemischter Kühlschmierstoffe
- DGUV Information 203-021 (bisher BGI 775): Zahntechnische Laboratorien – Schutz vor Infektionsgefahren
- DGUV Information 209-054 (bisher BGI 805): Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen in der Metallindustrie (in Überarbeitung)
- DGUV Information 213-016 (bisher: BGI/GUV-I 853): Betriebsanweisungen nach der Biostoffverordnung
- DGUV Information 201-028 (bisher: BGI 858): Handlungsanleitung Gesundheitsgefährdung durch biologische Arbetisstoffe bei der Gebäudesanierung
- DGUV Information 201-031 (bisher: BGI 892): Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung nach Biostoffverordnung (BioStoffV) - Gesundheitsgefährdungen durch Taubenkot
- DGUV Information 201-032 (bisher BGI 893): Handlungsanleitung – Gefährdungsbeurteilung für biologische Arbeitsstoffe bei Arbeiten auf Deponien
- DGUV Information 214-021 (bisher BGI 5026): Biologische Arbeitsstoffe beim Umgang mit Verstorbenen

Geltendes EU Recht

- Richtlinie 2000/54/EG des europäischen Parlaments und des Rates über den Schutz der Arbeitnehmer gegen Gefährdung durch biologische Arbeitsstoffe bei der Arbeit
  (Siebte Einzelrichtlinie im Sinne von Artikel 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG)

4.1.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen Gefährdungsbeurteilung

– Sind alle Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen erfasst worden?
– Welcher Übertragungsweg besteht? Ergeben sich aus der Tätigkeit spezielle Übertragungswege?
– Welche biologischen Arbeitsstoffe kommen vor?
– Welches Mikroorganismenspektrum ist bei einer komplexen biologischen Belastung arbeitsschutzrelevant?
– Welcher Risikogruppe sind die biologischen Arbeitsstoffe zuzuordnen?
– Wurde geprüft, ob sich Biologische Arbeitsstoffe mit geringerer Risikogruppe einsetzen lassen?
– Gibt es bei biologischen Arbeitsstoffen der Risikogruppe 1 Gefährdungen für besondere Personengruppen?
– Wurden sensibilisierende und toxische Wirkungen biologischer Arbeitsstoffe bei der Festlegung von Schutzmaßnahmen mit berücksichtigt?
– Liegen sonstige die Gesundheit schädigende Wirkungen vor?
– Wurden für Tätigkeiten in Laboratorien und Räumen zur Haltung von Labortieren spezifische Schutzmaßnahmen gemäß Anhang II BioStoffV festgelegt?
– Wurden für industrielle Verfahren (Biotechnologie) spezifische Schutzmaßnahmen festgelegt?
– Ist sichergestellt, dass nur fachkundige und eingewiesene Beschäftigte mit biologischen Arbeitsstoffen umgehen?
– Wird die Freisetzung biologischer Arbeitsstoffe durch vorrangig technische und durch organisatorische Maßnahmen vermieden beziehungsweise minimiert?
– Wurden geeignete Hygienemaßnahmen getroffen?
– Wurden geeignete persönliche Schutzausrüstungen bereitgestellt?
– Liegen Betriebsanweisungen vor?
– Sind die Vorgaben der §10 und §11 BioStoffV für Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen der Risikogruppen 3 und 4 erfüllt?
– Wurden die vorgeschriebenen arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen durchgeführt und wurden die Beschäftigten über weitere Angebotsuntersuchungen informiert?

Festgestellte Gefährdungen/Mängel

– gezielter oder nicht gezielter Umgang mit biologischen Arbeitsstoffen
– Durchführung gentechnischer Arbeiten

Maßnahmen

– Biologische Arbeitsstoffe mit geringerem Gefährdungspotenzial einsetzen
– lüftungstechnische Beratung veranlassen
– Arbeitsbereiche mit Warnzeichen "Biogefährdung" kennzeichnen
– Betriebsanweisung erstellen und Einhaltung kontrollieren
– Unterweisungen durchführen
– Aerosole vermeiden
– Hautkontakt vermeiden.
– Verletzungen vermeiden.
– Schutzkleidung tragen
– arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen durchführen
– Hygieneplan erstellen und Einhaltung kontrollieren
– Tätigkeitsbezogene Qualifizierung veranlassen
– Zahl exponierter Beschäftigter begrenzen
– Notfallplan (bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen der Risikogruppen 3 und 4)
– Maßnahmen zur Desinfektion und Dekontamination
– Ess- und Trinkverbot am Arbeitsplatz einhalten / kontrollieren

4.1.6 Autoren und Ansprechpartner

Autoren:

- Dr. rer. nat. F. Dieterich
- Dr. R. Jäckel
- Dr. rer. nat. habil. U. Jäckel
- Dipl.-Lebensmittelchemikerin N. Heubach
- Dipl.-Ing. Umwelttechnik S. Hopf
- Dr. rer. nat. G. Linsel
- R. Schöneich

Ansprechpartner:

- Dr. U. Jäckel
  BAuA, Gruppe 4.7, Berlin

4.2 Sensibilisierende Wirkungen von Mikroorganismen

In Deutschland können mehr als 5 Millionen Beschäftigte an ihren Arbeitsplätzen mit Biostoffen in Kontakt kommen. Dies kann zu Infektionen, zur Entstehung von Allergien oder zu toxischen Reaktionen führen.

4.2.1 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen

Sensibilisierende und toxische sowie sonstige die Gesundheit schädigende Wirkungen von Biostoffen

Einige Bakterien (u.a. Aktinomyceten) sowie Pilze und wenige Parasiten haben ein sensibilisierendes Potenzial, das insbesondere beim Einatmen zu einer Gefährdung am Arbeitsplatz führen kann. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich bei bestehender Veranlagung (Atopie) und längerfristiger, intensiver Exposition gegenüber dem Biostoff die sensibilisierende Wirkung in der Entwicklung schwerwiegender allergischer Atemwegserkrankungen manifestieren kann.

Auch nicht lebensfähige Bakterien, Pilze (abgestorbene Zellen, Bruchstücke oder Sporen) und Parasiten oder ihre Bestandteile (z. B. Proteine) können atemwegssensibilisierend wirken.

Akute oder chronische Gesundheitsschäden können aber auch durch toxische Wirkungen exotoxinbildender Bakterien, mykotoxinbildender Schimmelpilze oder durch Ektoparasiten hervorgerufen werden sowie durch Zellwandbestandteile abgestorbener Mikroorganismen, wie zum Beispiel Endotoxine gramnegativer Bakterien und ß-Glukane von Pilzen, auftreten.

Neben infektiösen, sensibilisierenden und toxischen Wirkungen können von wenigen Biostoffen als Folge der Infektion auch sonstige die Gesundheit schädigende Wirkungen auftreten. Darunter werden krebserzeugende oder fruchtschädigende Eigenschaften verstanden.

4.2.2 Beurteilungskriterien

Sensibilisierende Bakterien, Pilze und Parasiten sind in der TRBA/TRGS 406 aufgelistet und in den Einstufungslisten von Pilzen und von Parasiten (TRBA 460, TRBA 464) entsprechend gekennzeichnet. Beispiele für Bakterienarten, deren Vorkommen im Zusammenhang mit einer exogen-allergischen Alveolitis beschrieben wurden, gibt Tabelle 4.2-1 wieder. Da sie sensibilisierend auf den Atemtrakt wirken, sind insbesondere Tätigkeiten zu beachten, bei denen Aerosole entstehen.

Hinweise auf toxische und sonstige die Gesundheit schädigende Wirkungen sind in den entsprechenden Einstufungslisten zu finden (TRBA 460, TRBA 462, TRBA 464, TRBA 466).

Tabelle 4.2–1 Bakterienarten und Orte, die im Zusammenhang mit einer exogen-allergischen Alveolitis beschrieben wurden (Auswahl)

Organismus	Quelle
Pantoea agglomerans	Landwirtschaft
Arthrobacter globiformis	
Alcaligenes faecalis	
Brevibacterium linens	
Staphylococcus epidermidis	
Mycobacterium immunogenum	metallverarbeitende Industrie
Sphingobacterium spiritivorum	Bügeleisen
Saccharopolyspora rectivirgula	Landwirtschaft
Thermoactinomyces vulgaris	Landwirtschaft
Streptomyces albus	Dünger
Bacillus subtilis	feuchtes Holz

Eine Zuordnung zu einer Schutzstufe nach Biostoffverordnung (BioStoffV) allein aufgrund der atemwegssensibilisierenden, toxischen sowie sonstigen die Gesundheit schädigenden Wirkung ist nicht hinreichend.

Wichtiger Hinweis: Die Gefährdungen durch sensibilisierende, toxische sowie sonstige die Gesundheit schädigende Wirkungen eines Biostoffs werden durch die Schutzstufe nach BioStoffV nicht erfasst. Die Einschätzung dieser Eigenschaften ist Bestandteil der Gefährdungsbeurteilung biologischer Arbeitsstoffe insgesamt und kann nicht losgelöst von der infektiösen Wirkung erfolgen.

4.2.3 Arbeitsschutzmaßnahmen

Allgemeine Schutzmaßnahmen

Sensibilisierende, toxische sowie sonstige die Gesundheit schädigende Arbeitsstoffe sind, soweit zumutbar und nach dem Stand der Technik möglich, durch weniger gefährliche Arbeitsstoffe oder Verfahren zu ersetzen (§ 8 Absatz 4 Nr. 1 BioStoffV). Die Exposition ist nach den Vorgaben des § 8 Absatz 4 Nr. 3 BioStoffV zu minimieren. Die allgemeinen Schutzmaßnahmen der TRBA 500 sind grundsätzlich einzuhalten.

Technische Schutzmaßnahmen

Bei Gefährdung durch atemwegssensibilisierende Arbeitsstoffe müssen geeignete Be- und Entlüftungsmaßnahmen ergriffen werden. Die Arbeitsstoffe sind möglichst an der Entstehungsstelle zu erfassen und ohne Gefährdung für Mensch und Umwelt abzuführen. Wenn dies nicht ausreicht, sind weitergehende lufttechnische Maßnahmen (zum Beispiel eine technische Raumlüftung) erforderlich. Sicherheitswerkbänke der Klasse 2 und höher gewährleisten einen ausreichenden Schutz vor einer Atemwegssensibilisierung.

Luftbewegungen (zum Beispiel Zugluft, Thermik), durch die Allergene an andere Arbeitsplätze gelangen können, sind zu verhindern.

Oberflächen von Arbeitsräumen und Arbeitsmitteln müssen leicht zu reinigen sein.

Bereiche mit hoher Freisetzung von atemwegssensibilisierenden Arbeitsstoffen sind, soweit möglich, von anderen Betriebsteilen räumlich zu trennen. Die Lüftung ist dabei so zu gestalten, dass gegenüber den übrigen Arbeitsbereichen ein leichter Unterdruck erzeugt wird, um die Ausbreitung sensibilisierender Arbeitsstoffe zu verhindern.

In Arbeitsbereiche darf bei Tätigkeiten mit atemwegssensibilisierenden Arbeitsstoffen dort abgesaugte Luft nicht zurückgeführt werden. Ausnahmen sind zulässig, wenn sichergestellt ist, dass die zurückgeführte Luft unter Anwendung geeigneter und wirksamer Verfahren von atemwegssensibilisierenden Stoffen gereinigt ist.

Organisatorische Maßnahmen

Die Zahl der in den Arbeitsbereichen tätigen Beschäftigten ist so gering wie möglich zu halten.

Um eine Verschleppung atemwegssensibilisierender Arbeitsstoffe in andere Arbeitsbereiche zu vermeiden, sollen verschmutzte Geräte nur nach vorheriger Reinigung in andere Arbeitsbereiche verbracht werden.

Die Reinigung von Arbeitsräumen, Arbeitsflächen und Arbeitsmitteln ist so vorzunehmen, dass Expositionen durch die Stoffe vermieden werden. Nicht zulässig sind Aerosol erzeugende Verfahren wie zum Beispiel Abblasen mit Druckluft, Hochdruckreinigen oder Fegen. Soweit nicht feucht gereinigt wird, sind geeignete Adsorptionsmittel oder Entstauber (Industriestaubsauger) möglichst Klasse M zu verwenden. Die Art der Reinigung und des Reinigungsmittels ist vom Arbeitgeber festzulegen. Zur sachgerechten Reinigung der Arbeitsbereiche und der Arbeitsmittel ist eine Betriebsanweisung mit konkreter Nennung der Reinigungsmittel und der Reinigungsverfahren zu erstellen.

Begünstigende Wachstumsbedingungen für sensibilisierende Biologische Arbeitsstoffe (Feuchtigkeit, geeignete Temperaturen, Nährstoffe) sind zu vermeiden, soweit diese nicht technisch erforderlich sind (zum Beispiel bei der Kompostierung).

Liegt ein verfahrensbedingt nicht erforderlicher Schimmelpilzbefall am Arbeitsplatz vor, müssen die verschimmelten Arbeitsstoffe und Arbeitsmittel unter Berücksichtigung der Gefährdungsbeurteilung und anderer Vorschriften (zum Beispiel Wasser-, Abfall- oder Gentechnikrecht) umgehend gereinigt beziehungsweise entsorgt werden.

Beim gezielten Arbeiten mit atemwegssensibilisierenden biologischen Arbeitsstoffen sollen Expositionen während sporenbildender Entwicklungsphasen bei Pilzen oder Actinomyceten vermieden werden (TRBA 100).

Persönliche Schutzausrüstung

Ist trotz der getroffenen Schutzmaßnahmen mit allergischen Reaktionen gegenüber atemwegssensibilisierenden Arbeitsstoffen zu rechnen, hat der Arbeitgeber wirksame und hinsichtlich der Trageeigenschaften geeignete Persönliche Schutzausrüstung wie Schutzkleidung oder Atemschutz zur Verfügung zu stellen und diese in gebrauchsfähigem, hygienisch einwandfreiem Zustand zu halten. Bei verschmutzter oder getränkter

Schutzkleidung besteht ein erhöhtes Risiko bezüglich sensibilisierender Wirkung. Es sind daher geeignete Maßnahmen (zum Beispiel unverzügliches Wechseln der Kleidung) zu ergreifen, die in der Betriebsanweisung festzulegen sind. Straßenkleidung darf nicht getragen werden, um die Verschleppung in den Privatbereich zu vermeiden.

Bei Einhaltung dieser Regeln und Erkenntnisse ist davon auszugehen, dass auch die Anforderungen nach BioStoffV an toxische sowie sonstige die Gesundheit schädigende Biostoffe erfüllt sind (Vermutungswirkung).

4.2.4 Vorschriften, Regelwerk

Gesetze, Verordnungen, Richtlinien

- Biostoffverordnung (BioStoffV)
- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)
- Gentechnikgesetz (GenTG)
- Gentechnik-Sicherheitsverordnung (GenTSV)
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV)
- Jugendarbeitsschutzgesetz (JArbSchG)
- Mutterschutzgesetz (MuSchG)

Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA)

- TRBA 001: Allgemeines und Aufbau des Technischen Regelwerkes zur Biostoffverordnung, Anwendung von Technischen Regeln für Biologische Arbeitsstoffe
- TRBA 100: Schutzmaßnahmen für Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen in Laboratorien
- TRBA 120: Versuchstierhaltung
- TRBA 130: Arbeitsschutzmaßnahmen in akuten biologischen Gefahrenlagen
- TRBA 200: Anforderungen an die Fachkunde nach Biostoffverordnung
- TRBA 212: Thermische Abfallbehandlung: Schutzmaßnahmen
- TRBA 213: Abfallsammlung: Schutzmaßnahmen
- TRBA 214: Abfallbehandlungsanlagen
- TRBA 220: Sicherheit und Gesundheit bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen in abwassertechnischen Anlagen
- TRBA 230: Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen in der Land- und Forstwirtschaft und bei vergleichbaren Tätigkeiten
- TRBA 240: Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit mikrobiell kontaminiertem Archivgut
- TRBA 250: Biologische Arbeitsstoffe im Gesundheitswesen und in der Wohlfahrtspflege
- TRBA 400: Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung und für die Unterrichtung der Beschäftigten bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen
- TRBA 405: Anwendung von Messverfahren und technischen Kontrollwerten für luftgetragene Biologische Arbeitsstoffe
- TRBA/TRGS 406: Sensibilisierende Stoffe für die Atemwege
- TRBA 450: Einstufungskriterien für Biologische Arbeitsstoffe
- TRBA 460: Einstufung von Pilzen in Risikogruppen
- TRBA 462: Einstufung von Viren in Risikogruppen
- TRBA 464: Einstufung von Parasiten in Risikogruppen
- TRBA 466: Einstufung von Prokaryonten (Bacteria und Archaea) in Risikogruppen
- TRBA 468: Liste der Zelllinien und Tätigkeiten mit Zellkulturen
- TRBA 500: Grundlegende Maßnahmen bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen
- Beschluss 603: Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit Transmissibler Spongiformer Enzephalopathie (TSE) assoziierter Agenzien in TSE-Laboratorien
- Beschluss 605: Tätigkeiten mit poliowildvirus-infiziertem und/oder potentiell infektiösem Material einschließlich der sicheren Lagerung von Poliowildviren in Laboratorien
- Beschluss 608: Empfehlung spezieller Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten vor Infektionen durch hochpathogene aviäre Inflluenzaviren (Klassische Geflügelpest, Vogelgrippe)
- Beschluss 609: Arbeitsschutz beim Auftreten einer nicht ausreichend impfpräventablen humanen Influenza
- Beschluss 610: Schutzmaßnahmen für Tätigkeiten außerhalb von Sonderisolierstationen bei der Versorgung von Patienten, die mit hochpathogenen Krankheitserregern infiziert oder krankheitsverdächtig sind (Entwurf)

Eine vollständige Übersicht aller Technischen Regeln für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA) und Beschlüsse des Ausschusses für Biologische Arbeitsstoffe (ABAS) finden Sie bei der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

Publikationen der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV)

- DGUV Information 201-005 (bisher BGI 583): Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung nach Biostoffverordnung (BioStoffV) - Tätigkeiten mit Boden sowie bei Grundwasser- und Bodensanierungsarbeiten

- DGUV Information 213-088 (bisher BGI 631): Viren: Eingruppierung biologischer Agenzien: VIREN (Merkblatt B 004 der Reihe "Sichere Biotechnologie")
- DGUV Information 213-089 (bisher BGI 632): Parasiten: Einstufung biologischer Arbeitsstoffe – Besondere Schutzmaßnahmen für Tätigkeiten mit Parasiten (Merkblatt B 005 der Reihe "Sichere Biotechnologie)
- DGUV Information 213-090 (bisher BGI 633): Einstufung biologischer Arbeitsstoffe - Prokaryonten (Bacteria und Archaea) (Merkblatt B 006 der Reihe "Sichere Biotechnologie")
- DGUV Information 213-092 (bisher BGI 634): Einstufung biologischer Arbeitsstoffe: Pilze (Merkblatt B 007 der Reihe "Sichere Biotechnologie")
- DGUV Information 213-093 (bisher BGI 636): Zellkulturen - Einstufung biologischer Arbeitsstoffe (Merkblatt B 009 der Reihe "Sichere Biotechnologie")
- DGUV Information 209-051 (bisher BGI/GUV-I 762): Keimbelastung wassergemischter Kühlschmierstoffe
- DGUV Information 203-021 (bisher BGI 775): Zahntechnische Laboratorien – Schutz vor Infektionsgefahren
- DGUV Information 209-054 (bisher BGI 805): Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen in der Metallindustrie (in Überarbeitung)
- DGUV Information 213-016 (bisher: BGI/GUV-I 853): Betriebsanweisungen nach der Biostoffverordnung
- DGUV Information 201-028 (bisher: BGI 858): Handlungsanleitung Gesundheitsgefährdung durch biologische Arbetisstoffe bei der Gebäudesanierung
- DGUV Information 201-031 (bisher: BGI 892): Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung nach Biostoffverordnung (BioStoffV) - Gesundheitsgefährdungen durch Taubenkot
- DGUV Information 201-032 (bisher BGI 893): Handlungsanleitung – Gefährdungsbeurteilung für biologische Arbeitsstoffe bei Arbeiten auf Deponien
- DGUV Information 214-021 (bisher BGI 5026): Biologische Arbeitsstoffe beim Umgang mit Verstorbenen

Geltendes EU Recht

- Richtlinie 2000/54/EGdes europäischen Parlaments und des Rates über den Schutz der Arbeitnehmer gegen Gefährdung durch biologische Arbeitsstoffe bei der Arbeit
  (Siebte Einzelrichtlinie im Sinne von Artikel 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG)

4.2.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

– Sind alle Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen erfasst worden?
– Welcher Übertragungsweg besteht? Ergeben sich aus der Tätigkeit spezielle Übertragungswege?
– Welche biologischen Arbeitsstoffe kommen vor?
– Welches Mikroorganismenspektrum ist bei einer komplexen biologischen Belastung arbeitsschutzrelevant?
– Welcher Risikogruppe sind die biologischen Arbeitsstoffe zuzuordnen?
– Wurde geprüft, ob sich Biologische Arbeitsstoffe mit geringerer Risikogruppe einsetzen lassen?
– Gibt es bei biologischen Arbeitsstoffen der Risikogruppe 1 Gefährdungen für besondere Personengruppen?
– Wurden sensibilisierende und toxische Wirkungen biologischer Arbeitsstoffe bei der Festlegung von Schutzmaßnahmen mitberücksichtigt?
– Wurden für Tätigkeiten in Laboratorien und Räumen zur Haltung von Labortieren spezifische Schutzmaßnahmen gemäß Anhang II BioStoffV festgelegt?
– Wurden für industrielle Verfahren (Biotechnologie) spezifische Schutzmaßnahmen festgelegt?
– Ist sichergestellt, dass nur fachkundige und eingewiesene Beschäftigte mit biologischen Arbeitsstoffen umgehen?
– Wird die Freisetzung biologischer Arbeitsstoffe durch vorrangig technische und durch organisatorische Maßnahmen vermieden beziehungsweise minimiert?
– Wurden geeignete Hygienemaßnahmen getroffen?
– Wurden geeignete persönliche Schutzausrüstungen bereitgestellt?
– Liegen Betriebsanweisungen vor?
– Liegt ein Verzeichnis aller Beschäftigten, die gezielte Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen der Risikogruppen 3 und 4 durchführen, vor?
– Wurden die vorgeschriebenen arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen durchgeführt und wurden die Beschäftigten über weitere Angebotsuntersuchungen informiert?

Festgestellte Gefährdungen/Mängel

– gezielter oder nicht gezielter Umgang mit biologischen Arbeitsstoffen
– Durchführung gentechnischer Arbeiten

Maßnahmen

– Biologische Arbeitsstoffe mit geringerem Gefährdungspotential einsetzen
– lüftungstechnische Beratung veranlassen
– Arbeitsbereiche mit Warnzeichen "Biogefährdung" kennzeichnen
– Betriebsanweisung erstellen und Einhaltung kontrollieren
– Unterweisungen durchführen
– Aerosole vermeiden
– Hautkontakt vermeiden
– Verletzungen vermeiden
– Schutzkleidung tragen
– arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen durchführen
– Hygieneplan erstellen und Einhaltung kontrollieren
– arbeitstätigkeitsbezogene Qualifizierung veranlassen
– Zahl exponierter Beschäftigter begrenzen
– Notfallplan (bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen der Risikogruppen 3 und 4)
– Maßnahmen zur Desinfektion und Dekontamination
– Ess- und Trinkverbot am Arbeitsplatz einhalten/kontrollieren

4.2.6 Autoren und Ansprechpartner

Autoren:

- Dr. rer. nat. F. Dieterich
- Dr. R. Jäckel
- Dr. rer. nat. habil. U. Jäckel
- Dipl.-Lebensmittelchemikerin N. Heubach
- Dipl.-Ing. Umwelttechnik S. Hopf
- Dr. rer. nat. G. Linsel
- R. Schöneich

Ansprechpartner:

- Dr. U. Jäckel
  BAuA, Gruppe 4.7, Berlin

Handbuch – Gefährdungsfaktoren

5 Brand- und Explosionsgefährdungen

baua:
Bundesanstalt für Arbeitsschutz
und Arbeitsmedizin

27.04.2020

5 Brand- und Explosionsgefährdungen

Brände und Explosionen sind Reaktionen beziehungsweise Umsetzungen von Feststoffen, Flüssigkeiten oder Gasen unter hoher Energiefreisetzung, die durch eine (Ent-) Zündung oder Selbstentzündung des Stoffsystems ausgelöst werden. Dies hat eine starke Temperaturerhöhung zur Folge.

Einführung

Brände

Bei Bränden unter atmosphärischen Bedingungen erfolgt nach einer Entzündung eine Oxidation mit (Luft-) Sauerstoff von brennbaren Stoffen unter Flammen- beziehungsweise Glutbildung. Brände können auch unter nichtatmosphärischen Bedingungen mit einer anderen Oxidationsquelle als Sauerstoff stattfinden. Diese Vorgänge nehmen eher eine untergeordnete Rolle im Rahmen des Brandschutzes ein und können als Folge von oxidativer Selbstentzündung, thermischer Zersetzung und sonstiger exothermer chemischer Reaktionen, betrachtet werden.

Explosionen

Voraussetzungen für den Eintritt von Explosionen sind unter anderem das Vorhandensein von

- explosionsfähigen Atmosphären (das heißt brennbare Stoff-(Luft-)Sauerstoff-Gemische in Konzentrationen innerhalb bestimmter Explosionsgrenzen),
- explosionsfähigen Stoffgemischen(-systemen) oder
- explosionsgefährlichen Stoffen und
- die Auslösung der Vorgänge im Stoffsystem.

Folgewirkungen

Neben der starken Temperaturerhöhung erfolgt bei Explosionen zusätzlich noch eine starke Druckerhöhung: bei einer Deflagration mit Unterschallgeschwindigkeit und bei einer Detonation mit Überschallgeschwindigkeit unter dem Aufbau einer Druckwelle. Mit Ausnahme von physikalischen Explosionen findet bei Explosionen eine stark exotherme chemische Reaktion statt. Handelt es sich bei dieser Reaktion um eine Oxidation innerhalb eines brennbaren Stoff-(Luft-) Sauerstoff-Gemischs unter atmosphärischen Druck-Temperatur-Bedingungen, so wird von einer atmosphärischen Explosion gesprochen. Bei physikalischen Explosionen dagegen führt eine extrem starke Wärmeübertragung aus einem Gemisch aus Fragmenten von heißen und kalten Flüssigkeiten zur Dampfbildung und zum Druckaufbau.

Ein Brand kann als Zündquelle eine Explosion auslösen. Umgekehrt kann eine Explosion brennbare Stoffe, die aber kein explosionsfähiges Stoffsystem darstellen, entflammen und somit zum Folgebrand führen.

Tabelle 5.0-1 Vergleich zwischen chemischer und physikalischer Explosion

	Chemische Explosion	Physikalische Explosion
Energieliefernder Vorgang	chemische Reaktion	Wärmeübergang von der Schmelze zum Kühlmittel
Auslösefähiges Stoffsystem	zum Beispiel Explosivstoff: Nitroglyzerin, Knallgas etc.	Grobverteiltes Gemisch aus heißen Schmelzpartikeln und Kühlmittel bei hoher Temperaturdifferenz (wichtige Voraussetzung hierzu: Filmsieden)
Auslösung des Vorganges	Eine starke exotherme Reaktion erzeugt eine Druckwelle.	Durch den Triggerimplus (Druckstoß) kommt es zum Filmzusammenbruch und zur Fragmentation. Durch die daraus resultierende rasche Wärmeübertragung und spontane Verdampfung wird eine Druckwelle erzeugt.
Ausbreitung des Druckstoßes	Die Initiierung der chemischen Reaktion im noch nicht reagierten Medium erfolgt entweder durch eine Stoßwelle (Detonation) oder durch kinetische und thermische Übertragungsvorgänge (Deflagration).	Die Druckwelle löst fortwährend die Bedingungen für den raschen Wärmeübergang im noch nicht fragmentierten Schmelze-Kühlmittel-Gemisch aus und wird durch die ausgelöste Spontanverdampfung aufrechterhalten.

5.1 Brennbare Feststoffe, Flüssigkeiten, Gase

Das Vorhandensein von brennbaren Feststoffen, Flüssigkeiten und Gasen ist eine der drei Voraussetzungen für eine Verbrennung. Brandschutzmaßnahmen, die sich nach der Gefährdung durch die Eigenschaften und das Vorhandensein dieser Stoffe, Gemische und Erzeugnisse richten, werden in der Gefahrstoffverordnung beschrieben. Sie ergänzen die allgemein erforderlichen Brandschutzmaßnahmen nach dem Bau- und Arbeitsstättenrecht sowie die Explosionsschutzmaßnahmen nach Betriebssicherheitsverordnung. Die notwendige Beurteilung der Gefährdungen ist nach den Grundsätzen der TRGS 400 und den spezifischen Vorgaben der TRGS 800 durchzuführen.

Anforderungen an Beurteiler

Personen die diesen Teil der Gefährdungsbeurteilung durchführen, müssen daher Kenntnisse auf den Gebieten des Arbeitsschutzes und des Brandschutzes haben. Bei einer Ausbildung zur Fachkraft für Arbeitssicherheit und zum Brandschutzbeauftragten kann in der Regel von solchen Kenntnissen ausgegangen werden.

5.1.1 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen

Brände und Explosionen entstehen nur, wenn die drei Einwirkungsfaktoren brennbarer Stoff, Oxidationsmittel (in der Regel Luftsauerstoff) und effektive Zündquelle gleichzeitig auftreten.

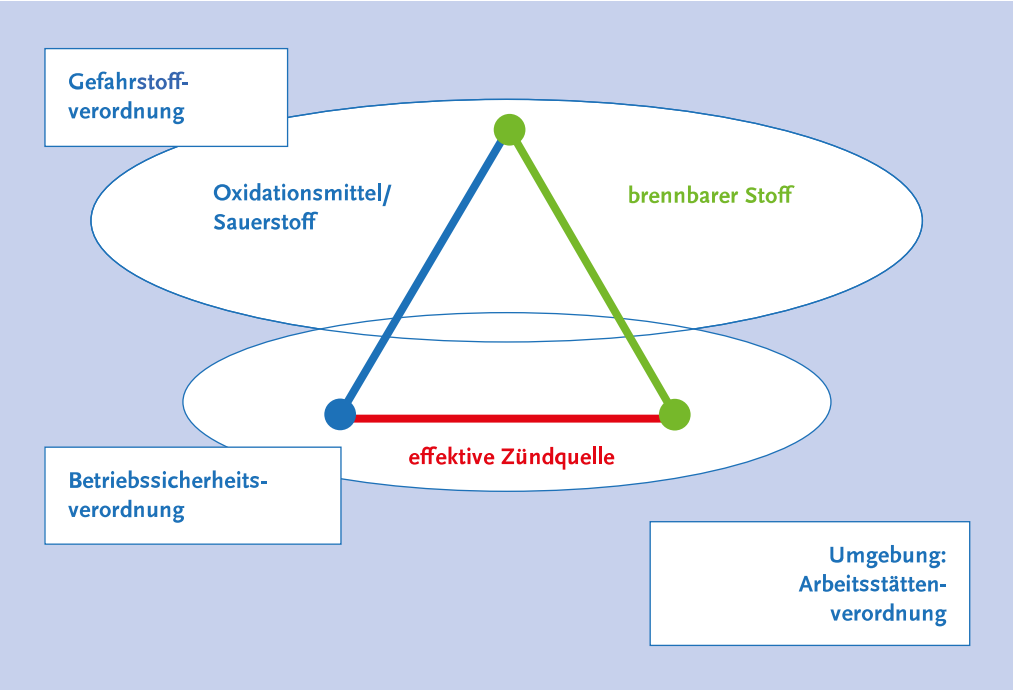


Abbildung 5.1-1. Voraussetzungen für einen Brand (und eine Explosion)

Beim gleichzeitigem Vorliegen dieser drei Faktoren kommt es zum Brand. Wenn brennbarer Stoff und Sauerstoff schon vorgemischt sind, wie z. B. bei der Freisetzung von Gasen, Dämpfen oder Stäuben, dann kann der Reaktionsablauf so schnell sein, dass es sich um eine Explosion handelt.

Feuer und Rauch als Brandwirkung

Bei der Verbrennung von Stoffen und Gemischen entsteht Feuer und Rauch. Insbesondere der Brandrauch gefährdet durch seine toxischen Bestandteile die Beschäftigten. Aber auch die Wärmewirkung kann zu Personenschäden führen. Sowohl Feuer als auch Rauch verursachen Sachschäden.

Tabelle 5.1-1 Brandwirkungen

Brandwirkung	Gefährdung	Schäden
Wärme	– thermische Aufheizung – Brandausbreitung	– Verbrennung – Gebäudeschäden
Rauch	– Behinderung der Flucht und Rettung – Einatmen von Gefahrstoffen – Kontamination	– Stolpern – Vergiftung – Korrosion und Gebäudeschäden durch Kontamination

5.1.2 Grenzwerte, Beurteilungskriterien

1. Informationsermittlung

Um die Brandgefährdung beurteilen zu können, müssen Arbeitgeber relevante Informationen ermitteln. Dazu gehören:

1. relevante Kenngrößen und Eigenschaften der eingesetzten Stoffe
2. Zündquellen
3. genehmigungsrechtliche Situation und sonstige Anforderungen

2. Relevante Kenngrößen /Eigenschaften

Die Kenngrößen der eingesetzten Stoffe können in der Regel den Sicherheitsdatenblättern oder der Kennzeichnung entnommen werden. Sie können aber auch in den Bedienungsanleitungen oder sonstigen mitgegebenen Informationen enthalten sein.

Soweit die Stoffe erst während der Tätigkeiten entstehen, können Angaben aus den im Anhang genannten Datenbanken entnommen werden. Die relevanten Gefahrstoffe sollten im Gefahrstoffverzeichnis enthalten sein.

Bei der Verwendung sicherheitstechnischer Kenngrößen sind jedoch immer die Bedingungen zu beachten, unter denen Sie ermittelt wurden.

Besonders relevante Kenngrößen sind

- der Flammpunkt einer Flüssigkeit
  Überschreitet eine Flüssigkeit den Flammpunkt, so kann aus der Flüssigkeit soviel Dampf entstehen, dass dieser durch eine Zündquelle entzündet werden kann. Es ist allerdings zu beachten, dass z. B. durch Versprühen diese Temperatur nicht mehr relevant ist, da beim Versprühen meist ein zündfähiges Stoff-Luft-Gemisch entsteht.
- die untere Explosionsgrenze
  Die untere Explosionsgrenze gibt die notwendige Konzentration eines Stoffs typischerweise in der Umgebungsluft an, die durch eine Zündquelle entzündet werden kann.
- die Zündtemperatur/-energie
  Die Zündtemperatur/-energie gibt an, welche Energie notwendig ist, um einen Stoff oder ein Gemisch zu zünden.

3. Zündquellen

Bei der Beurteilung von Brandgefährdungen ist – anders als im Baurecht – eine Zündquellenbetrachtung erforderlich.

Im Gegensatz zu der umfangreichen Betrachtung aller relevanter Zündquellen im Explosionsschutz (TRBS 2152 Teil 3) sind für den Brandschutz vor allem folgende Zündquellen relevant (Anlage 2 der TRGS 800):

1. Wärmeenergie (z. B. Offenes Feuer, heiße Oberflächen, Verbrennungsmotoren)
2. Elektrische Energie (defekte elektrische Geräte, Blitzschlag)
3. Mechanische Energie (Schleifen, Reibung, Schlag)
4. Chemische Energie (z. B. Selbstentzündung, durchgehende katalytische Reaktionen)

4. Genehmigungsrechtliche Situation und sonstige Anforderungen

Baugenehmigung

Ein Teil der notwendigen Brandschutzmaßnahmen ergibt sich auch aus den baurechtlichen Vorschriften, die neben den Arbeitsschutzregelungen einzuhalten sind.

Daher hat der Arbeitgeber zu ermitteln, welche Maßnahmen im Rahmen der Baugenehmigung oder alternativer Genehmigungen nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz festgelegt wurden, oder die von ihm in einem jeweiligen Antrag angegeben worden sind.

5. Beurteilung der Brandgefährdung

Beurteilungsparameter

Für die Beurteilung der Brandgefährdung sind neben den Stoffeigenschaften und den Zündquellen weitere Informationen auf Grund der Tätigkeit bzw. des Verarbeitungsverfahrens von Bedeutung. Die Brandgefährdung steigt z. B. bei Tätigkeiten unter erhöhtem Druck oder erhöhter Anwendungstemperatur. Die verwendete Gefahrstoffmenge hat einen Einfluss auf das Schadensausmaß. Je mehr Gefahrstoff vorhanden ist, der sich entzünden kann, je größer ist die Rauch- und Wärmeentwicklung, die zu einem Schaden führt. Entscheidend ist auch die Freisetzungsart. Vor allem bei Feststoffen macht es einen Unterschied, ob kompakte Feststoffe, die wenig Staub erzeugen oder feine Pulver, die bei Aufwirbelung zu gefährlichen Staubwolken führen können, verarbeitet werden.

In Abhängigkeit des verwendeten Gefahrstoffs, der verwendeten Gefahrstoffmenge, der möglichen Brandausbreitung und des Schadensausmaßes kann zwischen drei Gefährdungsstufen der Brandgefährdung unterschieden werden.

Die folgende Tabelle fasst die Gefährdungsstufen nach TRGS 800 zusammen, weist stichpunktartig eine Definition aus und gibt Beispiele an. Die ASR A2.2 kennt ebenfalls die normale Brandgefährdung und fasst die Stufen erhöhte und hohe Brandgefährdung nach TRGS 800 unter der Stufe erhöhte Brandgefährdung zusammen.

Tabelle 5.1-2 Gefährdungsstufen nach TRGS 800

TRGS 800	Normal	Erhöht	Hoch
Definition	– eingestufte brennbare oder oxidierende Gefahrstoffe sind nur in geringer Menge vorhanden **und** – die Wahrscheinlichkeit einer Brandentstehung ist gering **und** – die Geschwindigkeit der Brandausbreitung und die damit verbundene Gefährdung von Beschäftigten und anderen Personen durch Rauch oder Wärme ist gering	– brennbare oder oxidierende Gefahrstoffe sind nicht nur in geringer Menge vorhanden **oder** – es ist mit einer Brandentstehung zu rechnen **oder** – eine schnelle und unkontrollierbare Brandausbreitung oder eine Rauch- oder Wärmefreisetzung ist zu erwarten	– brennbare oder oxidierende Gefahrstoffe sind in nicht nur geringer Menge vorhanden **und** – eine hohe Wahrscheinlichkeit für eine Brandentstehung **und** – eine schnelle und unkontrollierbare Brandausbreitung oder eine große Rauch- oder Wärmefreisetzung ist zu erwarten
Beispiel	– Büronutzung	– Spritzstand	– petrochemische Anlagen, – Anlagen zur chemischen Synthese – Prozessen mit und Lagerung von Gefahrstoffen mit erhöhten Gefahren der Selbstentzündung – Sägewerke – Lackieranlagen und Lacktrockner, die mit brennbaren Lösemitteln betrieben werden – größere Fritteusen und Fettbackgeräten zur gewerblichen Verwendung – Wärmeträgerölanlagen

Einbeziehen von Explosionsgefahren

Da sich Brand und Explosion nur dadurch unterscheiden, dass brennbarer Stoff und Oxidationsmittel vorgemischt sind, ist es sehr sinnvoll die Beurteilung der Brandgefährdung und die der Explosionsgefahr miteinander zu verbinden.

Ergibt die Beurteilung, dass Brandgefahren vorliegen, dann sind Maßnahmen zu ergreifen. Ein Teil dieser Brandschutzmaßnahmen (wie z. B. das Substituieren, Emissionsminderung und Zündquellenvermeidung) schützt auch vor Explosionen. Teilweise sind aber auch zusätzliche Maßnahmen erforderlich. Die Ergebnisse der Beurteilung sind im Rahmen der Gesamtgefährdungsbeurteilung zu dokumentieren (siehe Beispiel).

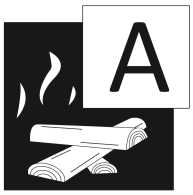
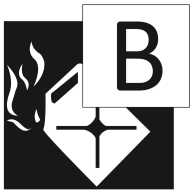
5.1.3 Arbeitsschutzmaßnahmen

1. Allgemeine Maßnahmen

Da Brände jederzeit entstehen können, müssen in allen Fällen grundlegende Brandschutzmaßnahmen ergriffen werden. Zu diesen Brandschutzmaßnahmen gehören:

– Erfüllung der baurechtlichen Anforderungen
  Die Erfüllung baurechtlicher Vorschriften und der Vorgaben aus der Baugenehmigung sind Grundvoraussetzung für die Nutzung des Gebäudes. Auch bei innerbetrieblichen Veränderungen ist auf die Einhaltung der Vorgaben zu achten.
– Gestaltung und Betrieb der Arbeitsstätte nach der Arbeitsstättenverordnung (Lüftung, Beleuchtung)
  Die Arbeitsstätte muss den Mindestvorgaben der Arbeitsstättenverordnung und -richtlinie entsprechen. Das betrifft insbesondere auch die Belüftung und Beleuchtung, die Gestaltung der Flucht- und Rettungswege (Länge, Breite, Türen etc.), letztendlich muss auch die regelmäßige Reinigung und Instandhaltung erfolgen.
– Bereitstellung von Feuerlöschern
  Wenn dies ohne Eigengefährdung möglich ist, sollen Beschäftigte mit der Bekämpfung von Entstehungsbränden beginnen. Dazu soll sich mindestens ein geeigneter Feuerlöscher (z. B. DIN EN 3) in der Nähe befinden.
  Es können aber auch andere geeignete Löschgeräte eingesetzt werden. Die Wirksamkeit der Löschmittel kann anhand der sogenannten Brandklasse (definiert in der DIN EN 2) ermittelt werden. Diese teilt die Brände in fünf Klassen ein.

Tabelle 5.1–3 Brandklassen

Brandklasse		Beispiele für Stoffe	Beispiele für Feuerlöscher
	Brände von festen, Glut bildenden Stoffen	Holz, Pappe, Koks, duroplastischer Kunststoff	Wasserlöscher, Schaumlöscher, Glutbrand-Pulverlöscher
	Brände von flüssigen oder flüssig werdenden Stoffen	Benzin, Alkohol, Teer	Schaumlöscher, Kohlendioxidlöscher, Pulverlöscher
	Brände von Gasen	Wasserstoff, Propan	Pulverlöscher
	Brände von Metallen	Aluminium, Magnesium	Metallbrand-Pulverlöscher
	Brände von Speiseölen, Speisefetten	zum Beispiel in Friteusen	Fettbrandlöscher

– Verwendung geeigneter Geräte unter Berücksichtigung des Produktsicherheitsgesetzes sowie wiederkehrende Prüfung derselben
  Neben dem Baukörper müssen auch die eingesetzten Arbeitsmittel grundlegenden Anforderungen genügen. Diese ergeben sich oft aus Normen und anderen Regelwerken. Im Einzelfall müssen Sie jedoch auch bei der Beschaffung definiert werden. Baurecht, Arbeitsstättenrecht, Eignung der Feuerlöscher (z.B. Brandklassen), und Regelungen zur Produkt- und Betriebssicherheit sind zu beachten.
– Organisatorische Maßnahmen nach § 10 Arbeitsschutzgesetz
  Zu den organisatorischen Maßnahmen gehört das Erstellen einer Brandschutzordnung, mindestens des Teils A nach DIN 14096. Dieser Teil muss auch ausgehängt werden. Wenn spezielle Brandschutzmaßnahmen erforderlich sind, dann sind diese durch den Teil B der Brandschutzordnung zu beschreiben. Sollten bei größeren Betrieben auch Personen mit besonderen Brandschutzaufgaben (z. B. Brandschutzbeauftragte, Räumungshelfer) bestellt sein, dann ist auch ein Teil C zu erstellen.
  Die Beschäftigten müssen entsprechend unterwiesen sein. In der Regel müssen darüber hinaus fünf Prozent der Beschäftigten in der Verwendung von Feuerlöschern geschult sein.
  Für die Fälle, in denen die Brandgefährdung nicht vorab beurteilt wurde, ist ein Freigabeverfahren ("Heißarbeitserlaubnis") einzuführen.

2. Besondere Brandschutzmaßnahmen bei erhöhter/hoher Brandgefährdung

Bei nicht nur normaler Brandgefahr sind weitergehende Brandschutzmaßnahmen erforderlich, die mit steigender Gefährdung an Komplexität zunehmen.

Diese beziehen sich auf die Schutzziele
– Reduzierung der Brandgefährdung
– Selbstrettung der Beschäftigten oder Anderer
– Fremdrettung eingeschlossener und/oder verletzter Personen

3. Reduzierung der Brandgefährdung

Substitution/Minimierung

Die Reduzierung der Brandgefährdung kann erfolgen, indem brennbare und brandfördernde Stoffe ersetzt (substituiert) werden oder deren Menge reduziert wird. Oft können ungefährliche Stoffe eingesetzt oder zumindest kann deren Menge am Arbeitsplatz reduziert werden. Während der Tätigkeit sollten zusätzliche Objektabsaugungen die Emission an der Entstehungsstelle gering halten. Auch eine geeignete Umschließung z. B. in einem Sicherheitsschrank, während der Lagerung oder die Aufbewahrung ölgetränkter Putzlappen in einem dicht schließenden Behälter sowie die tägliche Beseitigung von Abfällen oder Staubablagerungen tragen zur Reduzierung der Brandgefährdung bei. Bei hoher Brandgefährdung können auch doppelwandige Behältersysteme mit automatischen Leckagedetektoren erforderlich werden.

Vermeidung der Entzündung

Die Gefährdung kann auch reduziert werden, indem die Brandentstehung vermieden wird. Dazu gehört die konsequente Vermeidung oder Sicherung von Zündquellen. Arbeitsmittel – insbesondere elektrische Geräte- sollten wiederkehrend geprüft und nicht zweckentfremdet werden. Das Verbot von Rauchen und offenen Feuer sollte selbstverständlich sein. Darüber hinaus können aber auch aufwendige Lösungen, wie messtechnische Überwachungen oder Absenkungen der Sauerstoffkonzentration realisiert werden.

Ausbreitungsbegrenzung

Ebenso kann die Brandgefährdung durch eine Begrenzung der Brand- und Rauchabschnitte verringert werden. Diese kann durch zusätzliche bauliche Maßnahmen, wie etwa in der Technischen Regel zur Lagerung von Gefahrstoffen (TRGS 510) gefordert, aber auch durch anlagentechnische Maßnahmen, wie Löschanlagen oder besonders dimensionierte Rauch- und Wärmeabzüge erfolgen.

4. Selbstrettung der Beschäftigten oder Anderer

Voraussetzung für die Selbstrettung ist die frühzeitige Warnung. Dazu gehört bei erhöhter Gefährdung oft auch die automatische Branderkennung, die bei hoher Gefährdung durch einen selbstständigen Räumungsalarm ergänzt werden kann.

Damit eine schnelle Räumung des Gebäudes erfolgen kann, sind die Fluchtwege zu verkürzen und die Beschäftigten auf der Grundlage des Flucht- und Rettungsplans zu schulen. Eine Übung der Räumungsabläufe gehört dann auch zu den Maßnahmen.

5. Fremdrettung eingeschlossener und/oder verletzter Personen

Grundsätzlich soll die Anzahl der Personen in gefährdeten Bereichen klein gehalten werden.

Durch eine Vollzähligkeitskontrolle an der Sammelstelle muss festgestellt werden können, ob noch Personen fehlen. Diese sind dann der Feuerwehr zu melden.

Für nur eingeschränkt fluchtfähige Beschäftige ist zu organisieren, wie sie im Räumungsfall, ggf. mit Unterstützung der anderen Anwesenden, zum Sammelplatz gelangen.

Wenn besondere betriebliche Gegebenheiten vorliegen, wie z. B. Arbeitsplätze in Besonderen Höhen, dann müssen ggf. auch zusätzliche Rettungsmittel vorgehalten werden.

Auch bauliche Unterstützungen, wie sichere Bereiche in Tunneln oder erhöhte Standfestigkeit, können in besonderen Fällen unterstützend erforderlich werden sowie eine zusätzliche unabhängige Löschwasserversorgung.

5.1.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur

Gesetze, Verordnungen

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)
- Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)

Technische Regelwerke zu den Arbeitsschutzverordnungen

- TRGS 400: Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen
- TRGS 510: Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern
- TRGS 800: Brandschutzmaßnahmen
- ASR A1.3: Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung
- ASR A2.2: Maßnahmen gegen Brände
- ASR A2.3: Fluchtwege, Notausgänge, Flucht- und Rettungsplan
- ASR A3.6: Lüftung
- ASR A3.4/3: Sicherheitsbeleuchtung, optische Sicherheitsleitsysteme

Weitere Regeln der Technik

- DGUV Information 205-001 (bisher BGI 560): Arbeitssicherheit durch vorbeugenden Brandschutz
- DGUV Information 205-002 (bisher BGI 563): Brandschutz bei feuergefährlichen Arbeiten
- DGUV Information 205-003 (bisher BGI 847): Aufgaben, Qualifikation und Ausbildung von Brandschutzbeauftragten
- DGUV Information 205-023 (bisher BGI/GUV-I 5182): Brandschutzhelfer - Ausbildung und Befähigung
- VdS 2000: Leitfaden für den Brandschutz im Betrieb
- VDI 2263: Staubbrände und Staubexplosionen; Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen

Literatur

- [1] Aich, U.; Maiworm, B.; Wolf, T.:
  TRGS 800 – Neue Technische Regel für Gefahrstoffe zur Festlegung von Brandschutzmaßnahmen.
  Technische Sicherheit 10/2011, S. 29–37
- [2] Hagebölling, D. (Hrsg.):
  Taschenbuch Betrieblicher Brandschutz.
  Vulkan l999
- [3] Karababa, I.; Kahl, A.; Wilmes, A.; Wolf, T.:
  Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen - Grundzüge eines zukünftigen Moduls "Brand- und Explosionsgefährdung" für das Einfache Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe (EMKG).
  Sicher ist sicher – Arbeitsschutz aktuell 11/2009, S. 998-1.001
- [4] Klingsohr, K., Messerer, J., Bachmeier, P.:
  Vorbeugender baulicher Brandschutz.
  Kohlhammer 2012
- [5] Mayr, J., Battran, L.:
  Handbuch Brandschutz-Atlas.
  Loseblattsammlung, Feuer-Trutz 2011
- [6] Rodewald, G.:
  Brandlehre.
  Kohlhammer 2007
- [7] Schweitzer-Karababa, I.:
  EMKG für Brand- und Explosionsgefährdungen – Praktische Erprobung.
  Technische Sicherheit 10/2011, S. 22–27
- [8] Wolf, T.:
  Ist Brandschutz Arbeitsschutz.
  Betriebliche Prävention 11/2011, S. 490–493

Internetangebote / Links

– Stoffdatenbanken zur Beurteilung von Gefahrstoffen
  - **GESTIS-Stoffdatenbank**
    Gefahrstoffsystem der gewerblichen Berufsgenossenschaften
  - **GESTIS-Staubdatenbank**
  - **IGS-public: Informationssystem für gefährliche Stoffe**
– Hilfestellung bei der Gefährdungsbeurteilung:
  - **BAuA: Einfaches Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe**
    Handlungshilfe zur Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen
– Weitere Informationen
  - **Information über die Notwendigkeit von Brandschutzbeauftragten**
  - **Brandschutzordnung**
  - **Richtlinien des Verbands der Schadenversicherer**
  - **Baurecht, Übersicht der Musterregelung auf Bundesebene**
    (verbindlich ist die jeweilige Umsetzung in dem Bundesland)

5.1.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

Anhand folgender Fragen kann ermittelt werden, ob am Arbeitsplatz erhöhte Gefährdungen vorliegen können.

Dabei gilt: Kann mindestens eine der Fragen mit "ja" beantwortet werden, sollte eine genaue Beurteilung der Brandgefährdungen durchführt werden. In diesem Fall kann eine erhöhte Brandgefährdung vorliegen.

– Sind Gefahrstoffe mit einem der folgenden **Gefahrenpiktogramme** oder **H-Sätzen** im Betrieb vorhanden?

Gefahrenpiktogramme	H-Sätze
	H200 bis H290, EU H001, EU H006, EU H014, EU H018, EU H019, EU H044

Abbildung 5.1-2. Gefahrenpiktogramme und H-Sätze für physikalisch-chemische Gefahren nach CLP-Verordnung

– Sind Gefahrstoffe mit einem der **Gefahrensymbolen** oder **R-Sätzen** nach altem Recht im Betrieb vorhanden?

Gefahrenpiktogramme	R-Sätze
	R1 bis R19 R30 R44

Abbildung 5.1-3. Gefahrensymbole und R-Sätze für physikalisch-chemische Gefahren nach Stoffrichtlinie

– Werden nicht eingestufte brennbare Flüssigkeiten bei erhöhter Anwendungstemperatur oberhalb ihres Flammpunkts verwendet?
– Sind Feststoffe, die erfahrungsgemäß brennbar sind, wie z. B. Papier, Holz, Polyethylen, Polystyrol sowie deren aufgewirbelte Stäube, vorhanden?
– Geht von den vorhandenen Arbeitsstoffen im Betrieb eine Staubbelastung aus?
– Werden Arbeitsstoffe im Betrieb mechanisch bearbeitet, zerkleinert oder auf Förderbändern transportiert (z. B. feiner Abrieb durch Förderbänder)?
– Gibt es Arbeitsverfahren bei denen Flüssigkeiten fein versprüht werden und es zur Aerosolbildung kommt (z. B. Öle, Wasserlacke, brennbare Flüssigkeiten)?
– Werden Gefahrstoffe verwendet, von denen bekannt ist, dass sie bei der vorhandenen Anwendungstemperatur zum Brennen neigen oder deren Stoff/Luft-Gemische explosionsfähig sind (z. B. Ammoniak, Chlor oder Sprühnebel von Heizöl)?
– Werden Arbeitsverfahren angewendet, bei denen es zu gefährlichen chemischen Reaktionen kommen kann (z. B. beim Verdünnen von Salpeter- oder Flusssäure mit Wasser; bei der Ladung von Batterien (gefährliche Wasserstoffbildung) oder Tätigkeiten mit Ammoniumnitrat und ammoniumnitrathaltigen Düngemitteln.)?
– Kann bei Tätigkeiten mit reinen halogenfreien Kohlenwasserstoffen **nicht** sichergestellt werden, dass der Unterschied der Oberflächentemperatur zu jedem Zeitpunkt 5 °C niedriger ist, als der Flammpunkt?
Hinweis: Kohlenwasserstoffe bestehen nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff. Es gibt mehrere Untergruppen wie Alkane, Alkene, Alkine und Aromaten (z. B.: Methan, Butan, Hepten, Benzol, Toluol, Xylol).
– Kann bei Tätigkeiten mit halogenfreien Kohlenwasserstoffgemischen **nicht** sichergestellt werden, dass der Unterschied der Oberflächentemperatur zu jedem Zeitpunkt 15 °C niedriger ist, als der Flammpunkt?

Kurzcheck zur Umsetzung der TRGS 800 (siehe dortige Anlage 3)
– Liegt eine Beschreibung der Tätigkeit bzw. der Anlage und der örtlichen Situation vor?
– Sind alle zu erwartenden Betriebszustände beurteilt?

– Ist die Art der Verwendung der brennbaren oder oxidierenden Gefahrstoffe beschrieben?
– Ist der zu beurteilende Bereich genau definiert (Abgrenzung zu anderen Bereichen)?
– Stimmt die Nutzung des Raums / Gebäudes mit der baurechtlich genehmigten Nutzung überein?
– Ist die Anzahl der Beschäftigten oder anderer Personen bekannt? Sind in der Mobilität oder Wahrnehmung eingeschränkte Personen anwesend?
– Sind alle wirksamen Zündquellen ermittelt und bewertet?
– Ist die Möglichkeit des Ersatzes des brennbaren oder oxidierenden Gefahrstoffs geprüft worden (Substitution)?
– Ist der brennbare oder oxidierende Gefahrstoff nur in der erforderlichen Menge vorhanden?
– Sind die Flucht- und Rettungswege (Länge, Anzahl) im Hinblick auf eine sichere Nutzung und eine Alarmierung zur Gebäuderäumung bewertet worden?
– Sind zusätzliche Maßnahmen (z.B. Zugänglichkeit für die Feuerwehr, Löschmittelversorgung) für eine wirksame Brandbekämpfung erforderlich?
– Sind auf Grund einer hohen Brandgefährdung zusätzlich Brandmeldeanlagen bzw. Löschanlagen erforderlich?
– Sind auf Grund einer hohen Brandgefährdung zusätzliche Maßnahmen (z. B. Notstromversorgung) erforderlich?
– Ist die Notwendigkeit zusätzlicher Qualifikationen und Unterweisungen der Mitarbeiter geprüft worden?
– Ist die Notwendigkeit einer Zugangsbeschränkung für den beurteilten Bereich geprüft worden?
– Ist die Notwendigkeit spezieller Arbeitskleidung geprüft worden?

Beispiele für Gefährdungen oder Mängel

– ungeschützt gelagerte Gefahrstoffe
– unkontrollierte Zündquellen / Defekte Arbeitsmittel
– Nutzung von nicht stoffbeständigen Behältern
– unsachgemäße Mischung von Gefahrstoffen (exotherme Reaktion)
– Sauerstoffanreicherungen
– Brandrauch
– Hitzeeinwirkung
– fehlendes Freigabeverfahren
– fehlende Organisation für den Brandfall / Brandschutzordnung
– fehlende Brandbekämpfungsmöglichkeiten
– fehlende oder unzureichende Flucht- und Rettungswege
– defekte Brandschutzeinrichtungen
– Umgehung / Manipulation von Schutzeinrichtungen
– Missachtung der allgemeinen Hygiene- und Organisationsmaßnahmen
– unsachgemäße Entsorgung

Hilfestellung für Brandschutzmaßnahmen

EMKG als Hilfestellung

– Schutzleitfaden 170– Allgemeine Brandschutzmaßnahmen
– Hilfestellung zur Gefährdungsbeurteilung und Schutzleitfäden zur Maßnahmenableitung finden sie im neuen EMKG Modul "Brand- und Explosionsgefährdung" auf der EMKG-Internetseite

Weitere Musterchecklisten

– Checkliste: Fluchtwege und Notausgänge, ein Angebot der VBG
– Brandschutzbeauftragter – Unverbindlicher Leitfaden des Verbands der Schadenversicherer inkl. Checklisten im Anhang
– Erlaubnisschein für feuergefährliche Arbeiten

Hinweis: Eine Checkliste für die Beurteilung von Brandgefährdungen finden Sie beispielhaft (nicht vollständig) im Anhang "Gefährdungsbeurteilung einer Schreinerei, nur Brandgefährdungen".

5.1.6 Autoren, Ansprechpartner und Anlagen

Autoren:

– Dr. T. Wolf
– Dipl.-Ing. I. Schweitzer-Karababa
– K. Wiechen, M. Sc.

Ansprechpartnerin

– Dipl.-Ing. Annette Wilmes
BAuA, Gruppe 4.6, Dortmund

Anlagen

– Anhang: "Beispiel: Gefährdungsbeurteilung einer Schreinerei"

ANHANG:

Beispiel: Gefährdungsbeurteilung einer Schreinerei, nur Brandgefährdungen (nicht vollständig)

Bereich	Tätigkeit	Eingesetzte Gefahrstoffe	Zündquellen	Vorliegende Gefährdung	Notwendige Brandschutzmaßnahmen (ergänzend sind Explosionsschutz-maßnahmen festzulegen)	Weitere Unterlagen	Zu erledigen durch bis zum	Erl.
Lackieranlage	Lackieren von Holzbauteilen	Lösemittelhaltige Lacke	Lackiereinrichtung, elektrische Geräte	**Hoch**	Feuerhemmende Abtrennung, Verwendung nichtbrennbarer Baustoffe Elektrische Geräte Schutzart IP54 (BGI 740) Zusätzlich Explosionsschutzmaßnahmen	Betriebsanweisung Explosionsschutzdokument	Vorhanden	
Filteranlage		Holzstaub	Funken aus Mehrblattkreissägemaschinen	**Hoch**	Funkenlöschanlage in der entsprechenden Absaugleitung zum Silo oder zur Filteranlage (BGI 725)	Betriebsanweisung Prüfbericht d. Funkenlöschanlage	Vorhanden	
Spänesilo	Lagern von Spänen	Holzstaub	Reibung, eingetragene Funken	**Hoch**	Sprühwasser–Löschanlage mit selbsttätiger Auslösung (BGI 725) Zusätzlich Explosionsschutzmaßnahmen	Betriebsanweisung Explosionsschutzdokument	Selbsttätige Auslösung nachrüsten Müller bis 2013	☐
Freilager	Lagern von Holz	Holz	Brandstiftung	**Erhöht**	5 m Abstand zum Gebäude		Fläche markieren	☑
Lacklager	Lagerung brennbarer Flüssigkeiten	ca. 3.000 L brennbarer Flüssigkeiten	Keine	**Erhöht**	Eigener Lagerraum in feuerbeständiger Ausführung (TRGS 510) Brandmeldeanlage	Brandmeldeanlagenplanung	Vorhanden	
Schreinerei	Bearbeiten von Holz	Holz + Späne	Maschinen, insbesondere Sägen	**Erhöht**	Wiederkehrende Prüfungen der Arbeitsmittel Beseitigen anfallender Stäube	Prüfliste Reinigungsplan	Prüfungen organisieren Müller bis 8/2012	☐
Büro	Verwaltungstätigkeiten	Mobiliar, Kleber, Papier/Akten	Elektrogeräte, Rauchen	**Normal**	Keine aus GefStoffV		Entfällt	
Alle Bereiche	Grundsätzlich				Unterweisung der Beschäftigten Feuerlöscher nach ASR 13/1,2 Fluchtwege nach Baurecht, beschildert, Türen öffnen in Fluchtrichtung, nicht verriegelt BGV A3 Prüfung, Rauch- und Feuerverbot Arbeitsfreigabeverfahren bei Feuerarbeiten	Brandschutzordnung Flucht- und Rettungsplan Baugenehmigung	Umgang Feuerlöscher schulen	☑
Alle Bereiche	Nicht genannte Tätigkeiten	Unbekannt	i.d.R. vorhanden (Kerzen zu Weihnachten, Schweißarbeiten)	Erhöht oder hoch	Arbeitsfreigabe im Einzelfall	Arbeitsfreigabescheine	In Brandschutzordnung festlegen	☑

Dortmund, den 12.8.12 TW (Sifa)
weitere Beteiligte: RP (BetrL), ISK (BSB)

5.2 Explosionsfähige Atmosphäre

In diesem Abschnitt werden Gefährdungen durch Explosionen gefährlicher explosionsfähiger Atmosphären betrachtet. Dabei handelt es sich um stark exotherme chemische Reaktionen von brennbaren Stoff-(Luft-)Sauerstoff-Gemischen unter atmosphärischen Druck-Temperatur-Bedingungen - ausgelöst durch das Wirksamwerden einer Zündquelle.

Brände sind häufig eine solche Zündquelle. Umgekehrt lösen Explosionen oftmals einen Brand aus. Deshalb müssen Brand- und Explosionsgefährdungen systematisch betrachtet werden.

Hinweis: Hinsichtlich der Gefährdungen durch Explosionen von Explosivstoffen und pyrotechnischen Gegenständen siehe Abschnitt "Explosivstoffe".

5.2.1 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen

Explosionen gefährlicher explosionsfähiger Atmosphären verursachen oft sehr schwere Personen- und Sachschäden.

Explosionswirkungen

Die Gefährdungen ergeben sich im Wesentlichen durch Flammenwirkungen (zum Beispiel Hitze), Druckwirkungen und Sichtbehinderungen (Rauchentwicklung) sowie gegebenenfalls toxische Wirkungen, die die Atemluft so belasten, dass oft innerhalb weniger Minuten der Tod eintritt (zum Beispiel durch Monoxide).

Die Gefährdungen können sowohl Beschäftigte und gegebenenfalls Dritte an den Arbeitsplätzen als auch Dritte in der Umgebung der Arbeitsstätte (Nachbarschaft: andere Betriebe, öffentliche Einrichtungen, Anwohner) betreffen.

5.2.2 Grenzwerte, Beurteilungskriterien

Explosionsvoraussetzungen

Voraussetzung für die Explosion gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre ist das Vorhandensein eines brennbaren Stoffs und Luft (Luftsauerstoff als Oxidationsmittel) in einer gefährlichen explosionsfähigen Mischung (Gas-, Dampf-, Nebel- oder Staub-Luft-Gemische) sowie einer wirksamen Zündquelle.

Mit einer unmittelbaren Explosionsgefährdung ist zu rechnen, wenn brennbare Gase, Flüssigkeiten oder Stäube freigesetzt werden oder entstehen können und mit Luft eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre bilden und das mögliche Auftreten einer wirksamen Zündquelle nicht sicher verhindert wird.

Brennbare Flüssigkeiten bilden dann eine explosionsfähige Atmosphäre, wenn deren Dämpfe und Nebel sich in Luft entsprechend ausbreiten. Bei der Beurteilung ihrer Entstehung und Ausbreitung sind die örtlichen und betrieblichen Verhältnisse (zum Beispiel Temperaturen) zu beachten.

Explosionsgefahren beurteilen

Bei der Beurteilung der Explosionsgefahren durch brennbare Stäube sollte man Abfallstäube besonders betrachten, weil Abfallstäube hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und Menge sowie Korngrößen mitunter erheblich differieren können.

Brennbare Stäube können als abgelagerte Stäube oder im aufgewirbelten Zustand vorliegen. Zu berücksichtigen ist, dass aufgewirbelter Staub unter bestimmten Umständen sedimentieren und somit zu Staubablagerungen unterschiedlicher Schichten-Zusammensetzung führen kann, und dass mit dem Aufwirbeln des abgelagerten Staubs zu rechnen ist. Für abgelagerte beziehungsweise aufgewirbelte Stäube gibt es unterschiedliche sicherheitstechnische Kenngrößen (zum Beispiel VDI-Richtlinie 2263 Blatt 1).

Kenngrößen und Stoffdaten

Zur Beurteilung der Explosionsgefährdung durch die einzelnen Stoffe ist die Kenntnis der Kenngrößen und Stoffdaten erforderlich. Die Kenngrößen erhält man aus Sicherheitsdatenblättern für Gefahrstoffe und Nachschlagewerken sowie auch öffentlich zugänglichen Datenbanken (siehe Internetangebote/Links).

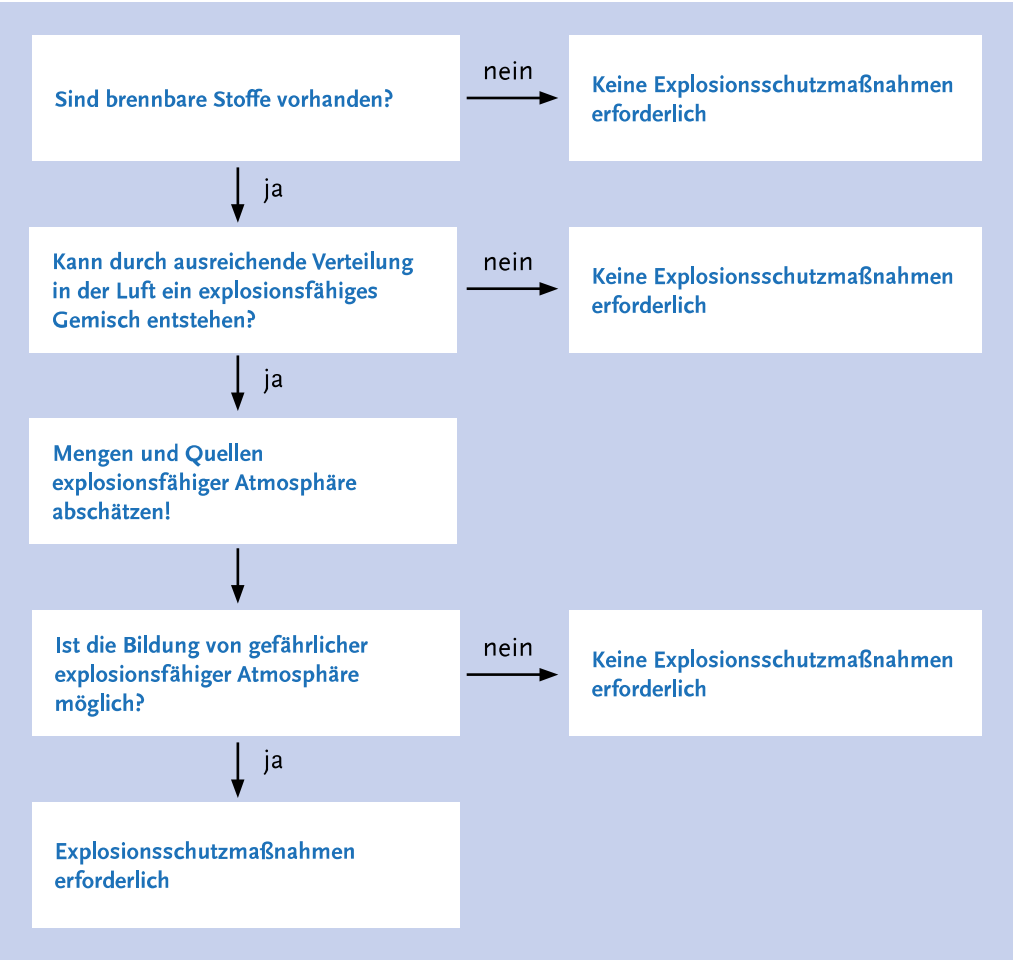


Abbildung 5.2-1. Schema zur Erkennung möglicher Explosionsgefahren und Explosionsschutzmaßnahmen

5.2.3 Arbeitsschutzmaßnahmen

Ermittlung und Bewertung von Explosionsgefährdungen

Die Gefahrstoffverordnung fordert in § 6 den Arbeitgeber auf, zu ermitteln,
- ob das Vorhandensein von Gefahrstoffen zu explosionsfähigen Atmosphären führen kann,
- Zündquellen für diese explosionsgefährlichen Atmosphären existieren und
- wie die Auswirkungen einer Explosion wären.

Damit sind die wesentlichen Pflichten zu Maßnahmen von der Betriebssicherheitsverordnung in die Gefahrstoffverordnung verschoben worden [7].

Des Weiteren sind die
- ermittelten und bewerteten Explosionsgefährdungen,
- die notwendigen Schutzmaßnahmen (Explosionsschutzkonzept),
- die eingeteilten Zonen,
- die Regelungen für Fremdfirmen und
- die notwendigen Überprüfungen und Prüfungen nach Betriebssicherheitsverordnung

zu dokumentieren.

Die TRBS 1111 stellt die grundlegenden Anforderungen an die Gefährdungsbeurteilung und sicherheitstechnische Bewertung auch hinsichtlich der Ermittlung und Bewertung von Explosionsgefährdungen dar.

Die TRBS 1201 enthält die grundlegenden Informationen und Anforderungen an alle Prüfungen, die im Rahmen der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) durchzuführen sind.

Die TRBS 1201 Teil 1 gilt für die Ermittlung und die Durchführung der besonderen Prüfungen zum Explosionsschutz an
- überwachungsbedürftigen Anlagen nach § 1 Absatz 2 Nummer 3 BetrSichV,
- anderen Arbeitsmitteln sowie Einrichtungen und Verbindungselementen auch außerhalb der explosionsgefährdeten Bereiche, sofern diese den explosionssicheren Betrieb der überwachungsbedürftigen Anlagen beeinflussen.

Nr. 3.3 Abs. 5 der TRGS 407 zeigt z. B. für Gase, welche Parameter der Arbeitgeber mindestens ermitteln und an den Hersteller weitergeben muss, um geeignete explosionsgeschützte Betriebsmittel zu beschaffen zu können.

Bewertung anhand technischer Regeln

Nummer 5 der TRBS 1201 Teil 1 befasst sich mit der Überprüfung der Explosionssicherheit von Arbeitsplätzen in explosionsgefährdeten Bereichen nach Anhang 1, Nr. 1.4 Abs. 3 Nr. 1 GefStoffV.

Die TRBS 1203 beschreibt die Anforderungen an befähigte Personen, die Prüfungen durchführen sollen. Dabei gehen die Anforderungen an befähigte Personen, die Prüfungen im Bereich des Explosionsschutzes durchführen, über die allgemeinen Anforderungen hinaus.

Die TRBS 2152/TRGS 720 gilt für die Beurteilung der Explosionsgefährdungen durch Stoffe, die gefährliche explosionsfähige Atmosphäre bilden können und für die Auswahl und Durchführung geeigneter Schutzmaßnahmen. Diese Technische Regel gilt nicht für eine Beurteilung der Maßnahmen zum Vermeiden von Gefährdungen durch explosionsfähige Gemische unter anderen als atmosphärischen Bedingungen (erhöhter Druck, erhöhte Temperatur) oder mit anderem Reaktionspartner als Luft sowie Gefährdungen durch chemisch instabile Stoffe.

Die einschlägigen Explosionsschutz-Regeln sind mit hilfreichen Bemerkungen und Hinweisen an den erforderlichen Stellen versehen, die wertvolle zusätzliche Informationen enthalten. Die Hinweise beschreiben besondere Umstände, die der vertieften Behandlung durch den Anwender bedürfen. Die Bemerkungen dienen der näheren Erläuterung eines Sachverhalts. Die TRBS 2152/TRGS 720 stellt zudem grundlegende Begriffsdefinitionen zur Verfügung.

Die TRBS 2152 Teil 1/TRGS 721 konkretisiert die Anforderungen an die Beurteilung von Explosionsgefährdungen durch explosionsfähige Atmosphären. Diese TRBS stellt die Grundlagen und die Beurteilungsmaßstäbe zur Verfügung, zu denen insbesondere auch die Berücksichtigung der dezidierten Eigenschaften der Stoffe gehört.

Die TRBS 2152 Teil 2/TRGS 722 greift den Ansatz des primären Explosionsschutzes auf, indem sie die Anforderungen zur Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre bereitstellt. Sie gilt sowohl für Arbeitsmittel als auch überwachungsbedürftige Anlagen; auch wenn in dieser Technischen Regel immer

Bezug auf Anlagen und Anlagenteile genommen wird, erstreckt sich ihre Anwendung auf Arbeitsmittel und überwachungsbedürftige Anlagen.

Die TRGS 724 greift den Ansatz des tertiären Explosionsschutzes auf, indem sie die Maßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes beschreibt, die die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken.
Hierzu gehören:

- explosionsfeste Bauweise,
- Explosionsdruckentlastung,
- Explosionsunterdrückung,
- explosionstechnische Entkopplung (von Flammen und Druck).

Die Maßnahmen in dieser TRBS gelten hinsichtlich ihrer Anforderungen an die Beschaffenheit nur für Anlagen, Geräte und Ausrüstungen, die nicht Geräte und Schutzsysteme im Sinne der Explosionsschutzverordnung (11. ProdSV) sind. Sie definiert auch eine Vielzahl von Begriffen, die für den konstruktiven Explosionsschutz relevant sind und stellt die erforderlichen Maßnahmen zur Verfügung.
Maßnahmen gegen elektrostatische Aufladung als Zündquelle beschreibt TRGS 727.

5.2.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur

Gesetze, Verordnungen

- Gesetz über die Bereitstellung von Produkten auf dem Markt (Produktsicherheitsgesetz - ProdSG)
- Elfte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Explosionsschutzverordnung) (11. ProdSV)
- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)
- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)

Technische Regelwerke zu den Arbeitsschutzverordnungen

- TRGS 400: Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen
- TRGS 407: Tätigkeiten mit Gasen - Gefährdungsbeurteilung
- TRGS 725: Explosionsschutzmaßnahmen mit Mitteln der Prozessleittechnik
- TRGS 727: Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen
- TRGS 723: Gefährliche explosionsfähige Gemische - Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Gemische
- TRGS 724: Gefährliche explosionsfähige Gemische - Maßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes, welche die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken
- TRBS 1111: Gefährdungsbeurteilung und sicherheitstechnische Bewertung
- TRBS 1151: Gefährdungen an der Schnittstelle Mensch - Arbeitsmittel - Ergonomische und menschliche Faktoren
- TRBS 1201: Prüfungen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen
- TRBS 1201 Teil 1: Prüfung von Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen und Überprüfung von Arbeitsplätzen in explosionsgefährdeten Bereichen
- TRBS 1201 Teil 3: Instandsetzung an Geräten, Schutzsystemen, Sicherheits-, Kontroll- und Regelvorrichtungen im Sinne der Richtlinie 94/9/EG - Ermittlung der Prüfnotwendigkeit gemäß § 14 Abs. 6 BetrSichV
- TRBS 1203: Befähigte Personen
- TRBS 2152/TRGS 720: Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre - Allgemeines
- TRBS 2152 Teil 1/TRGS 721: Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre - Beurteilung der Explosionsgefährdung
- TRBS 2152 Teil 2/TRGS 722: Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre
- TRBS 3151/TRGS 751: Vermeidung von Brand-, Explosions- und Druckgefährdungen an Tankstellen und Füllanlagen zur Befüllung von Landfahrzeugen

Berufsgenossenschaftliches Regelwerk

- DGUV Regel 100-500 (bisher BGR 500): Betreiben von Arbeitsmitteln
  (insbesondere Kapitel 2.26 und 2.39)
- DGUV Regel 113-001 (bisher BGR 104): Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)
- DGUV Information 213-057 (bisher BGI 518): Gaswarneinrichtungen für den Explosionsschutz Einsatz und Betrieb

Weitere Regeln der Technik

- VDI 2263: Richtlinie Staubbrände und Staubexplosionen; Gefahren - Beurteilung - Schutzmaßnahmen
- VDI 2263 Blatt 1: Staubbrände und Staubexplosionen; Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen; Untersuchungsmethoden zur Ermittlung von sicherheitstechnischen Kenngrößen von Stäuben
- VDI 2263 Blatt 2: Staubbrände und Staubexplosionen; Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen; Inertisierung
- VDI 2263 Blatt 3: Staubbrände und Staubexplosionen; Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen; Explosionsdruckstoßfeste Behälter und Apparate; Berechnung, Bau und Prüfung
- VDI 2263 Blatt 4: Staubbrände und Staubexplosionen; Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen; Unterdrückung von Staubexplosionen
- VDI 2263 Blatt 5: Staubbrände und Staubexplosionen - Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen - Explosionsschutz bei Wirbelschichtanlagen
- VDI 2263 Blatt 5.1: Staubbrände und Staubexplosionen - Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen - Explosionsschutz bei Wirbelschichtanlagen; Hinweise und Ausführungsbeispiele für Hersteller und Betreiber
- VDI 2263 Blatt 6: Staubbrände und Staubexplosionen - Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen - Brand- und Explosionsschutz an Entstaubungsanlagen
- VDI 2263 Blatt 6.1: Staubbrände und Staubexplosionen - Gefahren - Beurteilung - Schutzmaßnahmen - Brand- und Explosionsschutz an Entstaubungsanlagen; Beispiele

- VDI 2263 Blatt 7: Staubbrände und Staubexplosionen - Gefahren - Beurteilung - Schutzmaßnahmen - Brand- und Explosionsschutz an Sprühtrocknungsanlagen
- VDI 2263 Blatt 7.1: Staubbrände und Staubexplosionen - Gefahren - Beurteilung - Schutzmaßnahmen - Brand- und Explosionsschutz an Sprühtrocknungsanlagen - Beispiele
- VDI 2263 Blatt 8: Staubbrände und Staubexplosionen - Gefahren - Beurteilung - Schutzmaßnahmen - Brand- und Explosionsschutz an Elevatoren
- VDI 2263 Blatt 8.1: Staubbrände und Staubexplosionen - Gefahren - Beurteilung - Schutzmaßnahmen - Brand- und Explosionsschutz an Elevatoren - Beispiele
- VDI 2263 Blatt 9: Staubbrände und Staubexplosionen - Gefahren - Beurteilungen - Schutzmaßnahmen - Bestimmungen des Staubungsverhaltens von Schüttgütern
- VDI 3673 Blatt 1: Druckentlastung von Staubexplosionen

Geltendes EU-Recht

- **Richtlinie 1999/92/EG** des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 1999 über die Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphären gefährdet werden können (ABl. L 23 vom 28.01.2000, S. 57)
- **Richtlinie 2014/34/EU** des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen (Abl. L 96 vom 29.03.2014, S. 309)
- **Mitteilung der Kommission** über den nicht verbindlichen Leitfaden für bewährte Verfahren im Hinblick auf die Durchführung der Richtlinie 1999/92/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphären gefährdet werden können

Literatur

- [1] Fähnrich, R.; Mattes, H.:
  Explosionsschutz: Kommentar zur ExVO und BetrSichV.
  Berlin: Schmidt 2004
- [2]Raths, H.-P.:
  Sicherheit bei brennbaren Stoffen: Gefahrstoffschutz und Betriebssicherheit.
  Landsberg: Ecomed 2012 (Loseblattsammlung)
- [3] Bartknecht, W.:
  Explosionsschutz: Grundlagen und Anwendung.
  Berlin: Springer 1993
- [4] Bartknecht, W.:
  Staubexplosionen: Ablauf und Schutzmaßnahmen.
  Berlin: Springer 1987
- [5] Stehen, H. (Hrsg.):
  Handbuch des Explosionsschutzes.
  Weinheim: Wiley-VCH 2000
- [6] BIA-Handbuch:
  Brenn- und Explosions-Kenngrößen von Stäuben.
  Sonderdruck der sicherheitstechnischen Informations- und Arbeitsblätter 140 260 - 140 279.
  Bielefeld: Erich Schmidt 1985
- [7] Wolf, T.:
  Explosionsschutz nun in der Gefahrstoffverordnung geregelt.
  REACH & CLP-Navigator, Ausgabe Juli 2015, S. 2 - 4

Internetangebote/Links

- **Begriffsglossar** zu den Regelwerken der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV), der Biostoffverordnung (BioStoffV) und der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)
  Stand Juli 2013. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
- Stoffdatenbanken zur Beurteilung von Gefahrstoffen
  - **GESTIS-Stoffdatenbank**
    Gefahrstoffsystem der gewerblichen Berufsgenossenschaften

- **GESTIS-Staubdatenbank**
- **IGS-public: Informationssystem für gefährliche Stoffe**

– Gefährdungsbeurteilungshilfen

- **Gefährdungsbeurteilung Explosionsrisiken** - Ausführliche Informationen und Muster-Explosisonsschutzdokumente für den Offsetdruck
  ein Angebot der Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BG ETEM)
- **Explosionsschutz** - Katalog zum Erstellen von Gefährdungsbeurteilungen
  ein Angebot der Verwaltungs-Berufsgenossenschaft

– Fachliche Herstellerbroschüren

- **Grundlagen Explosionsschutz**
  Überblick über wesentlichen Gesichtspunkte des Explosionsschutzes.
  (Hrsg.: Cooper Crouse-Hinds GmbH)
- **Grundlagen Explosionsschutz**
  Explosionsschutz im Zusammenhang mit elektrischen Betriebsmitteln und Anlagen.
  (Hrsg.: R. Stahl AG)
- **Explosionsschutz - Richtlinien und Grundlagen**
  Einführung und Übersicht zum Explosionsschutz - Anforderungen an Geräte und Schutzsysteme zum Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen.
  (Hrsg.: Endress+Hauser Messtechnik GmbH+Co. KG)
- **Grundlagen Explosionsschutz**
  Explosionsschutz, Schutzprinzipien, Zündschutzarten, Kennzeichnung.
  (Hrsg.: BARTEC Top Holding GmbH)

– Informationsportale Explosionsschutz

- **Gemeinsames Brand- und Explosionsschutzportal** der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) und der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)
- **Explosionsschutzportal der BG RCI**
- **Flüssiggasanlagenportal der BGN** mit Fachartikeln zum Thema "Explosionsschutz"

5.2.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

– Sind brennbare Stoffe vorhanden?
– Kann durch ausreichende Verteilung in Luft ein explosionsfähiges Gemisch entstehen?
– Ist die Bildung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre möglich?
– Ist die Bildung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre völlig verhindert?
– Ist die Entzündung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre sicher verhindert?

Festgestellte Gefährdungen/Mängel

– Explosionsgefährdungen durch gefährliche explosionsfähige Atmosphäre
– Entstehungsbrände/Feuer
– Verbrennungen
– Sauerstoffmangel
– Vergiftungen
– Druckgefährdungen
– Knalltraumata
– umherfliegende Gegenstände
– Übergreifen der Explosion auf andere explosionsgefährdete Bereiche

Maßnahmen

– Abschätzung von Quellen und Mengen explosionsfähiger Atmosphäre erforderlich!
– Einsatz nicht brennbarer Stoffe
– technische Lüftung
– Explosionsschutzmaßnahmen erforderlich!
– Die Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre so weit wie möglich einschränken!
– Wenn gefährliche explosionsfähige Atmosphäre vorhanden, dann Zoneneinteilung wie folgt vornehmen:

Tabelle 5.2-1 Zoneneinteilung

gefährliche explosionsfähige Atmosphäre	ständig, langzeitig oder häufig	gelegentlich	selten und kurzzeitig
durch Gase, Dämpfe, Nebel	Zone 0	Zone 1	Zone 2
durch Stäube	Zone 20	Zone 21	Zone 22

– Vermeidung von wirksamen Zündquellen!
(in den Zonen 20, 21 und 22 ist auch die Möglichkeit der Entzündung von abgelagertem Staub zu berücksichtigen)
– Weitere Explosionsschutzmaßnahmen erforderlich!
– Konstruktive Maßnahmen, die die Auswirkungen einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken!

Weitere Musterchecklisten

– SUVA-Checkliste "Statische Elektrizität"
– SUVA-Checkliste "Explosionsrisiken"

Vorlagen für Explosionsschutzdokumente

– Muster eines Explosionsschutzdokuments
Quelle: BG BAU
– BGHM-Beispiele

- BG RCI-Beispiele
- FSA-Beispiele

5.2.6 Autoren und Ansprechpartner

Autoren:

- Dipl.-Ing. R. Fähnrich
- Dr. T. Wolf
- K. Wiechen, M. Sc.
- Dipl.-Ing. Annette Wilmes

Ansprechpartnerin

- Dipl.-Ing. Annette Wilmes
  BAuA, Gruppe 4.6, Dortmund

5.3 Explosivstoffe und pyrotechnische Gegenstände

Definition nach Sprengstoffgesetz

Explosivstoffe und pyrotechnische Gegenstände werden über das Sprengstoffgesetz (SprengG) definiert. Sie enthalten beziehungsweise bestehen aus explosionsgefährlichen Stoffen. Feste oder flüssige Stoffe beziehungsweise Gemische sind dann explosionsgefährlich, wenn sie durch eine nicht außergewöhnliche thermische, mechanische oder andere Beanspruchung zur Explosion gebracht werden können. Hierbei sind die in Anhang I, Teil A.14 der Verordnung (EG) Nr. 440/2008 der Kommission vom 30. Mai 2008 zur Festlegung von Prüfmethoden gemäß der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH) festgelegten Prüfmethoden anzuwenden. Ob ein explosionsgefährlicher Stoff ein Explosivstoff oder ein pyrotechnischer Gegenstand ist, ergibt sich aus seiner Verwendung.

Explosivstoffe

Explosivstoffe sind Sprengstoffe, Treibstoffe, Zündstoffe und Gegenstände, die diese Stoffe beinhalten, sowie pyrotechnische Sätze. Eine Liste der Explosivstoffe enthält Anlage III zum SprengG. Explosionsgefährliche Stoffe, die zur Herstellung von Explosivstoffen dienen, sind den Explosivstoffen gleichgestellt.

Pyrotechnische Gegenstände

Pyrotechnische Gegenstände sind solche Gegenstände, die Vergnügungs- oder technischen Zwecken dienen und in denen explosionsgefährliche Stoffe oder Stoffgemische enthalten und dazu bestimmt sind, unter Ausnutzung der in diesen enthaltenen Energie Licht-, Schall-, Rauch-, Nebel-, Heiz-, Druck- oder Bewegungswirkungen zu erzeugen.

Grundsätzlich ist festzustellen, dass explosionsgefährliche Stoffe im Molekül oder in den jeweiligen Mischungen brennbare und sauerstoffliefernde Bestandteile enthalten. Hierbei handelt es sich meist um Stoffe mit Sauerstoff-Stickstoff-Verbindungen, wie Nitrite, Nitrate, Nitro- oder Nitroso-Verbindungen, oder auch mit Sauerstoff-Chlor-Gruppen (Chlorate, Perchlorate). Ausnahmen von der Reaktion mit disponiblem Sauerstoff bilden einige Stoffe (zum Beispiel Azide), bei deren Zersetzung in die Elemente genügend Energie und Gasvolumen (Stickstoff) für den Explosionsprozess frei werden.

Sicherheitstechnisch bedeutet dies, dass diese Stoffe und Stoffgemische jederzeit reaktionsfähig sind. Ob eine Reaktion stattfindet, hängt vom Auslösepotential ab (Zündquellen). Im Folgenden wird aus Gründen der Vereinfachung - soweit nicht weiter ausgeführt – nur der Begriff Explosivstoff verwendet, obwohl prinzipiell auch pyrotechnische Gegenstände gemeint sind.

5.3.1 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen

Umsetzungsarten und Wirkungen von Explosivstoffen

Je nach Geschwindigkeit der Umsetzung von Explosivstoffen wird unterschieden zwischen

- Deflagration, die chemische Umsetzung mit Flammenbildung, die mit Unterschallgeschwindigkeit abläuft, ohne den Sauerstoff der Umgebung zu benötigen;
- Detonation, die chemische Umsetzung, die mit Überschallgeschwindigkeit unter Bildung einer Stoßwelle abläuft.

Die Umsetzung ist mit folgenden Wirkungen verbunden:

- Luftstoßwirkung
- Bodenstoß- und Kraterwirkung
- Wirkung durch Spreng- und Wurfstücke
- thermische Wirkung durch Flammen und Wärmestrahlung
- Wirkung der Explosionsschwaden

Luftstoßwirkung

Bei der Oberflächendetonation eines Explosivstoffs kommt es zur Ausbildung einer Luftstoßwelle, die sich mit sehr hoher Anfangsgeschwindigkeit vom Detonationsort ausbreitet. Der Überdruck in der Stoßwellenfront nimmt mit zunehmender Entfernung vom Detonationsort ab und gleichzeitig nimmt die Dauer des Luftstoßimpulses zu. Die Zusammenhänge zwischen den Stoßwellenparametern und dem Abstand vom Detonationsort beschreiben Skalierungsgesetze. Nach dem Skalierungsgesetz von Cranz verhalten sich die Entfernungen vom Detonationsort, in denen der gleiche Stoßdruck herrscht, wie die dritten Wurzeln aus den Massen der gleichen Explosivstoffladungen. Die Luftstoßwirkung wird unter anderem durch den Druck der normal reflektierten Luftstoßwelle erfasst. In Abhängigkeit vom skalierten Abstand k zwischen Donator und Akzeptor sind die Druckwirkungen in Tabelle 5.3-1 beschrieben. Als Donatoren werden gefährdende Objekte bezeichnet. Die Objekte, die einer Gefährdung ausgesetzt sind, nennt man Akzeptoren. Der Faktor k ist definiert als

$k = E / m^{1/3}$

(mit E = Entfernung in Metern und m = Nettoexplosivstoffmasse in kg).

Tabelle 5.3-1 Luftstoßdruck in Abhängigkeit vom skalierten Abstand k (Orientierungswerte)

Skalierter Abstand k in $m/kg^{1/3}$	Überdruck in der normal reflektierten Luftstoßwelle in kPa
2	600 1100
5	80 130
10	26 31
15	15 18
20	10 13
22	9 11,5

Der Luftstoßdruck bewirkt die in den Tabellen 5.3-2 bis 5.3-4 dargestellten typischen Verletzungen von Personen bzw. Schäden an Gebäuden.

Tabelle 5.3-2 Schadensbilder von Luftstoßwellen (Orientierungswerte

Schadensbild	Überdruck in der normal reflektierten Luftstoßwelle in kPa (Schwellenwert)
Fensterscheiben, Fensterrahmen, Türen (beschädigt bis zerstört)	2,5 14
Dächer (beschädigt bis zerstört)	5 17
50-%-Grenze für Trommelfellschäden	11 14
Leichte Wandverkleidung (beschädigt bis zerstört)	14 30
Ziegelsteinmauer (beschädigt bis zerstört)	30 150
Stahlskelette leichter Gebäude (beschädigt)	30 250
Backsteingebäude (beschädigt bis zerstört)	30 360
Lungenschäden (stark impulsabhängig)	50 100
Betonbauten und Stahlbetonbauten (beschädigt bis zerstört)	180 5000
Tod des Menschen	140 .....

Tabelle 5.3-3 Verletzungen von Personen in Abhängigkeit von der Entfernung zum Detonationsort in Metern (orientierende Werte)

Explosivstoffmasse in kg	< 1% leichte Kopfverletzungen	< 1 % Gehörschäden
4.000	~ 320 m	~ 200 m
10.000	~ 430 m	~ 280 m
20.000	~ 550 m	~ 350 m
40.000	~ 700 m	~ 450 m
60.000	~ 800 m	~ 500 m

Die Schäden an Gebäuden durch Luftstoßwirkung in Abhängigkeit von der Explosivstoffmasse und der Entfernung vom Detonationsort werden in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 5.3-4 Schäden in Abhängigkeit von der Entfernung in Metern (Orientierungswerte)

Schadensbild	Explosivstoff-masse 4.000 kg	Explosivstoff-masse 10.000 kg	Explosivstoff-masse 20.000 kg	Explosivstoff-masse 40.000 kg	Explosivstoff-masse 60.000 kg
totale Gebäudeschäden	50 m	60 m	80 m	100 m	110 m
schwere Gebäudeschäden	110 m	140 m	180 m	230 m	260 m
mittlere Gebäudeschäden	160 m	210 m	270 m	340 m	390 m
leichte Gebäudeschäden	180 m	240 m	300 m	380 m	440 m
geringe Gebäudeschäden (zum Beispiel Fensterschäden)	270 m	370 m	460 m	580 m	670 m

Bodenstoß- und Kraterwirkung

Die Bodenstoß- und Kraterwirkung liegt bei Detonationen hinsichtlich ihrer Schadenswirkung deutlich unter der Schadenswirkung des Luftstoßes. Die Bodenstoßwirkung muss im Hinblick auf die Standfestigkeit von Wänden und Gebäuden berücksichtigt werden. Innerhalb des Kraterradius ist mit einer sympathetischen Detonationsübertragung (gleichzeitige Detonation der gesamten Explosivstoffmasse) zu rechnen.

Wirkung durch Spreng- und Wurfstücke

Bei einer Explosion können Gebäude- oder Maschinenteile, aber auch Teile explodierender Gegenstände vom Explosionsort weggeschleudert werden. Die Wurfweite ist unter anderem abhängig von Art und Masse des Explosivstoffes, den Einschlussbedingungen sowie der Bauausführung des Gebäudes und lässt sich quantitativ nur sehr schwer beschreiben. Unter bestimmten Bedingungen treten Wurfweiten von mehreren hundert Metern auf. Spreng- und Wurfstücke bilden somit eine zusätzliche Gefährdung insbesondere für ungeschützte Personen.

Für die Gefährdung durch Wurfstücke wird international die Wurfstückdichte (Einheit: kg/m²) herangezogen. In Gebäuden wird mit einer Letalität von unter 1% gerechnet, wenn die Wurfstückdichte etwa 1 kg/m² beträgt. In nachstehender Zusammenstellung sind die Entfernungen, bei denen diese Gefährdung auftritt, in Abhängigkeit von der Explosivstoffmasse aufgeführt:

Tabelle 5.3-5 Entfernungsangaben für die Wurfstückdichte 1 kg/m2 (Orientierungswerte)

Explosivstoffmasse in kg	Entfernungen in m (Wurfstückdichte 1 kg/m²)
4.000	63
10.000	90
20.000	118
40.000	154
60.000	180

Des Weiteren ist mit zusätzlicher Sprengstückwirkung zu rechnen, wenn mit großkalibrigen Geschossen, Bomben oder Gefechtsköpfen umgegangen wird. Die Wirkung ist im Einzelfall im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung abzuschätzen. Hierbei sind mit Splitterreichweiten von bis zu 1.000 m zu rechnen.

Splitterwirkungen werden als gefährlich eingestuft, wenn die Splitter eine kinetische Energie von ≥ 80 J haben und die Splitterdichte 1 Splitter pro 56 m² beträgt.

Thermische Wirkung

Die Wirkung der Wärmestrahlung kann durch ein Feuerballmodell charakterisiert werden. Danach berechnet sich der maximale Durchmesser des Feuerballs zu

$$D = 3{,}7675M^{0{,}325}$$

wobei M die Masse des abbrennenden Stoffs in kg ist. Die bei einem sehr schnellen Abbrand (Deflagration) entstehende Druckwelle kann vernachlässigt werden, da diese wesentlich geringer ist als bei der beschriebenen Gefährdung durch Luftstoßdruck bei gleicher Explosivstoffmenge.

In der folgenden Aufstellung sind in Abhängigkeit von der Explosivstoffmasse Feuerballdurchmesser und Wirkungsdauer angegeben.

Tabelle 5.3-6 Angaben zum Feuerball (Orientierungswerte)

Explosivstoffmasse in kg	Durchmesser in m	Wirkungsdauer in s
4.000	56	4,7
10.000	75	6,4
20.000	94	8,2
40.000	118	10,4
60.000	134	12,0

Wirkung der Explosionsschwaden

Bei der Umsetzung von Explosivstoffen entstehen hauptsächlich gasförmige Reaktionsprodukte, die sogenannten Explosionsschwaden, deren Art und Mengenanteile maßgeblich von der chemischen Zusammensetzung des Explosivstoffs und den Umsetzungsbedingungen abhängig sind.

Die hauptsächlichen gasförmigen Reaktionsprodukte von Explosivstoffen sind Kohlendioxid, Stickstoff und Wasserdampf. In zumeist geringeren Mengenanteilen entstehen jedoch auch – je nach Zusammensetzung des Explosivstoffs – toxische und reizend wirkende Gase, wie Kohlenmonoxid, nitrose Gase, Schwefeldioxid, Schwefelwasserstoff, Ammoniak, Chlorwasserstoff und so weiter.

Im Allgemeinen ist die Wirkung der toxischen Schwadenbestandteile im Vergleich zu den anderen genannten Wirkungen von Explosivstoffen als untergeordnet einzustufen, da im Freien oder bei guter Belüftung eine schnelle Verdünnung der Gase eintritt. Gesundheitsgefährdungen können jedoch bei nicht ausreichender Belüftung entstehen, zum Beispiel in geschlossenen Räumen oder bei der Verwendung von Explosivstoffen im untertägigen Bergbau.

Toxikologische Gefährdungen

Gesundheitsgefährdungen

Beim Umgang mit offenem Explosivstoff am Arbeitsplatz kann insbesondere eine Inhalation von Stäuben und Dämpfen oder eine Aufnahme über die Haut zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen der Beschäftigten führen. Durch eine entsprechende Belüftung der Gebäude und Anlegen von Handschuhen wird diese Gefährdung weitgehend ausgeschlossen. Es muss aber beachtet werden, dass einige Explosivstoffe wie zum Beispiel DNT, Hexogen und Nitroglycerin kanzerogene Wirkung auf den Menschen haben. Weiterhin ist auch bekannt, dass Nitropenta mutagen ist. Nitroglycerin besitzt darüber hinaus auch ein teratogenes Potential.

Arbeitsplatzgrenzwert

Nach der Novellierung der Gefahrstoffverordnung 2005 ist der Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) nach der TRGS 900 maßgeblich. Weitere Angaben lassen sich aus Sicherheitsdatenblättern entnehmen.

Bei der Anwendung oder Vernichtung von Explosivstoffen ist des Weiteren eine Gefährdung der Beschäftigten durch die Ausbreitung toxischer Schwaden zu beachten (siehe Abschnitt "Gefahrstoffe").

5.3.2 Grenzwerte, Beurteilungskriterien

Sicherheitstechnische Kenngrößen

Im Folgenden sollen die für explosionsgefährliche Stoffe charakteristischen sicherheitstechnischen Kenngrößen dargelegt werden.

Prüfung der chemischen und thermischen Beständigkeit

Die Prüfung dient dem Nachweis der Verträglichkeit der Stoffbestandteile und der Beständigkeit bei höheren Temperaturen. Eine bewährte Prüfmethode ist eine Warmlagerung bei 75 °C über 7 Tage im offenen oder lose verschlossenen Prüfglas.

Verhalten gegenüber thermischer Einwirkung

- Entzündungstemperatur, zum Beispiel im Woodschen Metallbad
- Entzündlichkeit durch Cereisenfunken (erzeugt durch Feuerstein)
- Entzündlichkeit durch den Feuerstrahl einer Schwarzpulveranzündschnur
- Entzündlichkeit durch Gasstrahl
- Entzündlichkeit durch rotglühenden Stahlstab
- Entzündlichkeit und Verbrennungsdauer in einer rotglühenden Stahlschale

Stahlhülsenversuch

- Verhalten beim Erhitzen unter Einschluss. Diese Prüfmethode liefert quantitative Ergebnisse und eine Antwort auf die Frage, ob ein Stoff auch in kleiner Menge ohne vollständigen Einschluss explodieren kann.

Mechanische Sensibilität

- Schlagempfindlichkeit ermitteln mit dem BAM-Fallhammer
- Reibempfindlichkeit ermitteln mit dem BAM-Reibapparat

Sensibilität gegen Detonationsstoß in beidseitig geschlossenen Stahlrohren

Die Ermittlung der Fähigkeit eines Stoffs, eine eingeleitete Detonation weiterleiten zu können, erfolgt in 1"-, 2"- und 4"-Stahlrohren mit den möglichen Ergebnissen

- keine Weiterleitung,
- teilweise Weiterleitung oder
- Weiterleitung.

Sensibilität gegenüber elektrostatischer Aufladung

- Ermittlung der Fähigkeit eines Stoffs sich bei elektrostatischer Aufladung umzusetzen.
- Ermittlung der Mindestzündenergie
- Für Treibladungspulver erfolgt die Prüfung nach DIN EN 13938-2

Als weitere Kenndaten kommen infrage:

- Detonationsgeschwindigkeit
- O_2-Bilanz
- Explosionswärme
- Normalgasvolumen
- Dichte
- Schmelztemperatur
- Zersetzungstemperaturen
- Kalorimetrische Kenndaten

Klassifizierung der Wirkungen

Die Wirkungen der Explosivstoffe werden in folgende vier Gefahrgruppen eingeteilt:

Gefahrgruppe 1.1

Die Explosivstoffe dieser Gruppe können in der Masse explodieren. Die Umgebung ist durch Druckwirkung (Stoßwellen), durch Flammen und durch Spreng- und Wurfstücke gefährdet; bei starkmanteligen Gegenständen ist

eine zusätzliche Gefährdung durch Sprengstücke vorhanden.

Gefahrgruppe 1.2

Die Explosivstoffe dieser Gruppe explodieren nicht in der Masse. Gegenstände explodieren bei einem Brand zunächst einzeln. Im Verlauf des Brands nimmt die Zahl der gleichzeitig explodierenden Gegenstände zu. Die Druckwirkung (Stoßwellen) der Explosionen ist auf die unmittelbare Umgebung beschränkt; an Bauwerken der Umgebung entstehen keine oder nur geringe Schäden. Die weitere Umgebung ist durch leichte Sprengstücke und durch Flugfeuer gefährdet. Fortgeschleuderte Gegenstände können beim Aufschlag explodieren und so Brände und Explosionen übertragen; bei starkmanteligen Gegenständen ist eine zusätzliche Gefährdung durch Sprengstücke vorhanden.

Gefahrgruppe 1.3

Die Explosivstoffe dieser Gruppe explodieren nicht in der Masse. Sie brennen sehr heftig und unter starker Wärmeentwicklung ab, der Brand breitet sich rasch aus. Die Umgebung ist hauptsächlich durch Flammen, Wärmestrahlung und Flugfeuer gefährdet. Gegenstände können vereinzelt explodieren, einzelne brennende Packstücke und Gegenstände können fortgeschleudert werden. Die Gefährdung der Umgebung durch Sprengstücke ist gering. Die Bauten in der Umgebung sind im Allgemeinen durch Druckwirkung (Stoßwellen) nicht gefährdet.

Gefahrgruppe 1.4

Die Explosivstoffe dieser Gruppe stellen keine bedeutsame Gefahr dar. Sie brennen ab, einzelne Gegenstände können auch explodieren. Die Auswirkungen sind weitgehend auf das Packstück beschränkt. Sprengstücke gefährlicher Größe und Flugweite entstehen nicht. Ein Brand ruft keine Explosion des gesamten Inhalts eines Packstücks hervor.

In anderen Rechtsbereichen, wie dem Gefahrguttransport- und dem Gefahrstoffrecht, gibt es zusätzlich die Transport- bzw. die Gefahrklassen 1.5 und 1.6, die besonders unempfindliche Stoffe und Gegenstände beschreiben. Die Wirkungen der Stoffe und Gegenstände sind jedoch vergleichbar mit denen der Gefahrgruppe 1.1 bzw. 1.2.
In den sicherheitstechnischen Regelwerken (z.B. im Sprengstoffrecht, berufsgenossenschaftliche Vorschriften), die im Wesentlichen wirkungsbasiert sind, werden deshalb nur Schutzmaßnahmen (betrifft insbesondere den tertiären und quartären Explosionsschutz) für die Gefahrgruppen 1.1 bis 1.4 abgeleitet. Das heißt, im Herstellungsprozess werden lediglich die oben angeführten Gefahrgruppen angewendet. Die sicherheitstechnische Bewertung bei der Herstellung erfolgt in Abhängigkeit der vier Gefahrgruppen, wobei hinsichtlich des primären und sekundären Explosionsschutzes die verringerte Empfindlichkeit und Auslösewahrscheinlichkeit von Stoffen und Gegenständen der Transport- bzw. Gefahrklasse 1.5 und 1.6 berücksichtigt werden kann.

Aus der Gefahrgruppe ergeben sich Sicherheitsanforderungen insbesondere hinsichtlich der Sicherheitsabstände.

Da die Wirkungen nicht nur stoffabhängig sind, sondern auch von der Art und Intensität der Beanspruchungen sowie von der Masse, den Einschlussbedingungen usw. beeinflusst werden, wird unterschieden zwischen
- Lagergruppen nach 2. Verordnung zum Sprengstoffgesetz (2. SprengV),
- Unterklassen der Klasse 1 nach UN-Empfehlungen zum Transport gefährlicher Güter und
- Gefahrgruppen

Lagergruppen

Die Zuordnung der Explosivstoffe zu Lagergruppen oder Unterklassen der Klasse 1 erfolgt nach vorgegebenen Prüfmethoden und Kriterien. Die Prüfungen sollen die Belastungen der Explosivstoffe in der Versandverpackung bei der Lagerung beziehungsweise Transport simulieren. Die Lagergruppenzuordnungen und Transportklassifizierungen sind in Deutschland von der BAM vorzunehmen.

Gefahrgruppenbestimmung

Für die Gefahrgruppenbestimmung sind dagegen keine standardisierten Prüfungen vorgegeben. Die Gefahrgruppenbestimmung ist vom Unternehmer vorzunehmen. Maßgebend sind die Wirkungen der Explosivstoffe bei der Auslösung durch die möglichen Beanspruchungen im jeweiligen Arbeitsgang.

Zur Bestimmung sind praxisnahe Versuche durchzuführen, die den tatsächlichen Gegebenheiten und Beanspruchungen der Explosivstoffe am Arbeitsplatz entsprechen. Insbesondere sind zum Beispiel Masse, Einschluss, Verdämmung, spezifische Verfahrensparameter, zu berücksichtigen. Da die Wirkung und die

Auslösewahrscheinlichkeit unter anderem von den unterschiedlichen betrieblichen und arbeitsplatzbezogenen Gegebenheiten abhängig sind, können die bei der Gefahrgruppenbestimmung anzuwendenden Prüfmethoden hier nur beispielhaft angeführt werden.

Die für die Explosivstoffe in Versandverpackungen ermittelten oder festgelegten Lagergruppen nach der Zweiten Verordnung zum Sprengstoffgesetz, Unterklassen nach den Verordnungen zum Gesetz über die Beförderung gefährlicher Güter oder den Gefahrklassen nach dem Versorgungsartikelkatalog der Bundeswehr können als Gefahrgruppen übernommen werden, wenn denkbare ungewollte Reaktionen auf Grund möglicher Beanspruchungen während der Arbeitsgänge nicht anders sind als die für die Ermittlung der Lagergruppen angenommenen.

Besonderheiten bei pyrotechnischen Sätzen

Abbrandverhalten prüfen

Bei der Zuordnung zu den Gefahrgruppen für pyrotechnische Sätze sollte zur Ermittlung der Wirkungen das Abbrandverhalten von Sätzen bei unterschiedlichen Einschlussbedingungen geprüft werden. Dabei kann der Abbrand in loser Schüttung, in lose verschlossenen Pappbehältern oder auch in verschlossenen Stahlrohren zur Bewertung herangezogen werden. Hierbei ist es sinnvoll, diese Untersuchungen mit unterschiedlichen Satzmassen bis hin zur tatsächlichen am Arbeitsplatz vorgesehenen Satzmasse durchzuführen. Bei den Abbrandversuchen in Pappbehältern sollte die Anzündung vorrangig am Boden gewählt werden. Ist eine Auslösung durch Detonationsstoß auszuschließen, sind zum Beispiel Satzauslöser, Wärmekapseln, Stoppinen als geeignete Anzündmittel anzusehen. Das Verhalten von Sätzen gegenüber Detonationsstoß wird üblicherweise in 1" bzw. 2" Stahlrohren geprüft. Über die Fähigkeit eines Satzes, bereits in kleiner Menge unter Einschluss explodieren zu können, gibt der Stahlhülsentest Aufschluss.

Bestimmung der Auslösewahrscheinlichkeit

Zur Bestimmung von Auslösewahrscheinlichkeiten sollten vorrangig die Werte der Schlagempfindlichkeit (BAM-Fallhammer) und der Reibempfindlichkeit (BAM-Reibapparat) herangezogen werden. Zusätzlich wird empfohlen, Zersetzungstemperaturen (zum Beispiel im Woodschen Metallbad, durch Differenz-Thermoanalyse (DTA) oder Dynamische Differenzkalometrie (DSC)) und die Auslösbarkeit durch Funken, Flammen (Schwarzpulveranzündschnur, Bunsenbrenner) beziehungsweise glühende Metallgegenstände (Stahlstab, Stahlschale) zu ermitteln.

Beanspruchung am Arbeitsplatz prüfen

Insbesondere dann, wenn die oben benannten Prüfungen die tatsächlichen Verhältnisse des Arbeitsplatzes, zum Beispiel hinsichtlich Einschlussbedingungen, Maßstabseffekte, nur unzureichend widerspiegeln, ist eine Untersuchung in der vorgesehenen Apparatur/Vorrichtung unerlässlich.

Untersuchungen zur Bestimmung der Wirkung von pyrotechnischen Halberzeugnissen und Gegenständen sind ebenfalls arbeitsplatzbezogen durchzuführen. Diese können sein:

- Abbrennen in modifizierten Presswerkzeugen (Simulation der Auslösung beim Pressvorgang)
- Abbrand von Halberzeugnissen in offenen und geschlossenen Stellagen
- Abbrand von Halberzeugnissen oder Gegenständen mit offenen Anzündstellen in Bevorratungsmagazinen

Da sich in der Regel Sätze, Halberzeugnisse oder Gegenstände an mehreren Stellen im Arbeitsgang befinden oder bereitgehalten werden, sollten auch Übertragungsversuche durchgeführt werden.

Änderung der Gefahrgruppe beachten

Während der Herstellung pyrotechnischer Sätze und Gegenstände ändern sich häufig die Gefahrgruppen eines Satzes, Halberzeugnisse oder von Gegenstände in Abhängigkeit von ihrem jeweiligen Zustand. Die Gefahrgruppe wird durch verschiedene Parameter, zum Beispiel Masse, Durchmischungsgrad, Feuchtigkeitsgehalt, Verdichtungsgrad und Konfektionierungszustand, bestimmt. Bei der Herstellung von Sätzen oder Baugruppen spielt außerdem die jeweilige Verdämmung (auch Eigenverdämmung) des Satzes eine entscheidende Rolle.

Die ermittelten Gefahrgruppen sind in der Regel nicht identisch mit der Klassifizierung nach den Gefahrguttransportvorschriften beziehungsweise den Lagergruppen nach der 2. Verordnung zum Sprengstoffgesetz (2. SprengV), da diese nach anderen Prüfkriterien festgelegt werden und nicht die Gegebenheiten im jeweiligen Arbeitsgang berücksichtigen.

5.3.3 Arbeitsschutzmaßnahmen

Zur Verhinderung von Ereignissen finden in Betrieben Maßnahmen des primären, sekundären, tertiären und quartären Explosionsschutzes Anwendung.

Primärer Explosionsschutz

Hierunter fallen alle Maßnahmen, die den Explosivstoff direkt betreffen und dessen Empfindlichkeit gegen äußere Beanspruchung oder dessen Wirkung verringern oder ausschließen, zum Beispiel durch Inertisierung oder Phlegmatisierung. Die Bedeutung dieser Schutzmaßnahme ist in der Explosivstoffindustrie eingeschränkt, da eine bestimmungsgemäße Wirkung der Explosivstoffe gewollt ist. Der primäre Explosionsschutz wird deshalb auch nicht näher betrachtet.

Sekundärer Explosionsschutz

Dem sekundären Explosionsschutz sind alle Maßnahmen zuzurechnen, die zur Verringerung der Beanspruchung des Explosivstoffs führen. Derartige Maßnahmen sind bei allen Arten des Umgangs zu treffen, insbesondere aber bei der Herstellung, Be- und Verarbeitung der Explosivstoffe. Arbeitsmaschinen müssen deshalb so beschaffen und aufgestellt sein, dass Explosivstoffe durch Wärme, Reibung, Schlag, Druckerhöhung oder elektrostatische Aufladung nicht entzündet werden. Insbesondere müssen/dürfen

- Werkstoffe verwendet werden, die zu keiner gefährlichen Funkenbildung neigen,
- keine Stoffe mit den Werkstoffen in Berührung gebracht werden, die zu chemischen Reaktionen führen können; zu diesen Stoffen zählen neben den Explosivstoffen zum Beispiel auch Säuren, Vorprodukte, Zuschlagstoffe, Abfallprodukte im Verfahrensgang,
- Verschluss- und Befestigungsmittel zum Beispiel Schrauben, Keile, Muttern, an äußeren und inneren beweglichen Teilen der Arbeitsmaschinen gegen Lockern gesichert sein,
- selbsttätig wirkende Vorrichtungen vorhanden sein, die bei erhöhtem Widerstand oder Hemmungen die Maschinen sofort stillsetzen,
- Lager und sonstige sich reibende Maschinenteile, Oberflächen von Trögen und dergleichen leicht zu reinigen sein,
- Hohlwellen und sonstige unzugängliche Räume vermieden oder das Eindringen von Explosivstoffen verhindert werden,
- Dichtungsstoffe, Filtermaterialien, Schmieröle so beschaffen sein, dass sie Explosivstoffe nicht in gefährlicher Weise aufnehmen oder mit ihnen reagieren,
- Explosivstoffablagerungen leicht erkennbar sein,
- zündfähige elektrostatische Aufladungen verhindert werden oder es müssen Einrichtungen zum Ableiten dieser Aufladungen vorhanden sein,
- zur Abwendung gefährlicher Betriebszustände Grenzwerte durch entsprechende Regel- oder Steuereinrichtungen eingehalten werden,
- die festgelegten stoff- und verfahrensspezifischen Höchsttemperaturen bei der Verwendung von Wärmeträgern zum Beheizen von Explosivstoff kontrolliert werden,
- Knet-, Misch- und Mengmaschinen sowie Zentrifugen für Explosivstoffe so eingerichtet sein, dass bei einer Entzündung des Inhalts eine Druckentlastung schon bei möglichst niedrigem Druck eintritt,
- heiße Oberflächen von Verfahrenseinrichtungen oder ihren Zu- und Abführungsleitungen so ausgerüstet oder verlegt werden, dass Explosivstoffe nicht unzulässig erwärmt werden.

Können die Anforderungen nicht eingehalten werden, müssen die Arbeitsmaschinen so eingerichtet sein, dass sie "unter Sicherheit" betrieben werden können.

Tertiärer Explosionsschutz

Der tertiäre Explosionsschutz betrifft die Umgebung von Explosivstoffen. Die Bauweisen der Räume und Gebäude sowie die Ausführung der wichtigsten Bauteile sind so zu gestalten, dass sie den Anforderungen spezieller Vorschriften entsprechen. Die wichtigsten Elemente des baulichen Explosionsschutzes werden nachfolgend beschrieben.

Einräumige Gebäude mit Explosions- oder Brandgefahr

- einräumige Gebäude in leichter Bauart
  Als Baustoffe dürfen nur verwendet werden: Leichtbeton, Holz, Pressplatten, Strohpressplatten, Gipsplatten,

Gasbetonplatten, Folien und andere Baustoffe, die bei einer Explosion im Gebäude keine schwereren Wurfstücke bilden als die genannten Baustoffe.

– einräumige Gebäude in Ausblasebauart mit leichter Dachausführung
  Die Gebäude müssen eine oder zwei Ausblasewände sowie ein leichtes Dach haben. Die übrigen Wände müssen abhängig von der Belegungsart mit Explosivstoff so gestaltet sein, dass in Verbindung mit den Sicherheitsabständen der Schutz von Personen gewährleistet ist.
– einräumige Gebäude in Ausblasebauart mit schwerer Dachausführung
  Die Gebäude müssen eine oder zwei Ausblasewände und ein schweres Dach haben. Die übrigen Wände müssen abhängig von der Belegungsart mit Explosivstoff so gestaltet sein, dass in Verbindung mit den Sicherheitsabständen der Schutz von Personen gewährleistet ist. Das schwere Dach muss abhängig von der Belegungsart mit Explosivstoff so gestaltet sein, dass die Umgebung weder durch Feuer oder Flammenwirkung noch durch schwere Wurfstücke gefährdet ist. Das Dach muss zur Ausblasefläche um mindestens 15° ansteigen. Ausgenommen hiervon ist die Belegung mit sich detonativ umsetzenden Explosivstoffen.
– einräumige Gebäude in erdüberdeckter Bauart
  Die Gebäude in erdüberdeckter Bauart sind mit Ausnahme des Zugangs oder der Ausblasefläche mit Erdreich einzudecken. Das Schüttgut darf keine größeren Steine (über Faustgröße) enthalten und muss über der Decke mindestens 60 cm hoch sein. Die Böschungen müssen dem natürlichen Böschungswinkel des Schüttguts entsprechen. An Zugängen oder Ausblaseflächen sind Flügelwände zu errichten.
– einräumige Gebäude mit Brandgefahr
  Einräumige Gebäude mit Brandgefahr müssen bis auf die Ausblaseflächen mindestens der Feuerwiderstandsklasse F 30 entsprechen.

Alle Bauteile mit Ausnahme der Ausblaseflächen müssen den Beanspruchungen von innen standhalten. Dacheindeckungen müssen gegen Flugfeuer und strahlende Wärme widerstandsfähig sein.

Mehrräumige Gebäude mit Explosions- oder Brandgefahr

Werden die vorstehend beschriebenen Gebäude mit mehreren Räumen ausgeführt, müssen die Trennwände zwischen den Räumen abhängig von

– den auszuführenden Tätigkeiten,
– den Explosivstoffarten, -massen und Wirkungen und
– der Anwesenheit von Beschäftigten

so ausgeführt sein, dass sie im Falle eines Ereignisses die Übertragung auf die Nachbarräume verhindern. Werden in den einzelnen Räumen Tätigkeiten ausgeführt, für die in den speziellen Vorschriften Einzelgebäude gefordert werden oder die "unter Sicherheit" durchzuführen sind, sind die Trennwände als Widerstandswände auszuführen oder Pufferräumen einzurichten.

Bauteile

– **Widerstandswände**
  Die Standfestigkeit von Widerstandswänden ist entsprechend der im Fall einer Explosion zu erwartenden Belastung zu gewährleisten. Bei der Auslegung der Widerstandswände ist nur die Explosivstoffmasse zugrunde zu legen, die gleichzeitig zur Explosion kommen kann. Die Standfestigkeit ist unter Annahme der ungünstigsten dynamischen Belastungen zu berechnen.
  Verschlüsse von Durchreicheöffnungen und Türen in Widerstandswänden müssen genügend widerstandsfähig und so ausgeführt sein, dass sie bei einer Explosion im Raum nicht durch die Öffnung gedrückt werden können. Durchreicheöffnungen müssen zwangsweise verschließbar eingerichtet sein.
  Betriebsbedingte Durchbrüche in Widerstandswänden (zum Beispiel Kabelschächte) müssen so verschlossen sein, dass die Schutzwirkung der Widerstandswände erhalten bleibt.
– **Ausblaseflächen**
  Für die Ausblaseflächen sind Materialien zu verwenden werden, die keine schweren Wurfstücke bilden können. In Gebäuden und Räumen mit Explosivstoff sind genügend große Ausblaseflächen, zum Beispiel Ausblasewände, Fensterflächen, Abzugsöffnungen, vorzusehen, damit kein gefährlicher Druckaufbau bei der deflagrativen Umsetzung des Explosivstoffs auftreten kann.
– **Fenster**
  Fenster, die der Sonnenseite zugekehrt sind, sind mit Blendschutz zu versehen, wenn nach Art der Explosivstoffe durch Sonneneinstrahlung eine zusätzliche Gefahr entsteht.

Fenster, an denen sich Explosivstoffe absetzen können, sind so auszuführen, dass Stahl nicht auf Stahl reibt oder schlägt.
Splitter von Glasfenstern können zu gefährlichen Verletzungen führen. Es ist deshalb zweckmäßig, Glasfenster auf die unbedingt notwendige Anzahl und Größe zu beschränken. Als Verglasung haben sich zum Beispiel Folien, Scheiben aus Kunststoff, Doppelverglasung aus Verbund-Sicherheitsglas (6 mm) und Polycarbonat-Scheiben (5 mm) mit einem an der Fensterlaibung angebrachten Fangstab bewährt.

– **Fußböden**
In Räumen mit solchen Explosivstoffen, die durch elektrostatischen Ladungsausgleich gezündet werden können, muss der Fußboden ausreichend leitfähig sein. Der Fußboden in Räumen mit offenem Explosivstoff muss eine undurchlässige, ebene und fugenlose Oberfläche haben.
– **Schutzwälle**
Schutzwälle müssen den Dachfirst des zugeordneten Gebäudes um mindestens 1,00 m überragen; die Kronenbreite muss mindestens 0,50 m betragen. Der Abstand des Schutzwalls von der Außenwand des Gebäudes darf im Regelfall 2,00 m sein, um den Zugang zum Gebäude und die Instandhaltung von Gebäude und Schutzwall zu gewährleisten.
– **Erdschutzwände, Schutzmauern, sonstige Schutzwände**
Erdschutzwände müssen mindestens 1,00 m dick und so hoch wie Schutzwälle sein. Das Erdreich ist durch Schalen abzustützen. Schutzmauern und sonstige Schutzwände müssen die gleiche Schutzwirkung wie Schutzwälle haben. Sie sind sicher im Erdreich zu verankern.

Einrichtungen

– **Raumheizung**
Die Oberflächentemperatur von Heizkörpern und -leitungen darf einen Höchstwert von 120 °C nicht überschreiten. In Räumen mit Warmluftheizung ist Kondensation gefährlicher Dämpfe zu verhindern, indem diese mit einem ausreichenden Anteil vorgewärmter Frischluft betrieben werden. Die Heizkörper müssen eine glatte Oberfläche haben und sich allseitig reinigen lassen. Heizkörper dürfen nicht an Ausblaseflächen angebracht sein.
– **elektrische Anlagen und deren Betriebsmittel**
Elektrische Anlagen und deren Betriebsmittel in Räumen mit Explosivstoff müssen den allgemein anerkannten Regeln der Elektrotechnik entsprechen. Neben den allgemeinen Bestimmungen ist insbesondere die DIN V VDE V 0166 "Errichten elektrischer Anlagen in Bereichen, die durch Stoffe mit explosiven Eigenschaften gefährdet sind" zu berücksichtigen.
– **Blitzschutz**
Es muss für einen ausreichenden Blitzschutz nach DIN VDE 0185-305-1 "Blitzschutz - Teil 1: Allgemeine Grundsätze" und DIN VDE 0185-305-3 "Blitzschutz - Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen" gesorgt sein.
– **Lüftungen**
Es muss eine ausreichende Belüftung der Räumlichkeiten vorhanden sein. Dabei müssen die Anlagen so beschaffen sein, dass Stäube oder Dämpfe der Explosivstoffe nicht in die Motoren gelangen können. Die auftretenden Temperaturen der Lüftungsanlagen müssen unterhalb der Entzündungs-, beziehungsweise Zersetzungstemperatur liegen. Es dürfen sich in den Rohrleitungen keine gefährlichen Ablagerungen bilden, außerdem sollten alle Rohrleitungen möglichst gradlinig geführt werden.
– **Fahrzeuge**
Beim Umgang mit Explosivstoffen dürfen nur geschützte oder explosivstoffgeschützte Fahrzeuge verwendet werden. Hierbei gilt neben der allgemeinen Vorschrift auch insbesondere die DGUV-Regel 113-006 "Einsatz von Fahrzeugen in Explosivstoffbetrieben".

Quartärer Explosionsschutz

Einhaltung von Schutz- und Sicherheitsabständen

Die Schutzmaßnahmen betreffen die Einhaltung von gesetzlich vorgegebenen Schutz- und Sicherheitsabständen zwischen möglichen Donatoren und Akzeptoren. Der quartäre Explosionsschutz ist ein defensives Schutzprinzip oder Vorsorgeprinzip für den mit absoluter Sicherheit nicht auszuschließenden Fall einer ungewollten Explosivstoffumsetzung zur Minimierung der Explosionswirkungen.

Die Beachtung der massenbezogenen Schutzabstände gewährleistet den gesetzlichen Schutz der Öffentlichkeit. Die Beachtung der massenbezogenen, von der jeweiligen Bauweise der Einzelanlagen abhängigen

Sicherheitsabstände gewährleistet den gesetzlichen Schutz der innerbetrieblichen Anlagen und der Beschäftigten.

Schutzabstände

Gebäude und Plätze mit Explosivstoff müssen zu Wohnbereichen und Verkehrswegen in Abhängigkeit von der
- Lager-/Gefahrgruppe und
- Nettoexplosivstoffmasse (NEM)

einen ausreichenden Schutzabstand einhalten.

Schutzabstände der Gebäude und Plätze mit Explosivstoffen der Lager-/Gefahrgruppe 1.1
- zu Wohnbereichen sind nach der Formel $E = 22 \times M^{1/3*}$) zu berechnen. Wenn eine zusätzliche Gefährdung durch schwere Sprengstücke gegeben ist, ist jedoch ein Mindestabstand von 275 m einzuhalten.
- zu Verkehrswegen sind nach der Formel $E = 15 \times M^{1/3*}$) zu berechnen. Wenn eine zusätzliche Gefährdung durch schwere Sprengstücke gegeben ist, ist jedoch ein Mindestabstand von 180 m einzuhalten.

Schutzabstände der gefährlichen Gebäude und Plätze mit Explosivstoffen der Lager-/Gefahrgruppe 1. 2
- zu Wohnbereichen sind nach der Formel $E = 58 \times M^{1/6*}$) zu berechnen. Wenn eine zusätzliche Gefährdung durch schwere Sprengstücke gegeben ist, ist der Schutzabstand nach der Formel $E = 76 \times M^{1/6*}$)zu berechnen. In jedem Fall ist ein Mindestabstand von 90 m beziehungsweise 135 m einzuhalten.
- zu Verkehrswegen sind nach der Formel $E = 39 \times M^{1/6*}$) zu berechnen. Wenn eine zusätzliche Gefährdung durch schwere Sprengstücke gegeben ist, ist der Schutzabstand nach der Formel $E = 51 \times M^{1/6*}$) zu berechnen. In jedem Fall ist ein Mindestabstand von 60 m beziehungsweise 90 m einzuhalten.

Schutzabstände der Gebäude und Plätze mit Explosivstoffen der Lager-/Gefahrgruppe 1.3
- zu Wohnbereichen sind nach der Formel $E = 6{,}4 \times M^{1/3*}$) zu berechnen. In jedem Fall ist ein Mindestabstand von 60 m einzuhalten.
- u außerbetrieblichen Verkehrswegen sind nach der Formel $E = 4{,}3 \times M^{1/3*}$) zu berechnen. In jedem Fall ist ein Mindestabstand von 40 m einzuhalten.

Schutzabstände der Gebäude und Plätze mit Explosivstoffen der Lager-/Gefahrgruppe 1.4

Für Gebäude und Plätze mit Explosivstoffen der Lager-/Gefahrgruppe 1.4 ist bei einer Nettoexplosivstoffmasse (NEM) über 100 kg ein Schutzabstand zu Wohnbereichen und zu außerbetrieblichen Verkehrswegen, unabhängig von der NEM, von mindestens 25 m eingehalten werden.

Sicherheitsabstände

Die Gebäude und Plätze mit Explosivstoff müssen in Abhängigkeit von der
- Gefahrgruppe
- Nettoexplosivstoffmasse (NEM)
- Lage, Anordnung und Bauart sowie
- Nutzungsart

zu anderen Gebäuden und Plätzen mit Explosivstoff oder mit ständigen Arbeitsplätzen einen ausreichenden Sicherheitsabstand einhalten.
- Die Sicherheitsabstände der Gebäude und Plätze mit Explosivstoffen der Lager-/Gefahrgruppen 1.1 und 1.3 sind nach der Formel $E = k \times M^{1/3*}$) zu berechnen.
- Die k-Werte sind den einschlägigen Vorschriften zu entnehmen.
- Für Gebäude mit Explosivstoffen der Lager-/Gefahrgruppe 1.2 sind Mindestabstände einzuhalten. Die Mindestabstände sind den einschlägigen Vorschriften zu entnehmen.
- Die Sicherheitsabstände der Gebäude und Plätze mit Explosivstoffen der Gefahrgruppe 1.4 betragen mindestens 10 m.

Spreng- und Brandplätze müssen zu Wohnbereichen, außerbetrieblichen Verkehrswegen und Betriebsgebäuden in Abhängigkeit von ihrer Nettoexplosivstoffmasse (NEM) und Bauart einen ausreichenden Schutz- und Sicherheitsabstand einhalten. Die Schutz- und Sicherheitsabstände für Spreng- und Brandplätze sind nach der Formel $E = k \times M^{1/3*}$) zu berechnen. Die k-Werte sind den einschlägigen Vorschriften (unter anderem DGUV-Regel 113-003) zu entnehmen.

Brandschutzbereiche

In einem Abstand von 25 m vom Explosivstoff dürfen keine leicht entzündlichen oder/und brennbaren Materialien gelagert werden. Die Brandschutzbereiche müssen entsprechend gekennzeichnet werden. Innerhalb der Brandschutzbereiche darf nicht geraucht werden sowie kein offenes Licht und kein offenes Feuer verwendet werden.

*

E: Kürzester Abstand zwischen Gebäuden/Plätzen in Metern
k: Konstante, die von den Gefahrgruppen, den Bauarten, den Schutzeinrichtungen und der Nutzung des Donators und des Akzeptors abhängig ist
M: Anzurechnende Nettoexplosivstoffmasse (NEM) in Kilogramm

5.3.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur

Gesetze, Verordnungen

- Sprengstoffgesetz (SprengG)
- Erste Verordnung zum Sprengstoffgesetz (1.SprengV)
- Zweite Verordnung zum Sprengstoffgesetz (2.SprengV)
- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)
- Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)

Technische Regelwerke zu den Arbeitsschutzverordnungen

- TRGS 511: Ammoniumnitrat
- TRGS 727: Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen

Weitere Regeln der Technik

- DIN V VDE V 0166-04: Errichten elektrischer Anlagen in Bereichen, die durch Stoffe mit explosiven Eigenschaften gefährdet sind
- DIN VDE 0185-305-1: Blitzschutz - Teil 1: Allgemeine Grundsätze Blitzschutzanlage; Allgemeines für das Errichten Blitzschutzanlage; Allgemeines für das Errichten
- SprengLR 210: Sprengstofflager-Richtlinien
  Bauweise und Einrichtung der Lager für Sprengstoffe und Zündmittel
- SprengLR 220: Sprengstofflager-Richtlinien
  Bauweise und Einrichtung der Lager für pyrotechnische Sätze und Gegenstände
- DGUV Regel 113-016: Sprengarbeiten
- DGUV-Regel 113-003: Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz beim Zerlegen von Gegenständen mit Explosivstoff oder beim Vernichten von Explosivstoff oder Gegenständen mit Explosivstoff (Explosivstoff-Zerlege- oder Vernichteregeln)
- DGUV-Regel 113-006: Einsatz von Fahrzeugen in Explosivstoffbetrieben
- DGUV-Regel 113-008: Pyrotechnik
- Leitfaden der BAM EX/2014/2: Leitfaden zum Herstellen von Explosivstoffen und pyrotechnischen Gegenständen

Geltendes EU-Recht

- **2014/28/EU**: Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten über die Bereitstellung auf dem Markt und die Kontrolle von Explosivstoffen für zivile Zwecke (Neufassung)
- **2013/29/EG**: Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten über die Bereitstellung pyrotechnischer Gegenstände auf dem Markt (Neufassung)
- **VO (EG) NR. 440/2008**: Verordnung der Kommission zur Festlegung von Prüfmethoden gemäß der Verordnung (EG) Nr.1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH)

Literatur

- [1] Meyer, R.; Köhler, J.; Homburg, A.:
  Explosivstoffe.
  10. überarbeitete und erweiterte Auflage, 2008, Verlag Wiley-VCH
- [2] Urbanski, T.:
  Chemie und Technologie der Spreng- und Explosivstoffe.
  VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1961 – 1964 (3 Bände);
  Erweiterte englische Auflage: Chemistry and Technology of Explosives
  Pergamon Press, Oxford 1964 – 1967, 1984 (4 Bände)
- [3] Steidinger, M.:
  Mustersicherheitsanalyse nach §7 StörfallV für eine Sprengstofffabrik.
  Berlin: Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung 1991
- [4] Fedoroff, B.T.; Kaye S. M.:
  Encyclopedia of Explosives and related items.
  Vol. 1-10. Dover: Picatinny Arsenal 1960-1983

5.3.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

- Wie empfindlich ist der Explosivstoff gegenüber thermischer, mechanischer und elektrostatischer Einwirkung?
- Welchen Beanspruchungen ist der Explosivstoff am jeweiligen Arbeitsplatz ausgesetzt?
- Mit welchen Zündquellen ist zu rechnen?
- Befindet sich der Explosivstoff im Einschluss oder wird er verdämmt?
- Detoniert oder deflagriert der Stoff?
- Welche Nettoexplosivstoffmasse (NEM) ist an den einzelnen Arbeitsplätzen vorhanden?
- Mit welcher Luftstoßwirkung ist im Fall einer Umsetzung zu rechnen?
- Mit welcher thermischen Wirkung ist zu rechnen?
- Mit welcher Wurf- und Sprengstückwirkung ist zu rechnen?
- Welcher Gefahrgruppe wird der Explosivstoff im jeweiligen Arbeitsschritt zugeordnet?
- Sind weitere Prüfungen für diese Zuordnung notwendig?
- In welche Lagergruppe ist der Stoff eingeordnet?
- Welche Konsequenzen auf Lagerung, Umgang, Verpackung ergeben sich daraus?
- Werden alle aufgeführten Maßnahmen zum sekundären Explosionsschutz umgesetzt?
- Muss zum Schutz der Beschäftigten "unter Sicherheit" gearbeitet werden?
- Welche Abstände bestehen zu Gebäuden und Plätzen mit Explosivstoff und/oder ständigen Arbeitsplätzen?
- Sind die Gebäude in geeigneter Bauart errichtet?
- Gibt es geeignete bauliche Schutzmaßnahmen wie Widerstandswände, Ausblaseflächen, Erdüberdeckung, Schutzwälle, Schutzwände?
- Werden die Sicherheits- und Schutzabstände eingehalten?
- Sind die technischen Einrichtungen in den Gebäuden, wie Heizungen und elektrische Anlagen, geeignet?
- Besteht eine ausreichende und geeignete Lüftung?
- Besteht ein ausreichender und geeigneter Blitzschutz?
- Sind vorhandene Fahrzeuge explosivstoffgeschützt?
- Gibt es Untersuchungen zur Toxikologie?
- Sind Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) oder maximale Arbeitsplatzkonzentrationen bekannt (MAK)?
- Sind Sicherheitsdatenblätter für den Stoff vorhanden?
- Gibt es Untersuchungen zur Schwadenbildung?
- Welche Arbeitsschutzmaßnahmen resultieren aus den toxikologischen Kenndaten?

5.3.6 Autoren und Ansprechpartner

Autoren:

- Dr. Joachim Otto
- Dr. Moana Nolde
- Dr. Silke Schwarz
- Dr. Dietrich Eckhardt

Ansprechpartner:

- Dr. Dietrich Eckhardt
  Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)
  Fachbereich 2.3 – Explosivstoffe

Handbuch – Gefährdungsfaktoren

6 Thermische Gefährdungen

baua:
Bundesanstalt für Arbeitsschutz
und Arbeitsmedizin

27.04.2020

6 Thermische Gefährdungen

Unfälle mit kalten oder heißen Medien haben in der Regel akute und für die Betroffenen nachhaltige Wirkungen zur Folge. Außer der hohen unmittelbaren Schmerzwirkung sind Verletzungen mit schwer heilenden Wunden, Infektionsgefahr und Narbenbildung die Folge. Auch können durch die Schreckreaktion beim Berühren Sekundärschäden wie Sturz- und Stoßunfälle verursacht werden.

An Maschinen, Geräten, Werkzeugen und Anlagen ist mit dem technologisch bedingten Auftreten von
- sehr kalten oder heißen Oberflächen (zum Beispiel an Glühöfen, Herdplatten, Kesselanlagen, Trockeneis),
- Medien (zum Beispiel Metallschmelzen, siedendes Wasser oder Fett, Kältemittel) sowie
- Emissionen (zum Beispiel Heißdampf)

zu rechnen. In allen Fällen kann ein direkter Hautkontakt oder das Einatmen dieser Medien zu akuten Schädigungen durch lokale Erfrierung beziehungsweise Verbrennen/Verbrühen der Haut führen.

6.1 Heiße Medien/Oberflächen

Unfälle mit heißen Medien haben in der Regel akute und für die Betroffenen nachhaltige Wirkungen zur Folge. Bei der Gestaltung der Arbeit sind Maßnahmen zu treffen, die das Auftreten und – falls dies nicht möglich ist – die einen direkten Kontakt mit heißen Oberflächen bzw. Emissionen vermeiden.

6.1.1 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen

Der Kontakt mit heißen festen, flüssigen oder gasförmigen Stoffen kann zu schweren Verbrennungen oder Verbrühungen führen

- bei unbeabsichtigtem Berühren heißer Oberflächen (Rohrleitungen, Brennöfen, Behälter und so weiter),
- bei beabsichtigtem Berühren heißer Oberflächen (Handräder, Ventile, Griffe und so weiter),
- bei direktem Kontakt mit heißen Stoffen (Flüssigkeiten, Heißdampf, Heißluft und so weiter),
- durch offene Flammen und
- durch Spritzer heißer Medien.

Heiße Oberflächen treten zum Beispiel an Rohrleitungen, Brennöfen, Behältern und Armaturen auf. Heiße Medien können zum Beispiel Flüssigkeit, Heißdampf, Heißluft oder offenes Feuer sein.

Auf Wärmestrahlung durch heiße Medien in der Umgebung des Menschen wird im Abschnitt "Klima" eingegangen.

6.1.2 Grenzwerte, Beurteilungskriterien

Beurteilungsgrößen

Einfluss auf mögliche Gesundheitsgefährdungen beim Hautkontakt mit heißen Medien haben:

- Oberflächentemperatur
- Dauer des Kontakts
- Art der Oberfläche (Material, Struktur, Beschichtung)
- gefährdetes Körperteil (zum Beispiel Gesicht, Hände und so weiter)
- Größe der gefährdeten Körperoberfläche
- Eignung der verwendeten persönlichen Schutzausrüstungen (PSA)

Als Orientierungshilfe für die Einstufung der Gesundheitsfolgen kann die Abbildung 6.1-1 dienen, die den Grad der Verbrennung in Abhängigkeit von der Oberflächentemperatur der Haut und der Einwirkzeit darstellt.

Kontakttemperatur

Beim Kontakt nimmt die Haut sofort eine zwischen ihrer (T_{Haut} circa 30-35 °C) und der heißen Oberflächen (T_O) liegende Kontakttemperatur (T_K) an, die solange kein Temperaturausgleich erfolgt, nahezu konstant bleibt. Dabei liegt die Kontakttemperatur immer näher zur Temperatur des Materials mit der größeren Wärmeträgheit (siehe Tabelle 6.2-1).

Die Kontakttemperatur lässt sich näherungsweise mit folgender Formel berechnen (Temperaturen in [K], F_{Haut} ~= 2,28 10^6 J^2 / s m^4K^2):

$TK \sim= T_O - (T_O - T_{Haut}) / (1 + F_O / F_{Haut})$

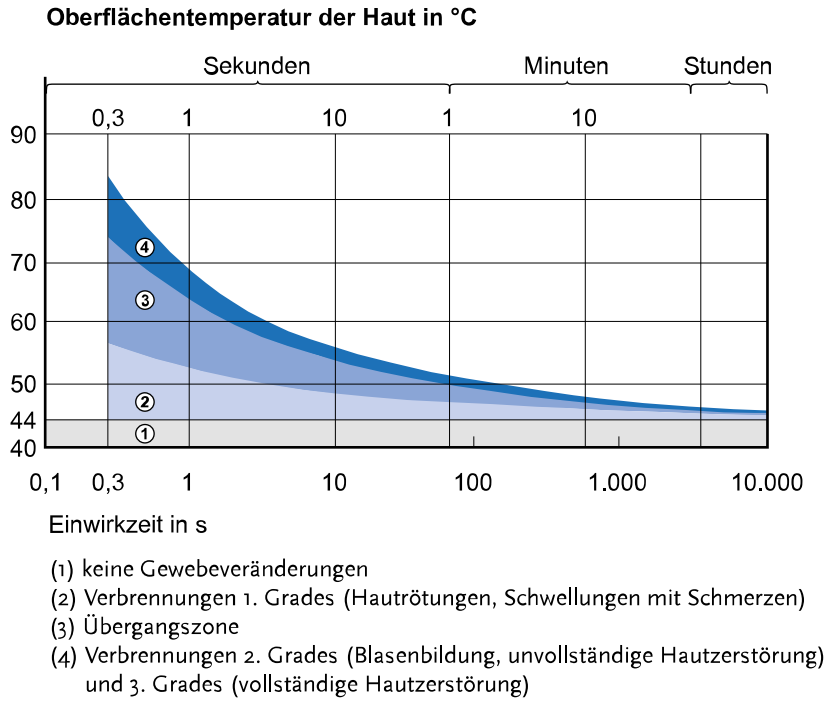


Abbildung 6.1-1. Grad der Verbrennung in Abhängigkeit von Hauttemperatur und Einwirkzeit (SKIBA 1979)

Verbrennungsschwelle

Die Verbrennungsschwelle ist die Oberflächentemperatur, die die Grenze darstellt zwischen keiner Verbrennung und einer Verbrennung ersten Grades, verursacht durch den Kontakt der Haut mit dieser Oberfläche bei einer bestimmten Kontaktdauer. Tabelle 6.1-1 zeigt die Verbrennungsschwellen (t_o in [°C]) beim beabsichtigten Berühren heißer Oberflächen für verschiedene Materialien in Abhängigkeit der Kontaktdauer. Die Messeinrichtung und Vorgehensweise beim Messen der Oberflächentemperatur T_O des Materials soll nach DIN EN ISO 13732-1 erfolgen

(zum Beispiel elektrisches Thermometer mit Kontaktfühler aus Metall, berührungslose Oberflächentemperaturmessung mit Infrarot-Messgeräten; maximale Messabweichung bei $T_O \geq 50$ °C nicht größer als ± 2 K).

Tabelle 6.1-1 Verbrennungsschwellen t_o bei Berührung heißer Oberflächen verschiedener Materialien (DIN EN ISO 13732-1)

Material	t_o(°C) bei 1 Minute Kontaktdauer	t_o(°C) bei 10 Minuten Kontaktdauer	t_o(°C) bei 8 Stunden Kontaktdauer
unbeschichtete Metalle	51	48	43
beschichtete Metalle	51	48	43
keramische, glas- und steinartige Materialien	56	48	43
Kunststoffe	60	48	43
Holz	60	48	43

Anmerkung: Der Wert von 51 °C für eine Kontaktdauer von 1 Minute gilt auch für andere Materialien mit hoher Wärmeleitfähigkeit, die nicht in der Tabelle angeführt sind.

Der Wert von 43 °C für alle Materialien bei Kontaktzeiten von 8 Stunden und länger gilt nur dann, wenn ein geringer Teil des Körpers (unter 10 % der gesamten Hautoberfläche des Körpers) oder ein geringer Teil des Kopfes (unter 10 % der Hautoberfläche des Kopfes) die heiße Oberfläche berührt. Wenn die Berührungsfläche nicht lokal begrenzt ist oder die heiße Oberfläche von lebenswichtigen Teilen des Gesichts (zum Beispiel den Luftwegen) berührt wird, können ernsthafte Schädigungen auch dann eintreten, wenn die Oberflächentemperatur 43 °C nicht überschreitet.

6.1.3 Arbeitsschutzmaßnahmen

Sind heiße Medien im Arbeitsbereich nicht gänzlich zu vermeiden, lassen sich Verbrennungsgefährdungen durch folgende Schutzmaßnahmen vermindern:

Technische Maßnahmen: Verbrennungsgefährdungen vermeiden

– Oberflächentemperatur senken
– geschlossene Systeme für heiße Medien verwenden
– Isolierung, zum Beispiel auf Rohrleitungen, aufbringen
– trennende Schutzeinrichtungen, zum Beispiel Abschirmung, Absperrung, anbringen
– Kontaktfläche verringern durch Strukturierung der Oberfläche, zum Beispiel durch Aufrauen, Rippen oder Noppen
– geeignete Werkstoffe nach Tabelle 6.1-1 für Stellteile, zum Beispiel Handräder, Ventile und Griffe, auswählen

Organisatorische Maßnahmen: Warnen, Unterweisen

– durch Warnzeichen, optische und akustische Warnsignale auf die Gefährdung hinweisen
– Unterweisung, Schulung durchführen
– Verhaltensregeln in der Betriebsanweisung festlegen

Personen- und verhaltensbezogene Schutzmaßnahmen: Körperschutz

– persönliche Schutzausrüstungen verwenden

6.1.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur

Regeln der Technik

– DIN EN ISO 13732-1: Ergonomie der thermischen Umgebung - Bewertungsverfahren für menschliche Reaktionen bei Kontakt mit Oberflächen - Teil 1: Heiße Oberflächen

Literatur

– [1] Skiba, R.:
Taschenbuch Arbeitssicherheit
Bielefeld: Erich-Schmidt2005
– [2] Uhlig, D.:
Technische Arbeitsmittel – sicher gestaltet und benutzt
Filderstadt: Verlagsgesellschaft W.E. Weinmann 2004

6.1.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

– Ist sichergestellt, dass Personen durch unbeabsichtigtes Berühren heißer Oberflächen nicht gefährdet werden?
– Sind beim beabsichtigten Berühren heißer Oberflächen (zum Beispiel Handräder, Ventile, Griffe) Verbrennungen unmöglich?
– Ist Hautkontakt mit heißen Flüssigkeiten oder Heißdampf in jedem Fall ausgeschlossen?

Festgestellte Gefährdungen/Mängel

– unbeabsichtigtes Berühren heißer Oberflächen (zum Beispiel Rohrleitungen, Behälter, Maschinenteile, Brennöfen)
– beabsichtigtes Berühren heißer Oberflächen (zum Beispiel Handräder, Ventile, Griffe)
– Hautkontakt mit heißen Flüssigkeiten
– Hautkontakt mit Heißdampf
– Hautkontakt mit Heißluft
– Verbrennungsgefahr durch offene Flammen
– Verbrennungsgefahr durch Spritzer heißer Medien

Maßnahmen

– geschlossene Systeme für heiße Medien verwenden
– Isolierung aufbringen
– trennende Schutzeinrichtung anbringen (Abschirmung, Absperrung)
– Kontaktfläche verringern durch (zum Beispiel Aufrauen, Rippen, Noppen)
– geeignete Werkstoffe für Stellteile auswählen (zum Beispiel Handräder, Ventile, Griffe)
– Gefahrstelle kennzeichnen (optische oder akustische Warnsignale)
– Verhaltensmaßnahmen in Betriebsanweisung aufnehmen / trainieren / Einhaltung kontrollieren
– PSA verwenden

6.1.6 Autoren und Ansprechpartner

Autoren:

- Dr.-Ing. K. Bux
- Dr. med. D. Krastel
- Dipl.-Ing. I. Lepenies
- Dr. rer. nat. H. Müller-Arnecke

Ansprechpartner

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

6.2 Kalte Medien/Oberflächen

Unfälle mit kalten Medien haben in der Regel akute und für die Betroffenen nachhaltige Wirkungen zur Folge. Bei der Gestaltung der Arbeit sind Maßnahmen zu treffen, die das Auftreten und – falls dies nicht möglich ist – die einen direkten Kontakt mit kalten Oberflächen bzw. Emissionen vermeiden.

6.2.1 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen

Das Berühren kalter Oberflächen kann Schmerzempfinden, Taubheit oder lokale Erfrierungen an exponierten Hautstellen zur Folge haben.

Kalte Oberflächen beziehungsweise Medien treten zum Beispiel bei der Produktion und dem Transport von Tiefkühlkost, bei der Kaffeegefriertrocknung und beim Umgang mit verdampfenden Kältemitteln oder verflüssigten Gasen auf.

Der Einfluss kalter Umgebung auf den Menschen wird im Abschnitt "Klima" beschrieben.

6.2.2 Grenzwerte, Beurteilungskriterien

Beurteilungsgrößen

Grenzwerte existieren nicht, jedoch kann mit Orientierungswerten die Gefährdung durch kalte Medien abgeschätzt werden. Einfluss auf die Gesundheitsgefährdungen beim Hautkontakt mit kalten Medien haben:

– die Oberflächentemperatur
– die Dauer des Kontakts
– die Art der Oberfläche (Material, Struktur, Beschichtung)
– die Wärmeträgheit des Materials
– die gefährdetes Körperteil (zum Beispiel Hände)
– die Größe der gefährdeten Körperoberfläche
– die Eignung der verwendeten persönlichen Schutzausrüstungen

Anhaltswerte für die Beurteilung der Wirkungen beim Berühren verschiedener Materialien liefert die Tabelle 6.2-1. Je höher die Zahlenwerte der sog. Wärmeträgheit (Materialeigenschaft: Produkt aus Dichte, Wärmeleitfähigkeit und spezifischer Wärmekapazität) sind, desto mehr nimmt die Gefahr (bei entsprechender Oberflächentemperatur) einer Erfrierung (bzw. Verbrennung bei heißen Oberflächen) zu.

Tabelle 6.2-1 Schwellwerte der Oberflächentemperatur T_O für verschiedene Wirkungen bei 10 Sekunden Kontaktdauer mit dem Finger an bestimmten Materialien (Auswahl aus DIN EN ISO 13732-3)

Material	Erfrierung bei T_O(°C)	Taubheit bei T_O(°C)	Schmerz bei T_O(°C)	Wärmeträgheit $F_?$ [10^6 J^2 / s m^4K^2]
Aluminium	-7,0	+3	+15	449,00
Stahl	-12,5	-1	+15	52,90
Stein	-18,5	-15	+3,5	4,35
Nylon	-	-40	-6	0,61
Holz	-	-	-10	0,27

6.2.3 Arbeitsschutzmaßnahmen

Kontaktkälte

Kältebelastung reduzieren, zum Beispiel durch

- Nutzen von Hilfsmitteln für den Umschlag und Transport kalter Produkte,
- Begrenzung von Kontaktdauer bzw. Oberflächentemperatur sowie Auswahl geeigneter Werkstoffe nach DIN EN ISO 13732-3,
- wärmeisolierende Fußbodenbeläge, wärmeisolierende Arbeits- und Fahrersitze,
- beheizbare Sitzflächen, Standflächen und Werkzeuggriffe,
- geeignete Persönliche Schutzausrüstung verwenden (Empfehlungen siehe DIN EN 511, DIN EN 342).

Aufwärmräume

- Aufwärm- und Umkleideräume einrichten
- Raumtemperatur mindestens 21 °C
- Gestaltung entsprechend Arbeitsstättenverordnung (§ 6, Anhang 3.5 , 4.1 und 4.2 ArbStättV)

Aufwärmzeiten

- bei zusätzlichem kalten Raumklima empfohlene maximale Kälteexpositionszeiten und minimale Aufwärmzeiten beachten, siehe Tabelle 8.1-6 in Abschnitt Klima/Kälte

6.2.4 Vorschriften, Regelwerk

Sonstige Regeln der Technik

- DIN EN 342: Schutzkleidung - Kleidungssysteme und Kleidungsstücke zum Schutz gegen Kälte; Deutsche Fassung EN 342
- DIN EN 511: Schutzhandschuhe gegen Kälte; Deutsche Fassung EN 511
- DIN EN ISO 13732-3: Ergonomie der thermischen Umgebung – Bewertungsmethoden für Reaktionen des Menschen bei Kontakt mit Oberflächen – Teil 3: Kalte Oberflächen

6.2.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

– Ist das Berühren kalter Oberflächen oder der Kontakt mit kalten Flüssigkeiten, verdampfenden Kältemitteln oder verflüssigten Gasen weitgehend ausgeschlossen?

Gefährdungen/Mängel

– Berühren kalter Oberflächen
– Kontakt mit kalten Flüssigkeiten
– Kontakt mit verdampfenden Kältemitteln
– Kontakt mit verflüssigten Gasen

Maßnahmen

– Hilfsmittel für den Umschlag und Transport kalter Produkte nutzen
– Begrenzung Kontaktdauer und Oberflächentemperatur, geeignete Werkstoffe auswählen
– Aufwärmräume einrichten
– PSA verwenden
– Verhaltensmaßnahmen in Betriebsanweisung aufnehmen / trainieren / Einhaltung kontrollieren
– maximale Kälteexpositionszeiten und minimale Aufwärmzeiten nach DIN 33403-5 einhalten

6.2.6 Autoren und Ansprechpartner

Autoren:

- Dr.-Ing. K. Bux
- Dr. med. D. Krastel
- Dipl.-Ing. I. Lepenies
- Dr. rer. nat. H. Müller-Arnecke

Ansprechpartner

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

Handbuch – Gefährdungsfaktoren

7 Gefährdungen durch spezielle physikalische Einwirkungen

baua:
Bundesanstalt für Arbeitsschutz
und Arbeitsmedizin

27.04.2020

7 Gefährdungen durch spezielle physikalische Einwirkungen

Spezielle physikalische Einwirkungen im Sinne dieses Ratgebers umfassen Lärm, Vibrationen, optische Strahlung, elektromagnetische Felder sowie Unter- oder Überdruck.

Dabei bezeichnet **Lärm** jeglichen Schall, der zu Gehörschäden oder auch zu extraauralen Gefährdungen wie beispielsweise durch Überhören von Warnsignalen, Befindlichkeits- und Kommunikationsstörungen, einem erhöhten Risiko für das Herz-Kreislauf-System, einer verminderten Arbeitsleistung der Beschäftigten führen kann.

Vibrationen, also mechanische Schwingungen, die von Gegenständen auf den menschlichen Körper übertragen werden, umfassen **Ganzkörper-Vibrationen**, die insbesondere Rückenschmerzen und Schädigungen der Wirbelsäule verursachen, und **Hand-Arm-Vibrationen**, die zu Knochen- oder Gelenkschäden, Durchblutungsstörungen oder neurologische Erkrankungen führen können.

Gefährdungen durch **optische Strahlung** aus künstlichen oder natürlichen Quellen bestehen vor allem in Schädigungen von Augen und Haut.

Die Wirkungen hochfrequenter **elektromagnetischer Felder** auf Beschäftigte werden durch thermische Effekte bestimmt. Bei statischen und niederfrequenten Feldern treten vor allem Reizwirkungen auf Sinnes-, Nerven- und Muskelzellen auf. Neben den direkten Wirkungen sind die indirekten Wirkungen, wie z. B. Projektilwirkung, Kontaktströme und mögliche Einflüsse auf aktive und passive Körperhilfsmittel, z. B. Herzschrittmacher, zu beachten.

Hinweis: Abbildung 7.0-1 gibt einen Überblick über das elektromagnetische Spektrum. Der Bereich des sichtbaren Lichts befindet sich an der Grenze zwischen ionisierender und nicht ionisierender Strahlung. Elektromagnetische Felder lassen sich durch die Größen Frequenz f und Wellenlänge λ charakterisieren. Beide Parameter sind über die Lichtgeschwindigkeit $c = \lambda \times f$ miteinander verknüpft.

Unter- und Überdruck beeinflussen die Aufnahme beziehungsweise Abgabe von Atemgasen. Unterdruck in Höhenlagen, Flugzeugen oder Unterdruckkammern schränkt die Sauerstoffversorgung ein und kann insbesondere bei gleichzeitiger körperlicher Beanspruchung zu physiologischen Störungen bis zu schwerer Höhenkrankheit und tödlichen Lungen- und Hirnödemen führen. Bei Überdruck beim Tauchen und im Spezialtiefbau unter Wasser reichern sich Atemgase im Körper an, die bei zu schneller Druckabnahme lebensgefährliche physiologische Störungen und Schädigung von Knochen- und Muskelgewebe, der Kreislauffunktionen, des Zentralnervensystems und der Atemorgane hervorrufen können.

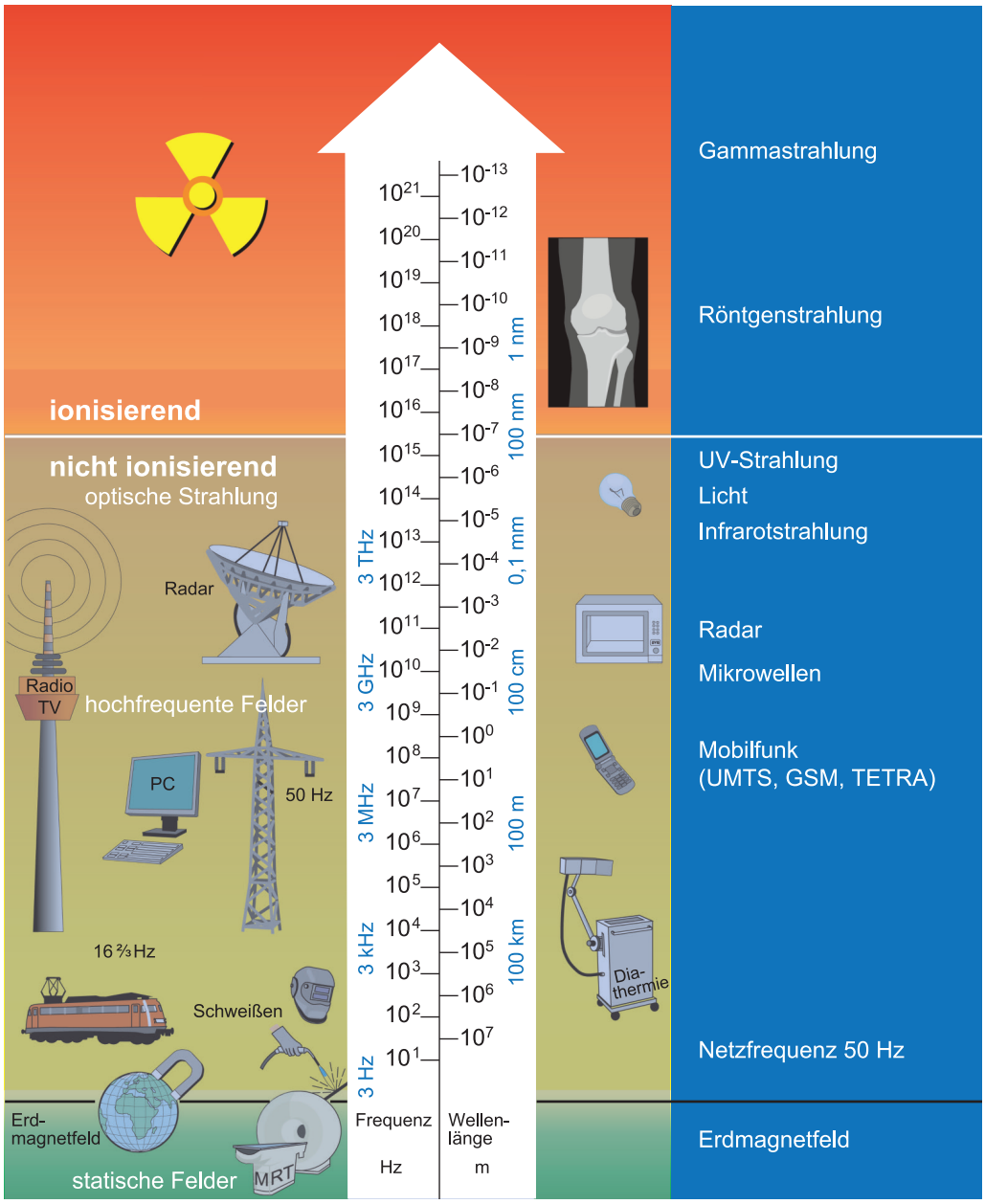


Abb. 7.0 – 1 Wellenlängen, Frequenzen und Anwendungen elektromagnetischer Strahlung bzw. Felder. Die Abbildung gibt einen Überblick über das elektromagnetische Spektrum. Der Bereich des sichtbaren Lichts befindet sich an der Grenze zwischen ionisierender und nicht ionisierender Strahlung. Elektromagnetische Felder lassen sich durch die Größen Frequenz f und Wellenlänge λ charakterisieren. Beide Parameter sind über die Lichtgeschwindigkeit $c = \lambda \cdot f$ miteinander verknüpft.

7.1 Lärm

Lärm gehört zu den häufigsten Gefährdungen am Arbeitsplatz. In Deutschland sind circa fünf Millionen Arbeitnehmer gehörgefährdendem Lärm ausgesetzt.

Lärm ist hörbarer Schall (zum Beispiel Maschinengeräusch, Ton, Knall, störender Sprachschall), der die Gesundheit schädigen sowie das körperliche und/oder seelische Wohlbefinden des Menschen beeinträchtigen kann.

7.1.1 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen

Lärmschwerhörigkeit und akuter Gehörschaden

Die auffälligsten Lärmwirkungen sind (VDI 2058 Blatt 2)

- die allmählich eintretende Lärmschwerhörigkeit durch langjährige Lärmexposition als chronische, irreparable Schädigung, die als Berufskrankheit Nummer 2301 anerkannt werden kann. Die Entwicklung bleibender Hörminderungen als Vorstufe der chronischen Schädigung ist bei langjähriger Exposition mit A-Schalldruckpegeln ab etwa 80 dB möglich.
- der akute Gehörschaden durch Einwirkung sehr hoher Schallimpulse, der meist als Unfallfolge gewertet wird. Ein Schadenseintritt ist bereits möglich bei einmaliger, kurzer Geräuscheinwirkung mit einem C-bewerteten Spitzenschalldruckpegel von etwa 135 dB.

Lärm verursacht aber nicht nur Gehörschäden, sondern gefährdet generell die Gesundheit und erschwert die Arbeit in Betrieb und Büro (VDI 2058 Blatt 3).

Unfallrisiko

Es besteht ein erhöhtes Unfallrisiko infolge des Überhörens von Signalen und Warnrufen oder infolge von Fehlverhalten als Schreckreaktion auf unerwartete Geräuscheinwirkung.

Beeinträchtigung von Gesundheit und Arbeitsleistung

Die Arbeitsleistung wird reduziert und die Gesundheit kann beeinträchtigt werden

- durch Erhöhung der Beanspruchung des Organismus, insbesondere bei Tätigkeiten mit hohen geistigen Anforderungen zum Beispiel gekennzeichnet durch hohe Konzentration, Aufmerksamkeit und Gedächtnisleistung,
- durch Störung der sprachlichen Kommunikation, zum Beispiel bei Besprechungen am Arbeitsplatz im Betrieb oder bei Lehrtätigkeiten,
- bei kombinierter Belastung, zum Beispiel auf mobilen Maschinen zusammen mit Ganzkörperschwingungen, Hitze, Kälte, Zugluft unter anderem,
- durch negative Beeinflussung physiologischer und psychischer Regulationsmechanismen, die zu erhöhtem Stress-Hormonspiegel, Verengung der peripheren Blutgefäße beziehungsweise zu Verärgerung, Nervosität und Ähnlichem führt und die auf Dauer das Risiko für Erkrankungen z.B. des Herz-Kreislauf-Systems erhöhen kann.

7.1.2 Kenngrößen, Beurteilungskriterien

Das Ausmaß der genannten Gesundheitsbeeinträchtigungen wird hauptsächlich durch die Parameter Schalldruckpegel, Frequenzcharakteristik (zum Beispiel hervortretender Ton), zeitliche Struktur (zum Beispiel Impulshaltigkeit) sowie durch die Schalleinwirkdauer bestimmt und hängt auch von der physischen und psychischen Konstitution der betroffenen Personen ab.

1. Emission, Immission und Exposition

Zur sachgerechten Planung von Lärmminderungsmaßnahmen ist es zweckmäßig, den Lärm in die Bereiche Emission, Immission und Exposition aufzuteilen. So beschreibt
- die Emission die Schallerzeugung und -abstrahlung,
- die Immission die Schalleinwirkung auf einen Ort im Raum und
- die Exposition die Schalleinwirkung auf den Menschen.

Geräuschemission

Als Geräuschemission wird die Luftschallabstrahlung einer Maschine oder anderer Geräuschquellen bezeichnet. Die Kenngrößen der Geräuschemission werden unter genormten Aufstell- und Betriebsbedingungen ohne Schalleinflüsse von anderen Quellen und ohne Reflexionsschall von Wänden und anderen Oberflächen in der Umgebung (siehe Abbildung 7.1-1) ermittelt. Die Geräuschemission ist damit unabhängig von der Umgebung und daher ein quelleneigenes Merkmal. Ihre Kenngrößen sind
- der Schallleistungspegel L_{WA} und
- der Emissions-Schalldruckpegel L_{pA}.

Geräuschimmission

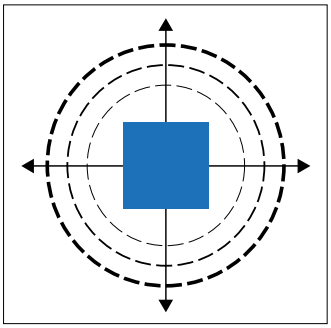
Die Geräuschimmission ist die Summe aller Schalleinwirkungen am betrachteten Raumpunkt, z. B. an einem Arbeitsplatz in einer Werkhalle.

Die Höhe der Geräuschimmission hängt ab
- von der Höhe der Geräuschabstrahlung (Geräuschemission) der eingesetzten Arbeitsmittel (z. B. Maschinen), Arbeitsverfahren, Zusatzausrüstungen, wie Absauganlagen u. ä. Schallquellen,
- von den akustischen Eigenschaften des Raumes, z. B. beschrieben durch die Schallpegelabnahme mit der Entfernung von der Schallquelle (siehe Abschnitt Arbeitsschutzmaßnahmen Schalltechnische Gestaltung von Arbeitsräumen),
- vom Abstand der Quelle(n) zum betrachteten Raumpunkt (Arbeitsplatz),
- von der Anzahl der wirksamen Quellen.

Die Höhe der Geräuschimmission wird im Allgemeinen durch den energieäquivalenten Schalldruckpegel L_{pAeq} beschrieben. Der L_{pAeq} ist der zeitliche Mittelwert des Schalldrucks über einen definierten Zeitraum.

Geräuschexposition

Die Geräuschexposition beschreibt die Schallbelastung von Arbeitnehmern. Sie ist abhängig von der Höhe der Geräuschimmission und der Einwirkungszeit und damit eine personenbezogene Größe. Die Geräuschexposition wird üblicherweise als energieäquivalenter Schalldruckpegel L_{pAeq}, normiert auf eine 8-stündige Arbeitsschicht, ermittelt und als Tageslärmexpositionspegel LEX,8h (ISO 1999, DIN EN ISO 9612) gekennzeichnet. Der Tageslärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$ ist die wichtigste Kenngröße der EG-Richtlinie 2003/10/EG zur Vermeidung von Gefährdungen durch Lärm am Arbeitsplatz und ihrer nationalen Umsetzung, der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (LärmVibrationsArbSchV).

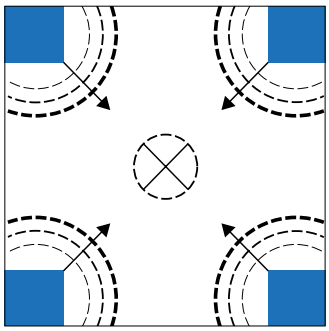


Emission:

- maschinenbezogen
- Betrieb nach Norm
- ohne Reflexionsschall
- ohne Fremdgeräusch

Kenngrößen:

- Schallleistungspegel L_{WA}
- Emissions-Schalldruckpegel L_{pA}
- „Emissions“-Spitzenschalldruckpegel $L_{pC,\,peak}$

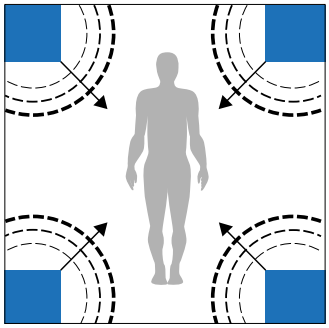


Immission:

- messpunkt-/arbeitsplatzbezogen
- berücksichtigt alle Schalleinwirkungen einschließlich Reflexionsschall
- abhängig vom realen Betrieb der Geräuschquellen

Kenngrößen:

- äquivalenter Dauerschalldruckpegel L_{pAeq}
- ortsbezogener Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$
- Spitzenschalldruckpegel $L_{pC,\,peak}$



Exposition:

- personenbezogen
- berücksichtigt alle Schalleinwirkungen einschließlich Reflexionsschall auf den Arbeitnehmer
- abhängig vom realen Betrieb der Geräuschquellen
- ist abhängig von der Einwirkungszeit

Kenngrößen:

- Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$
- Spitzenschalldruckpegel $L_{pC,\,peak}$

Abbildung 7.1-1. Veranschaulichung von Geräuschemission, -immission und -exposition

2. Auslösewerte, Beurteilungskriterien

Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm und Vibrationen

Die Richtlinie 86/188/EWG von 1986 über den "Schutz der Arbeitnehmer gegen Gefährdung durch Lärm am Arbeitsplatz", im nationalen Recht umgesetzt durch die BGV B3 "Lärm", wurde im Jahr 2003 ersetzt durch die Richtlinie 2003/10/EG über "Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (Lärm)". Diese neue Richtlinie zum Lärmschutz am Arbeitsplatz wurde zusammen mit einer entsprechenden europäischen Richtlinie zum Gefährdungsfaktor Vibrationen (2002/44/EG) im März 2007 durch die Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (LärmVibrationsArbSchV) in nationales Recht umgesetzt, womit gleichzeitig die bisher geltende BGV B3 "Lärm" ihre Gültigkeit verlor.

Auslösewerte

Die Verordnung enthält zwei Auslösewerte für den Tages-Lärmexpositionspegel (80 und 85 dB (A)) und zur besonderen Berücksichtigung impulsförmiger Schallereignisse noch Auslösewerte von 135 und 137 dB für den C-bewerteten Spitzenschalldruckpegel. Darüber hinaus führt die LärmVibrationsArbSchV noch maximal zulässige Expositionswerte ein, die unter Einbezug der Wirkung von Gehörschutz nicht überschritten werden dürfen.

3. Kenngrößen

Tages-Lärmexpositionspegel

Hauptkenngröße für die Lärmbelastung am Arbeitsplatz ist der Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$ (ISO 1999, DIN EN ISO 9612).

Hinweis: Für frequenz- und zeitbewertete Schallpegel sind im Schrifttum etwas differierende Schreibweisen anzutreffen. Manchmal werden die Bewertungskennbuchstaben nur im Formelzeichen genannt, zum Beispiel L_{pAeq} ≤ 85 dB, manchmal zusätzlich oder allein in Klammern hinter dem Maß, zum Beispiel L_{pAeq} ≤ 85 dB(A). Inhaltlich sind die Angaben gleichwertig. Auch der Tageslärmexpositionspegel, bei dem im Formelzeichen die Frequenzbewertung A entsprechend ISO 1999 nicht angegeben wird, ist A-bewertet.

Der Tages-Lärmexpositionspegel am Arbeitsplatz $L_{EX,8h}$ wird gebildet aus dem äquivalenten A-bewerteten Dauerschalldruckpegel für die tatsächliche Dauer der Arbeitsschicht $L_{Aeq,T}$ und der Umrechnung der tatsächlichen Arbeitsschichtdauer T auf die Referenzbeurteilungszeit (nominale Acht-Stunden-Arbeitsschicht) T_r = 8 h:

$$L_{EX,8h} = L_{Aeq,T} + 10\lg(T/T_r)\ \text{dB(A)}$$

$L_{Aeq,T}$ ist der zeitliche Mittelwert des A-bewerteten Schalldruckpegels über die Zeit T, gemessen mit der Zeitbewertung S (= Slow) oder F (= Fast).

Messverfahren

Der Tages-Lärmexpositionspegel ist eine personenbezogene Kenngröße. Er wird in der Praxis am Arbeitsplatz beziehungsweise Maschinenbedienerplatz durch ortsfeste Messungen in Ohrnähe des Arbeitnehmers bestimmt.

Bei Arbeitsaufgaben mit ungeregeltem Aufenthalt an mehreren Arbeitsorten, zum Beispiel bei Instandhaltungspersonal, kann der Tages-Lärmexpositionspegel aus der energetischen Summe der Lärmexpositionspegel, die an den einzelnen Arbeitsorten gemessen wurden, ermittelt werden.

Außerdem besteht die Möglichkeit, den Tages-Lärmexpositionspegel mithilfe von Lärmdosimetern, die möglichst ohrnah am Körper getragen werden, zu bestimmen (DIN EN ISO 9612).

Immissionsprognose

Im Planungsstadium (Errichtung oder wesentliche Änderung von Arbeitsstätten) kann die Geräuschimmission, gekennzeichnet durch L_{pAeq}, mithilfe der Geräuschemissionswerte der vorgesehenen Arbeitsmittel und -verfahren und der Merkmale des Arbeitsraumes, wie Geometrie und Absorptionsvermögen, abgeschätzt werden (VDI 3760, DIN EN ISO 11690-1).

Wochen-Lärmexpositionspegel

Nach § 15 (2) der LärmVibrationsArbSchV kann in besonderen Fällen, zum Beispiel wenn die Lärmexposition von einem Arbeitstag zum anderen erheblich schwankt, auf Antrag nach Genehmigung durch die zuständige Behörde anstatt des Tageslärmexpositionspegels auch der Wochenlärmexpositionspegel verwendet werden, sofern der Wochenlärmexpositionspegel den Expositionswert $L_{EX,40h}$ = 85 dB nicht überschreitet, dies durch eine geeignete Messung nachgewiesen wird und geeignete Maßnahmen getroffen werden, um die mit diesen Tätigkeiten verbundenen Gefährdungen auf ein Minimum zu verringern.
Der Wochenlärmexpositionspegel $L_{EX,40h}$ ergibt sich aus

$$L_{EX,40h} = L_{Aeq,T} + 10\lg(T/40h)\ \text{dB(A)}$$

und ist damit auf eine nominale 40-stündige Arbeitswoche bezogen.

Tages-Lärmexpositionspegel

Hinweis: Bis 2007 wurde der Beurteilungspegel als Kenngröße für die Belastung von Arbeitnehmern durch Lärm über eine achtstündige Arbeitsschicht verwendet. Nach Inkrafttreten der LärmVibrationsArbSchV wird als Leitgröße für die Lärmbelastung nun der Tages-Lärmexpositionspegel verwendet. Die Definition des Beurteilungspegels wurde in der DIN 45645-2 zur Berücksichtigung extraauraler Lärmwirkungen bei Tätigkeiten unterhalb des Pegelbereichs der Gehörgefährdung überarbeitet und wird seit 2018 auch in der ASR A3.7 verwendet.

Spitzenschalldruckpegel

Der C-bewertete Spitzenschalldruckpegel L_{pCpeak} ist die Kenngröße zur Bewertung der Gefährdung durch impulsförmigen Schall. Er kann auf der Emissionsseite die Eigenschaft einer Maschine beschreiben, Schallimpulse zu erzeugen. Im Bereich der Immission kann er aber auch einen Arbeitsplatz, Raumbereich oder Raumpunkt hinsichtlich der dort auftretenden Schallimpulse kennzeichnen oder bei Betrachtung der Exposition eines Arbeitnehmers die einwirkenden Schallimpulse beschreiben. Die Ermittlung des Spitzenschalldruckpegels im Bereich der Emission erfolgt auf Basis der Normenreihe DIN EN ISO 11200.

Auslösewerte

Die LärmVibrationsArbSchV legt untere und obere Auslösewerte fest, bei deren Erreichen oder Überschreiten bestimmte Maßnahmen zu treffen sind.

Die unteren Auslösewerte liegen bei einem
- Tages-Lärmexpositionspegel von $\mathbf{L_{EX,8h}}$**= 80 dB(A**)
- und einem Spitzenschalldruckpegel von $\mathbf{L_{pCpeak}}$**= 135 dB**.

Die oberen Auslösewerte betragen $\mathbf{L_{EX,8h}}$**= 85 dB(A)** und $\mathbf{L_{pCpeak}}$**= 137 dB**.

Lärmbereiche

Lärmbereiche sind räumlich abzugrenzende und mit dem Schild "Gehörschutz tragen" zu kennzeichnende Bereiche in Arbeitsstätten, in denen Schalldruckpegel auftreten, die mit einem erhöhten Gehörschadens- und Unfallrisiko verbunden sind. Als Lärmbereiche gelten nach § 7 (4) LärmVibrationsArbSchV Arbeitsbereiche, in denen die oberen Auslösewerte von

$\mathbf{L_{EX,8h}}$ **= 85 dB(A)** beziehungsweise $\mathbf{L_{pCpeak}}$ **= 137 dB**

erreicht oder überschritten werden. In diesen Bereichen dürfen Beschäftigte nur tätig werden, wenn das Arbeitsverfahren dies erfordert.

Hinweis: Ein Lärmbereich entsteht bereits dann, wenn arbeitsbedingt der Fall

$\mathbf{L_{pCpeak} \geq 137\ dB}$

nur einmal während der Arbeitsschicht eintritt; praktisch kommen so hohe Spitzenwerte jedoch relativ selten vor (zum Beispiel beim Arbeiten mit Bolzensetzgeräten).

Beurteilungspegel

Der Beurteilungspegel L_r ist eine Größe zur Kennzeichnung der typischen Schallimmission für eine Tätigkeit, bestimmt aus dem A-bewerteten äquivalenten Dauerschallpegel L_{pAeq} während der Tätigkeit unter Berücksichtigung von Zuschlägen für die Impulshaltigkeit (K_I = Impulszuschlag) sowie Ton- und Informationshaltigkeit (K_T = Zuschlag für Ton- und Informationshaltigkeit) (ASR A3.7, DIN 45645-2).

Arbeitsstättenverordnung - Anhang A3.7 Lärm

Nach Arbeitsstättenverordnung ist in Arbeitsstätten der Schalldruckpegel so niedrig zu halten, wie es nach der Art des Betriebes möglich ist. Der Schalldruckpegel am Arbeitsplatz in Arbeitsräumen ist in Abhängigkeit von der Nutzung und den zu verrichtenden Tätigkeiten so weit zu reduzieren, dass keine Beeinträchtigungen der Gesundheit der Beschäftigten entstehen.

Diese Anforderung an die Reduzierung der Schalldruckpegel in Arbeitsstätten und an Arbeitsplätzen in Arbeitsräumen werden durch die Arbeitsstättenregel ASR A3.7 konkretisiert. Gegenstand dieser ASR sind Gefährdungen von Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten durch Lärmeinwirkungen einschließlich extraauraler Wirkungen im Hörschallbereich mit Frequenzen zwischen 16 Hz und 16 kHz ab einem A-bewerteten äquivalenten Dauerschallpegel von 80 dB(A).

Für eine schalltechnischen Bewertung werden Tätigkeiten einer Tätigkeitskategorie zugeordnet, die sich nach dem Maß der für die Erfüllung der Arbeitsaufgabe erforderlichen Konzentration oder Sprachverständlichkeit richtet. Bei der Ausübung von Tätigkeiten der Tätigkeitskategorien I und II dürfen maximal zulässige Beurteilungspegel nicht überschritten werden.
Für Tätigkeiten, bei denen überwiegend sprachabhängige kognitive Aufgabenstellungen zu lösen sind sollen Arbeitsplätze ohne Belastung durch Hintergrundsprache zur Verfügung gestellt werden. Das Einspielen von Hintergrundrauschen als Maskierer für die Hintergrundsprache soll vermieden werden.

Tabelle 7.1-1 Tätigkeitskategorien und zugeordnete maximale Beurteilungspegel für Tätigkeiten an Arbeitsplätzen in Arbeitsräumen (ASR A3.7)

Tätigkeitskategorie	Beschreibung	Maximaler Beurteilungspegel L_r in dB(A)
I andauernd hohe Konzentration oder hohe Sprachverständlichkeit	– starke Zuwendung zu einem Arbeitsgegenstand oder -ablauf – exaktes sprachliches Formulieren, Verstehen komplexer Texte – schöpferisches Denken, kreative Entfaltung von Gedankenabläufen – hoher Entscheidungsdruck großer Tragweite ggf. unter Zeitdruck	55
II mittlere bzw. nicht andauernde Konzentration oder mittlere Sprachverständlichkeit	– üblicherweise Routineanteile – Entscheidungen geringerer Tragweite (i.d.R. ohne Zeitdruck) – für Kommunikationszwecke erforderliche Sprachverständlichkeit	70
III geringe Konzentration oder geringe Sprachverständlichkeit	– überwiegend vorgegebener Arbeitsabläufe, hohe Routineanteile – geringere Anforderungen an die Sprachverständlichkeit	Minimierungsgebot

Hinweise und weitere Beispiele zur Zuordnung von praktisch vorkommenden Tätigkeiten zu den Beurteilungspegeln enthält VDI 2058 Blatt 3

Anzustrebende Werte

Meist sind nach dem Stand der Technik und gesicherten arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen niedrigere Pegelwerte als die genannten maximalen Beurteilungspegel erreichbar. Solche Werte (anzustrebende Werte) sind im Regelwerk (Normen, VDI-Richtlinien und Ähnliches) angegeben; sie sollten nach Möglichkeit noch unterschritten werden. Die nachfolgende tabellarische Aufstellung enthält für verschiedene Raumarten die empfohlenen Höchstwerte für Hintergrundgeräusche, beschrieben durch den A-bewerteten äquivalenten Dauerschallpegel L_{pAeq} (ASR A3.7, DIN EN ISO 11690-1).

Raumart	Empfohlenen Höchstwerte für A-bewertete äquivalente Dauerschallpegel L_{pAeq} durch Hintergrundgeräusche $L_{pAeq\ in\ db(A)}$
Konferenzraum, Klassenraum, Schulungsraum, Gruppenraum, Kindertagesstätte, Hörsaal, Seminarraum	35*)
Zweipersonenbüros	40*)
Großraumbüros	45*)
Industrielle Laboratorien	35*) / 52*)
Kontroll-/Steuerräume in der Industrie	35*) / 55*)
Industrielle Arbeitsstätten	65*) / 70*)
*) für maximalen Beurteilungspegel von 55 dB(A) nach Punkt 5.1, **) für maximalen Beurteilungspegel von 70 dB(A) nach Punkt 5.1 ***) kein Beurteilungspegel	

Sprachliche Kommunikation

Steht als Tätigkeitsanforderung die sprachliche Kommunikation im Vordergrund, können als Beurteilungskriterien die Angaben der Tabelle 7.1-2 mit herangezogen werden (VDI 2058 Blatt 3, VDI 2569, DIN ISO 9921). Die in der Tabelle empfohlenen Werte für L_{pAeq} sollten nicht überschritten werden. Sie beziehen sich auf die Summe aller störenden Geräusche (zum Beispiel durch Bürogeräte, Raumlüftungsanlage, Sprechen in benachbarten Arbeitsbereichen, Lärm von außen).

Tabelle 7.1-2 Kriterien für die Sprachkommunikation in Betrieb und Büro

Anforderung an die Sprachverständlichkeit	Sprachverständlichkeit	Sprechaufwand	Entfernung der Gesprächspartner in m	empfohlene Werte für L_{pAeq} in dB
hoch [1]	sehr gut	entspannt bis normal	2 - 4	30 - 40
mittelmäßig [2]	gut	normal bis angehoben	1 - 2	45 - 55
gering [3]	befriedigend	angehoben	1 - 2	55 - 65

[1] Situation: Arbeitsbereich für Gespräche von mehreren Personen (hohe Verantwortung, Fachgespräche, Fremdsprachen)
[2] Situation: Arbeitsbereich für Gespräche von/mit zwei Personen (allgemeine Informationen, arbeitsübliche Gesprächsgegenstände)
[3] Situation: nur für kurze Gespräche geeignet

Bei größeren Entfernungen der Gesprächspartner als angegeben, wird die aufgeführte Qualität der Sprachkommunikation nicht erreicht, bei geringeren Entfernungen wird sie verbessert.

Infraschall, Ultraschall

Soweit eine Belastung durch Infraschall (Frequenzbereich circa 2 Hz bis 20 Hz) oder Ultraschall (Frequenzbereich circa 20 kHz bis über 200 kHz) vermutet wird, sollte VDI 2058 Blatt 2 beachtet werden.

Hinweis:
Mit Infraschall ist unter anderem bei Lichtbogen-Schmelzöfen, Kolbenverdichtern und Mahlwerken für Gestein und Ähnliches, mit Ultraschall bei allen Geräten für Industriezwecke, bei denen Ultraschall die Funktionsbasis ist (zum Beispiel Schweiß-, Bohr-, Lötgeräte, Reinigungsgeräte), zu rechnen.

7.1.3 Arbeitsschutzmaßnahmen

Rechtliche Grundlagen

Die Maßnahmen beruhen in erster Linie auf dem rechtlich festgeschriebenen Grundsatz für den Lärmschutz an Maschinen (9. ProdSV), bei Arbeitsverfahren und an Arbeitsplätzen (ArbStättV, LärmVibrationsArbSchV), Gefährdungen entsprechend dem Stand der Lärmminderungstechnik so weit wie möglich zu verringern (§ 7 (1) der LärmVibrationsArbSchV), auch wenn vorgegebene Emissions- beziehungsweise Immissionsgrenzwerte bereits eingehalten sein sollten.

Nachfolgend sind infrage kommende Maßnahmen bei der Planung von Arbeitsstätten (Errichtung oder wesentliche Änderung) sowie für vorhandene Arbeitsstätten angegeben.

1. Einsatz lärmarmer Arbeitsmittel und Arbeitsverfahren

Auswahlkriterien für lärmarme Arbeitsmittel

Nach § 7 (2) Nr.2 der LärmVibrationsArbSchV sind unter Berücksichtigung des Standes der Lärmminderungstechnik Arbeitsmittel so auszuwählen, dass sie möglichst wenig Lärm erzeugen. Dabei sind zum Beispiel die von Maschinenherstellern entsprechend der Anforderungen in der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG und "Outdoor"-Richtlinie 2000/14/EG anzugebenden Geräuschemissionswerte zu verwenden (§ 3 (2) Nr.1h LärmVibrationsArbSchV). So sollten die zur Auswahl stehenden Arbeitsmittel (Maschinen) möglichst niedrige Werte des Emissions-Schalldruckpegels L_{pA} und des Schallleistungspegels L_{WA} aufweisen. Zwecks Auswahl geräuscharmer Arbeitsmittel sollten bei der Angebotseinholung möglichst umfassende Angaben zur Geräuschemission (siehe Geräuschdatenblatt) angefordert werden.

Hinweis: Die Hersteller von Maschinen und anderen Geräusch abstrahlenden Arbeitsmitteln sind zu bestimmten Angaben über die Geräuschemission (siehe Anlage Geräuschdatenblatt) verpflichtet (2006/42/EG oder als nationale Umsetzung die 9. ProdSV).

Sobald Angaben zur Geräuschemission vorliegen, kann die Arbeitsmittelauswahl vorgenommen werden durch Vergleich

- der Geräuschemissionswerte der Fabrikate des Marktangebotes untereinander,
- der Emissionswerte mit Anhaltswerten, die gegebenenfalls in der zutreffenden Maschinensicherheitsnorm (C-Norm) enthalten sind,
- der Emissionswerte mit Emissionsgrenzwerten zum Beispiel für einige im Freien zu betreibende Maschinen wie Baumaschinen (Geräte- und Maschinenlärmschutzverordnung - 32. BImSchV).

Tabelle 7.1-3 Bereiche von Geräuschemissionswerten für vergleichbare Kettensägen mit Verbrennungsmotor (nach VDI 3748, Stand 1986)

Betriebszustand	Motorleistung in kW	A-Schallleistungspegel L_{WA} in db		
		niedrigster	mittlerer	höchster
Leerlauf	< 4	87	95	104
	≥ 4	94	100	109
Vollgas mit Belastung	< 4	109	113	120
	≥ 4	114	118	122
Vollgas ohne Belastung	< 4	112	118	122
	≥ 4	117	119	122

Die LärmVibrationsArbSchV fordert in § 7 (2) Nummer 1, Arbeitsverfahren entsprechend dem Stand der Lärmminderungstechnik zu gestalten oder auszuwählen und anzuwenden. Lärmarme Arbeitsverfahren sind unter anderem in technischen Regeln (zum Beispiel DIN EN ISO 11690-2, VDI 3759), in der BAuA-Schriftenreihe Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse und in BG-Schriften (Lärmschutzarbeitsblätter LSA der Gruppe 300, zum Beispiel LSA 02-300 (BGI 679)) beschrieben. LSA 02 300 (BGI 679) enthält unter anderem Lärmminderungshinweise zu folgenden Vorgängen:

- Drehen, Sägen, Fräsen, Bohren,
- Schleifen, Polieren, Räumen,
- Falzen, Bördeln, Eintreiben, Hämmern, Richten, Positionieren, Ankörnen,
- Schrauben, Nieten,
- Reinigen, Entgraten.

2. Schalltechnische Gestaltung von Arbeitsräumen

Arbeitsräume sind gemäß § 7 (2) 3 der LärmVibrationsArbSchV so zu gestalten, dass sie dem Stand der Technik entsprechen.

Schallausbreitungsminderung

Die Schallausbreitungsminderung in Arbeitsräumen wird vorzugsweise gekennzeichnet (VDI 3760, DIN EN ISO 11690 Teil 1) durch

- die mittlere Schalldruckpegelabnahme je Abstandsverdopplung von einer Schallquelle DL2 (Idealfall ist die ungehinderte Schallausbreitung wie im Freien mit DL2 = 6 dB) und
- die Schalldruckpegelüberhöhung DLf gegenüber der Schalldruckpegelabnahme im Freien. (Die Mittelung bezieht sich nach VDI 3760 vorzugsweise auf Oktavpegelwerte bei bestimmten Oktavmittenfrequenzen.)

DL2 und DLf werden für bestimmte Entfernungsbereiche von der Quelle ermittelt, in der Regel für den Nah-, Mittel- und Fernbereich.

Räume mit diffusem Schallfeld

In Räumen mit diffusem Schallfeld kann die Schallausbreitungsminderung auch mithilfe

- des mittleren Schallabsorptionsgrades α,
- der Raumbegrenzungsflächen oder
- der Nachhallzeit T

beschrieben werden. Ein Diffusschallfeld kann zum Beispiel angenommen werden, wenn der Raum annähernd würfelförmig und für jede der sechs Begrenzungsflächen $\alpha \leq 0{,}3$ ist. Viele der heute üblichen Werkhallen und größeren Büros sind jedoch aus akustischer Sicht sogenannte Flachräume (Raumlänge oder/und -breite ≥ 3-mal Raumhöhe), bei denen die Beschreibung mittels der Nachhallzeit T oder nur durch den Schallabsorptionsgrad α der Begrenzungsflächen ungeeignet ist.

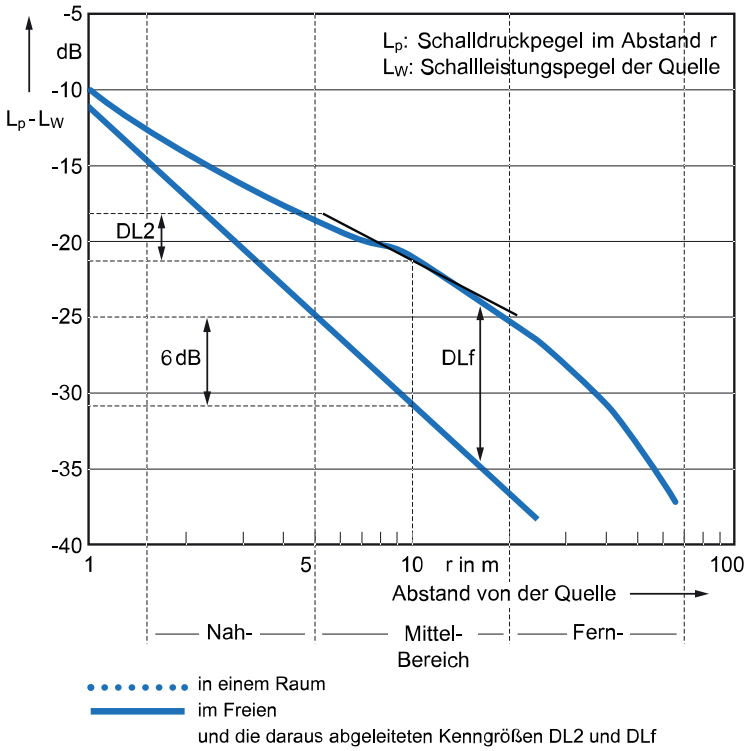


Abbildung 7.1-2. Schalldruckpegelabnahme mit der Entfernung von der Schallquelle (Schallausbreitungskurve)

Schallabsorptionsgrade, Schallausbreitungskurven und damit DL2 und DLf können im Planungsstadium von Arbeitsstätten berechnet oder in vorhandenen Arbeitsstätten mittels Messung ermittelt werden.

Nachweis der Schallausbreitungsminderung

Der Stand der Technik bezüglich der Schallausbreitungsminderung in Arbeitsräumen kann als eingehalten gewertet werden, wenn die Kriterien gemäß Tabelle 4 für fertig eingerichtete Räume (mit Maschinen, Regalen, Paletten, Rohrleitungen und so weiter, wie geplant oder wie vorhanden) erfüllt sind.

Tabelle 7.1-4 Kriterien für Arbeitsräume bezüglich der Schallausbreitungsminderung

Fundstelle des Kriteriums	α	DL2 in dB	DLf in dB
VDI 3760	-	≥ 4 (5 - 16 m)[1)]	≥ 8 (5 - 16 m)[1)]
TRLV Lärm - Teil 3 (Lärmschutzmaßnahmen)	≥ 0,3 (0,5 - 4 kHz)[2)]	≥ 4 (0,5 - 4 kHz)[2)]	-
[1)] Abstandsbereich von der Schallquelle, [2)] Bereich der Oktavmittenfrequenzen			

Raumakustische Anforderungen an Büroräume

In Büroräumen sollen in Abhängigkeit der Nutzungsart im unbesetzten Raum folgende Nachhallzeiten T in den Oktavbändern von 250 Hz bis 2000 Hz nicht überschritten werden (ASR A3.7):

– Callcenter (Büro für kommunikationsbasierte Dienstleistungen): T = 0,5 s,
– Mehrpersonen- und Großraumbüro: T = 0,6 s,
– Ein- und Zweipersonenbüro: T = 0,8 s.

Hinweis:
In der Regel besteht in Büroräumen der Bedarf einer guten Sprachverständlichkeit über geringe Entfernungen, bei der andere, nicht beteiligte Personen nicht gestört werden.

Akustische Anforderungen an Räume in Bildungsstätten

In Bildungsstätten, z. B. Kindertageseinrichtungen, Schulen, Hochschulen, darf in besetztem Zustand des Raumes für die Anforderung „Unterricht mit Personen ohne Bedürfnis nach erhöhter Sprachverständlichkeit“ die Nachhallzeit T soll die mit nachfolgender Formel errechneten Werte in den Oktavbändern von 250 Hz bis 2000 Hz nicht überschreiten. Dabei ist in den Oktavbändern von 250 Hz bis 2000 Hz jeweils eine Toleranz von +/-20 % zulässig (ASR A3.7).

$$T_{soll} = (0{,}32 \cdot \lg V/m^3 - 0{,}17)\ s$$

mit V = Raumvolumen in m^3

Akustische Anforderungen an sonstige Räume mit Sprachkommunikation

Alle sonstigen Arbeitsräume, in denen Sprachkommunikation erforderlich ist, sollen durch raumakustische Maßnahmen so gestaltet werden, dass ein mittlerer Schallabsorptionsgrad von mindestens $\alpha = 0{,}3$ beim eingerichteten Raum erreicht wird. Als anzusetzender Schallabsorptionsgrad α des jeweiligen Oberflächenmaterials ist der arithmetische Mittelwert der Absorptionsgrade in den Oktavbändern mit den Mittenfrequenzen von 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz und 2000 Hz zu nehmen (ASR A3.7).
Alternativ ist in größeren Räumen (>1000 m^3) im Abstandsbereich von 0,75 m bis 6 m eine mittlere Schalldruckpegelabnahme in den Oktavbändern mit den Mittenfrequenzen von 500 Hz bis 4000 Hz je Abstandsverdopplung von mindestens 4 dB ausreichend.

Schallausbreitungsminderung bei Sprachkommunikation

In Arbeitsräumen, in denen eine ungestörte Sprachkommunikation besonders wichtig ist, sind die Anforderungen der DIN 18041 zu berücksichtigen.

Ergeben sich bei der Überprüfung der Räume mittels Rechnung oder Messung ungenügende Werte, sollte die Schallabsorption erhöht werden, zum Beispiel durch Absorber-Deckensysteme, durch Wandverkleidungen und in Büros auch durch textile Fußbodenbeläge.

Um die empfohlenen Werte zu erreichen, sollten den jeweils maßgebenden Geräuscheinflüssen entsprechende technische Maßnahmen vorgenommen werden, zum Beispiel Schalldämpfer für Lüftungskanäle, Erhöhung der Fensterschalldämmung gegen Außenlärm.

3. Weitere technische Schallschutzmaßnahmen

Ergibt sich aus der Lärmbeurteilung (siehe "Grenzwerte, Beurteilungskriterien"), dass trotz der Einhaltung des Standes der Lärmminderungstechnik bei neu angeschafften Arbeitsmitteln oder bei Arbeitsverfahren und Arbeitsräumen (TRLV Lärm: Teil 3 Lärmschutzmaßnahmen, Abschnitte 4.1 - 4.3) anzustrebende, empfohlene Werte oder Auslösewerte überschritten werden, sollten weitere technische Maßnahmen

- an den Hauptlärmquellen (akustische Voll- oder Teilkapseln (DIN EN ISO 15667), Schalldämpfer (DIN EN ISO 14163) und Ähnliches),
- auf dem Schallübertragungsweg zu den Arbeitsplätzen (akustisch wirksame, mindestens 1,80 m hohe Abschirmwände, zum Beispiel um einen Richtarbeitsplatz oder um einen Kommunikationsbereich (Besprechungsecke) im Mehrpersonenbüro),
- an den Arbeitsplätzen (Schallschutzkabinen, zum Beispiel um Messwarten in Kraftwerkshallen)

vorgesehen werden. Tabelle 7.1-5 zeigt Anhaltswerte für die Wirkung solcher Maßnahmen.

Tabelle 7.1-5 Anhaltswerte über die erreichbare Lärmminderung durch Kapseln, Abschirmwände und Kabinen

Schallschutzmaßnahme	A-Schalldruckpegelminderung in dB
Kapsel	
einschalig, ohne absorbierende Auskleidung einschalig, mit absorbierender Auskleidung doppelschalig, mit absorbierender Auskleidung und Körperschallisolierung	5 - 10 10 - 25 20 - 40
Schallabschirmung	
ohne absorbierendem Deckenbereich darüber mit absorbierendem Deckenbereich darüber	bis circa 5 bis circa 10
Schallschutzkabine	15 - 30

4. Lärmminderungsprogramm

Werden bei der Lärmbeurteilung in vorhandenen Arbeitsstätten kennzeichnungspflichtige Lärmbereiche festgestellt (siehe "Grenzwerte, Beurteilungskriterien") beziehungsweise wird einer der oberen Auslösewerte überschritten, so ist für diese Bereiche ein Lärmminderungsprogramm (§ 7 (5) der LärmVibrationsArbSchV) mit technischen und/oder organisatorischen Maßnahmen zu erstellen, schriftlich zu fixieren und durchzuführen (DIN EN ISO 11690-1).

Ein Lärmminderungsprogramm sollte folgende Aufgaben und Arbeitsschritte enthalten:

- Ermittlung der Lärmimmission an den Arbeitsplätzen durch Ermittlung des Tageslärmexpositionspegels $L_{EX,8h}$, wobei angenommen wird, dass sich dort Arbeitnehmer über eine nominale achtstündige Arbeitsschicht aufhalten.
- Ermittlung der Lärmschwerpunkte, das heißt feststellen,
  - an welchen Immissionsorten die höchsten Pegel vorliegen (zum Beispiel anhand einer Schallpegeltopografie),
  - wie viele Beschäftigte dort exponiert sind (Arbeitsplatzkataster),
  - welche Schallquellen am jeweils betrachteten Ort für die Lärmbelastung ausschlaggebend sind (Hauptlärmquellen).
- Beschaffung (Herstellerangaben, Messung unter anderem) der Emissionswerte der Hauptlärmquellen (Arbeitsmittel, Arbeitsverfahren) und Prüfung in Bezug auf den Stand der Technik oder die Einhaltung von Emissionsgrenzwerten (siehe "Einsatz lärmarmer Arbeitsmittel und Arbeitsverfahren"; DIN EN ISO 11690 2)
- Analyse der Geräuschursachen bei den Hauptlärmquellen, die nicht dem Stand der Technik entsprechen (vorrangig zu behandelnde Hauptlärmquellen)
- Prüfung der Schallausbreitungsbedingungen im Arbeitsraum in Bezug auf den Stand der Technik (siehe Schalltechnische Gestaltung von Arbeitsräumen)
- Festlegung von technischen und verfahrenstechnischen Maßnahmen für die vorrangig zu behandelnden Hauptlärmquellen anhand technischer Regeln und Ähnliches (DIN EN ISO 11690-2, VDI-Richtlinien, Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse der BAuA, BG-Lärmschutz-Arbeitsblätter) und der Fachliteratur sowie von technischen Maßnahmen auf dem Schallausbreitungsweg
- Durchführung einer Immissionsprognose zur Einschätzung der Wirkung der vorgesehenen Maßnahmen, gegebenenfalls Variation der Maßnahmen
- Aufstellung eines Zeitplans mit Prioritätenstufung zur Durchführung und Realisierung der Maßnahmen
- Festlegung zur zeitlich begrenzten Anwendung von Gehörschutz
- Nachprüfung des Erfolges des realisierten Lärmminderungsprogramms (vorzugsweise durch Messungen)
- Aktualisierung des Lärmminderungsprogramms bei Weiterentwicklung des Standes der Technik oder bei wesentlicher Änderung der zugrunde liegenden Lärmsituation

5. Gehörschutz und arbeitsmedizinische Gehörvorsorge

Anwendungskriterien

Überschreitet der Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$80 dB(A), sind den Beschäftigten geeignete persönliche Gehörschutzmittel (DGUV Regel 112-194, DGUV Information 212-673, DGUV Information 250-418, DIN EN 458) zur Verfügung zu stellen. Dabei muss sichergestellt werden, dass die maximal zulässigen Expositionswerte $L_{EX,8h}$ = 85 dB(A) beziehungsweise L_{pCpeak} = 137 dB unter Einbeziehung der dämmenden Wirkung des Gehörschutzes nicht überschritten werden.

Anwendungskontrolle

Bei $L_{EX,8h}$ ≥ 85 dB(A) hat der Arbeitgeber dafür Sorge zu tragen, dass die Beschäftigten den persönlichen Gehörschutz bestimmungsgemäß verwenden. Zustand und Wirksamkeit des Gehörschutzes sind in regelmäßigen Abständen zu überprüfen.

Bei $L_{EX,8h}$ ≥ 85 dB(A) haben die Beschäftigten die bereitgestellten Gehörschutzmittel zu verwenden.

Arbeitsmedizinische Vorsorge

Bei $L_{EX,8h}$ ≥ 80(A) dB sind vom Arbeitgeber arbeitsmedizinische Angebotsvorsorge anzubieten. Bei $L_{EX,8h}$ ≥ 85 dB(A) ist der Arbeitgeber verpflichtet, regelmäßige arbeitsmedizinische Pflichtvorsorge zu veranlassen. Diese Pflichtvorsorge umfasst unter anderem eine erste Vorsorge vor Aufnahme einer gefährdenden Tätigkeit sowie Vorsorge in regelmäßigen Abständen (Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV)).

Hinweis: Der Berufsgenossenschaftliche Grundsatz G 20 enthält Hinweise zu Inhalt der Vorsorg bei Lärmexposition sowie zur arbeitsmedizinischen Beurteilung der erhobenen Befunde. Die Vorsorge schließt audiometrische Tests und die ärztliche Beratung zur Gehörschützeranwendung ein. Beschäftigte sollten die ihnen ausgehändigten Gehörschützer zur Vorsorge mitbringen (DGUV Information 250-418, ZH 1/565.4). Tritt ein Hörverlust plötzlich ein, ist sofortige ärztliche Behandlung angezeigt.

6. Sonstige Maßnahmen

Erkennbarkeit akustischer Warnsignale

Die ausreichende Erkennung akustischer Signale, von Warnrufen und Gefahr ankündigenden Geräuschen ist durch Lärmminderungsmaßnahmen sicherzustellen; ist ausreichende Lärmminderung nicht möglich, ist die Signalgebung zu verbessern (DIN EN ISO 7731).

Hinweis: siehe hierzu auch Abschnitt Mensch-Maschine/Rechner-Schnittstelle.

7.1.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur

Gesetze, Verordnungen

- Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm und Vibrationen - Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (LärmVibrationsArbSchV)
- Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)
- 32. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes - Geräte und Maschinenlärmschutzverordnung (32. BlmSchV)
- Gesundheitsschutz-Bergverordnung (GesBergV)
- Neunte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Maschinenverordnung) (9. ProdSV)
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV)
- Jugendarbeitsschutzgesetz (JArbSchG)
- Mutterschutzgesetz (MuSchG)

Technische Regelwerke zu den Arbeitsschutzverordnungen

- TRLV Lärm: Teil Allgemeines
- TRLV Lärm: Teil 1 Beurteilung der Gefährdung durch Lärm
- TRLV Lärm: Teil 2 Messung von Lärm
- TRLV Lärm: Teil 3 Lärmschutzmaßnahmen
- ASR A3.7: Lärm

Weitere Regeln der Technik

- DIN EN 458: Gehörschützer - Empfehlungen für Auswahl, Einsatz, Pflege und Instandhaltung - Leitfaden
- ISO 1999 :Acoustics – Determination of occupational noise exposure and estimation of noise induced hearing impairment
- DIN EN ISO 9612: Akustik - Bestimmung der Lärmexposition am Arbeitsplatz - Verfahren der Genauigkeitsklasse 2 (Ingenieurverfahren)
- DIN EN ISO 4871: Akustik - Angabe und Nachprüfung von Geräuschemissionswerten von Maschinen und Geräten
- DIN ISO 9921: Ergonomie - Beurteilung der Sprachkommunikation
- DIN EN ISO 11690-1: Akustik - Richtlinien für die Gestaltung lärmarmer maschinenbestückter Arbeitsstätten: Allgemeine Grundlagen
- DIN EN ISO 11690-2: Akustik - Richtlinien für die Gestaltung lärmarmer maschinenbestückter Arbeitsstätten: Lärmminderungsmaßnahmen
- DIN 45645-2: Ermittlung des Beurteilungspegels am Arbeitsplatz bei Tätigkeiten unterhalb des Pegelbereiches der Gehörgefährdung
- DIN ISO 15667: Akustik – Leitfaden für den Schallschutz durch Kapseln und Kabinen (ISO 15667); Deutsche Fassung EN ISO 15667
- DIN ISO 14163: Akustik - Leitlinien für den Schallschutz durch Schalldämpfer (ISO 14163); Deutsche Fassung EN ISO 14163
- VDI 2058 Blatt 2: Beurteilung von Lärm hinsichtlich Gehörgefährdung
- VDI 2058 Blatt 3: Beurteilung von Lärm am Arbeitsplatz unter Berücksichtigung unterschiedlicher Tätigkeiten
- VDI 2569: Schallschutz und akustische Gestaltung im Büro
- VDI 2720 Blatt 2: Schallschutz durch Abschirmung in Räumen
- VDI 3759: Lärmminderung beim Transport von Blechen, Profilen, Hohlkörpern
- VDI 3760: Berechnung und Messung der Schallausbreitung in Arbeitsräumen
- DIN EN ISO 7731: Ergonomie - Gefahrensignale für öffentliche Bereiche und Arbeitsstätten - Akustische Gefahrensignale
- DIN ISO 18041: Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen
- DGUV Regel 112-194: Einsatz von Gehörschutz
- DGUV Information 2050-418: Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 20 "Lärm"
- DGUV Information212-673: Empfehlungen zum Tragen von Gehörschützern bei der Teilnahme am öffentlichen Straßenverkehr
- DGUV Information 212-23: Ärztliche Beratung zum Gehörschutz

– DGUV Information 212-24: Gehörschützer-Informationen

Literatur

– [1] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
Lärmminderung.
Dortmund, ab 1979 (Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse 1/79 ff.)

Internetangebote / Links

– **Lärm und Akustik**
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)
– **Gefährdungsfaktor Lärm**
Arbeitsschutzverwaltung des Landes Brandenburg
– **Themenfeld Lärmminderung und Raumakustik**
Berufsgenossenschaft Holz und Metall - Fachbereich Holz und Metall,
Sachgebiet Fertigungsgestaltung, Akustik, Lärm und Vibrationen

7.1.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

- Ist gehörschädigender Lärm unwahrscheinlich? (Anzeichen: Unterhaltung in einem Meter Abstand voneinander mit gehobener Stimme ist befriedigend möglich.)
- Können akustische Signale bei Lärm vollständig gehört werden?
- Können akustische Signale bei Lärm eindeutig erkannt werden?
- Gibt es störende Geräusche, die eine sachgerechte Erledigung der Arbeitsaufgaben (Durchführung, Ergebnisse) beeinflussen?
- Wird den Beschäftigten bei Überschreitung der unteren Auslöseschwelle Gehörschutz zur Verfügung gestellt?
- Sind Lärmbereiche ermittelt worden?
- Sind Lärmbereiche mit $L_{EX,8h}$ > 85 dB (A)
  beziehungsweise L_{pCpeak} > 137 dB (C) gekennzeichnet?
- Werden geeignete Gehörschutzmittel getragen?
- Werden für die kennzeichnungspflichtigen Lärmbereiche Lärmminderungsprogramme umgesetzt?
- Werden vor der Beschaffung neuer Maschinen Geräuschemissionswerte vom Hersteller erfragt?
- Werden bei der Beschaffung lärmarme Maschinen/Geräte ausgewählt?
- Wurden die Beschäftigten über die sachgerechte möglichst lärmarme Verwendung von Arbeitsmitteln informiert?
- Werden lärmarme Arbeitsverfahren angewendet?
- Werden bei gehörschädigendem oder störendem Lärm Maßnahmen zur Lärmminderung erarbeitet?
- Entsprechen die akustischen Eigenschaften der Arbeitsräume dem Stand der Technik?
- Werden Beschäftigte bei Erreichen und Überschreiten der unteren Auslösewerte über Gesundheitsgefährdungen und Schutzmaßnahmen informiert?
- Erhalten die Beschäftigten bei Überschreitung der unteren Auslösewerte eine allgemeine arbeitsmedizinische Beratung?
- Werden arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen der Beschäftigten veranlasst, wenn die oberen Auslösewerte erreicht oder überschritten werden?
- Werden die Schallschutzvorrichtungen instand gehalten?

Festgestellte Gefährdungen/Mängel

- Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$ = 80 dB (A)
  beziehungsweise L_{pCpeak} = 135 dB (C)
- Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$ > 80 dB (A)
  beziehungsweise L_{pCpeak} > 135 dB (C)
- Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$ = 85 dB (A)
  beziehungsweise L_{pCpeak} = 137 dB (C)
- Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$ > 85 dB (A)
  beziehungsweise L_{pCpeak} > 137 dB(C)
- Lärm stört Sprachverständigung; störende Geräusche und Töne durch ...
- Lärm durch ... (Maschine, Gerät, Ausblasöffnungen, Verkehr)
- Hintergrundgeräuschpegel im Raum ist zu hoch
- Raum ist zu hallig
- Schallschutzvorrichtungen an Maschinen/Geräten ... sind beschädigt
- Fenster- und Türschalldämmung ist zu gering
- Lärmminderungsprogramm fehlt oder ist mangelhaft
- Lärmbereiche sind nicht gekennzeichnet
- Lärmexponierte sind nicht erfasst
- fehlende oder ungeeignete Gehörschutzmittel
- Gehörschutzmittel werden nicht getragen
- keine Gehörvorsorgeuntersuchung für Lärmexponierte bei Erreichen oder Überschreiten der oberen Auslösewerte

Maßnahmen

– lärmarme Maschinen/Geräte auswählen
– lärmarmes Arbeitsverfahren auswählen
– Fachleute für Lärmschutz konsultieren
– Lärmmessung veranlassen
– Schallausbreitungsmessung im Raum veranlassen
– Schallschutzvorrichtung an Maschine/Gerät instand setzen oder erneuern
– Lärmbereich kennzeichnen
– Lärmexponierte erfassen
– Unterweisung durchführen über ... (Lärmgefährdung, Tragen von Gehörschutz, lärmarme Verwendung von Arbeitsmitteln)
– geeignete Gehörschutzmittel auswählen und bereitstellen
– Tragen der Gehörschutzmittel veranlassen
– Tragen von Gehörschutz über die gesamte Schicht sicherstellen/kontrollieren ...
– Lärmminderungsprogramm aufstellen für Bereich
– Schallschutzmaßnahme auswählen und realisieren ... (zum Beispiel Kapsel, Abschirmwand, Schalldämpfer, Absorber-Deckenverkleidung)

Downloads

– Geräuschdatenblatt für die Beschaffung von Maschinen
(Geräuschemissionsangaben entsprechend EG-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG)

7.1.6 Autoren Ansprechpartner und Anlagen

Autoren

– Dr.-Ing. P. Kurtz
– Dr.-Ing. G. Brockt

Ansprechpartner

– Dr.-Ing. G. Brockt
BAuA, Gruppe 2.2, Dortmund

Anlagen

– Anlage: Geräuschdatenblatt für die Beschaffung von Maschinen

ANLAGE

Geräuschdatenblatt für die Beschaffung von Maschinen

Bezeichnung (Maschine, Anlage, Gerät, Zusatzaggregat, Seriennummer):

_____

_____

_____

Geräuschemissionsangaben entsprechend EG-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG

Kenngrößen	Leerlauf	Last/Bearbeitung	angewendete Norm
Zweizahl-Angabe nach DIN EN ISO 4871			
Schallleistungspegel L_{WA} (in dB re 1 pW)	_____dB	_____dB	_____
Unsicherheit K_{WA}	_____dB	_____dB	_____
Emissionsschalldruckpegel am Arbeitsplatz L_{pA} (in dB re 20 µPa) oder an anderen festgelegten Orten	1._____dB	1._____dB	_____
	2._____dB	2._____dB	_____
	3._____dB	3._____dB	
Unsicherheit K_{pA}	_____dB	_____dB	
Spitzenschalldruckpegel L_{pCpeak} (in dB re 20 µPa)	_____dB	_____dB	_____

Einzahl-Angabe des garantierten Schallleistungspegels nach DIN EN ISO 4871 für Maschinen die unter die „Outdoor“-Richtlinie 2000/14/EG fallen

Schallleistungspegel L_{WAd} (in dB re 1 pW)	_____dB	_____dB	

Geräuschdatenblatt Seite 2:

Zusätzliche Angaben:

1 m - Messflächen-Schalldruckpegel $L_{pA,1m}$ (in dB re 20 µPa)	_____dB	_____dB	

☐ Lage der/des Messpunkte(s) am Arbeitsplatz:

_____
_____
_____
_____
_____

☐ Betriebsbedingungen während der Geräuschemissionsmessung:

_____
_____
_____
_____
_____

nach Norm ☐

Norm: _____

oder abweichend ☐

Erläuterungen: _____
_____

☐ Gibt es zusätzliche maschinenspezifische Schallschutzmaßnahmen?

_____
_____
_____
_____
_____

Weitere Angaben (z.B. Tonhaltigkeit des Geräusches): _____
_____
_____
_____
_____
_____

7.2 Ganzkörpervibrationen

Ganzkörper-Vibrationen werden durch mechanische Schwingungen verursacht, die von Maschinen und/oder Fahrzeugen am Arbeitsplatz über den Sitz oder die Füße übertragen werden.

Ganzkörper-Vibrationen treten vorwiegend in Fahrzeugen, Flugzeugen, auf Schiffen und mobilen Arbeitsmitteln wie Baggern, Raupen und Bohrgeräten, sowie an Arbeitsplätzen auf stationären Maschinen auf. Die Expositionen entstehen zum Beispiel durch Fahrbahnunebenheiten, durch die Antriebsmaschinen sowie durch die Arbeitseinrichtungen [1], [2].

7.2.1 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen

Wirkungen von Ganzkörpervibrationen

Ganzkörper-Vibrationen können Leistungsfähigkeit und Wohlbefinden beeinträchtigen sowie eine Belastung der Wirbelsäule bewirken. Langjährige, intensive, vorwiegend vertikale Einwirkungen können zur Berufskrankheit BK 2110 "Schäden der Wirbelsäule" führen [3], [4], [5], [6].

Ganzkörper-Vibrationen können sich auch negativ auf die Verdauungsorgane sowie auf eine bestehende Schwangerschaft auswirken.

Beim Betrieb von stationären Maschinen in Gebäuden können die Deckenschwingungen zur Belästigung der Beschäftigten sowie zur Beeinträchtigung von Tätigkeiten führen, die hohe Konzentration und Feinmotorik erfordern.

Eine langzeitige intensive Exposition gegenüber Ganzkörper-Vibrationen kann zu einer mittelbaren oder unmittelbaren Gefährdung von Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten führen und Rückenbeschwerden verursachen, verschlimmern und möglicherweise zu Erkrankungen der Lendenwirbelsäule führen.

7.2.2 Grenzwerte, Beurteilungskriterien

Beurteilungsgrößen

In § 9 Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (LärmVibrationsArbSchV) sind Expositionsgrenzwerte und Auslösewerte angegeben. Für Ganzkörper-Vibrationen betragen

- der Expositionsgrenzwert
  - A(8) = 1,15 m/s² in (horizontaler) X- und Y-Richtung und
  - A(8) = 0,80 m/s² in (vertikaler) Z-Richtung und
- der Auslösewert A(8) = 0,50 m/s²(für alle Richtungen).

Der festgelegte Expositionsgrenzwert und der Auslösewert werden auf eine Achtstundenschicht bezogen [1].

Bewertung

Die Bewertung des Ausmaßes der Exposition gegenüber Ganzkörper-Vibrationen erfolgt nach dem Stand der Technik (zum Beispiel VDI 2057-1, ISO 2631-1) anhand der Berechnung der Tagesexposition A(8). Diese wird ausgedrückt als die äquivalente, normierte Vibrationsexposition bezogen auf einen Zeitraum von acht Stunden, berechnet als der höchste Wert der Effektivwerte der frequenzbewerteten Beschleunigungen in den drei unterschiedlich gewichteten orthogonalen Richtungen ($1{,}4 \cdot a_{wx}$, $1{,}4 \cdot a_{wy}$, $1{,}0 \cdot a_{wz}$) für einen sitzenden oder stehenden Beschäftigten.

Die Bewertung des Ausmaßes der Exposition kann mittels einer Schätzung anhand von Herstellerangaben zum Ausmaß der von den verwendeten Arbeitsmitteln verursachten Ganzkörper-Vibrationen und mittels Beobachtung der spezifischen Arbeitsweisen oder durch Messungen vorgenommen werden.

Besonders schutzbedürftige Personengruppen

Jugendliche sowie werdende und stillende Mütter dürfen nicht mit Arbeiten beschäftigt werden, bei denen die Sicherheit und die Gesundheit der betroffenen Personen durch Stöße und Vibrationen gefährdet wird. Durch eine Beurteilung aller Tätigkeiten sind Art, Ausmaß und Dauer der Gefährdung und mögliche Auswirkungen abzuschätzen und erforderliche Maßnahmen zu bestimmen.

Gefährdungsbeurteilung / Messverfahren

Der Arbeitgeber hat sicherzustellen, dass eine Gefährdungsbeurteilung erfolgt und gegebenenfalls Messungen nach dem Stand der Technik von fachkundigen Personen durchgeführt werden. Dazu müssen

- Messverfahren und -geräte den vorhandenen Arbeitsplatz- und Expositionsbedingungen angepasst sein; dies betrifft insbesondere die physikalischen Eigenschaften der zu messenden Vibrationen, die Dauer der Einwirkung und die Umgebungsbedingungen.
- die Messverfahren und -geräte geeignet sein, die jeweiligen physikalischen (Kenn-)Größen zu bestimmen und die Entscheidung zu erlauben, ob die Auslöse- und Grenzwerte eingehalten werden.

Die durchzuführenden Messungen können auch eine Stichprobenerhebung umfassen, die für die persönliche Exposition eines Beschäftigten repräsentativ ist. Der Arbeitgeber hat die Dokumentation über die ermittelten Messergebnisse mindestens 30 Jahre in einer Form aufzubewahren, die eine spätere Einsichtnahme ermöglicht [1].

Messung

Im Falle von Messungen können Stichprobenverfahren verwendet werden, wenn sie für die betreffenden Ganzkörper-Vibrationen, denen der einzelne Beschäftigte ausgesetzt ist, repräsentativ sind. Die eingesetzten Verfahren müssen den besonderen Merkmalen der zu messenden Ganzkörper-Vibrationen, den Umweltfaktoren und den technischen Merkmalen des Messgerätes angepasst sein.

Arbeitsmedizinische Vorsorge

Die Arbeitsmedizinische Vorsorge dient der Beurteilung der individuellen Wechselwirkungen von Arbeit und physischer und psychischer Gesundheit und der Früherkennung arbeitsbedingter Gesundheitsstörungen sowie der Feststellung, ob bei Ausübung einer bestimmten Tätigkeit eine erhöhte gesundheitliche Gefährdung besteht.

Arbeitgeberseitig wird zwischen Pflichtvorsorge und Angebotsvorsorge unterschieden.

Pflichtvorsorge gemäß ArbMedVV ist vom Arbeitgeber regelmäßig zu veranlassen, wenn der Expositionsgrenzwert

$A(8) = 1{,}15\ m/s^2$ in X- und Y-Richtung oder
$A(8) = 0{,}80\ m/s^2$ in Z-Richtung

für Tätigkeiten mit Ganzkörper-Vibrationen erreicht oder überschritten werden.

Angebotsvorsorge ist vom Arbeitgeber anzubieten, wenn der Auslösewert

$A(8) = 0{,}50\ m/s^2$

für Tätigkeiten mit Ganzkörper-Vibrationen überschritten wird.

Technische Regeln zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung

Mit den Anfang 2010 veröffentlichten Technischen Regeln zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (TRLV) wird die LärmVibrationsArbSchV hinsichtlich der Ermittlung und Bewertung von Gefährdungen durch Vibrationen, hinsichtlich der Messung von Vibrationen sowie der Ableitung von geeigneten Schutzmaßnahmen konkretisiert. Entsprechend dem fortschreitenden Wissenstand wurden alle Teile der TRLV Vibrationen Anfang 2015 aktualisiert.

Als zusätzliche Informationsquelle für die Gefährdungsbeurteilung durch Vibrationen sind Gefährdungstabellen ein Bestandteil der TRLV. Bei Anwendung der TRLV kann von der Einhaltung der Vorschriften der LärmVibrationsArbSchV ausgegangen werden.

7.2.3 Arbeitsschutzmaßnahmen

Arbeitsverfahren und-mittel

Allgemein können folgende Arbeitsschutzmaßnahmen getroffen werden [8]:

- alternative Arbeitsverfahren, die die Expositionen verringern
- Auswahl und Einsatz neuer Arbeitsmittel, die möglichst geringe Vibrationen verursachen, zum Beispiel Einsatz schwingungsgedämpfter Fahrerkabinen
- Bereitstellung von Zusatzausrüstungen, die Ganzkörper-Vibrationen wirkungsvoll dämpfen, zum Beispiel geeignete Fahrersitze
- Wartungsprogramme für Arbeitsmittel, Arbeitsplätze und Anlagen sowie Fahrbahnen
- Schulung der Beschäftigten im bestimmungsgemäßen Einsatz und in der sicheren und vibrationsarmen Bedienung von Arbeitsmitteln
- Begrenzung der Dauer der Exposition

Arbeitsorganisation

Maßnahmen zur Expositionsminderung:

- Die Arbeit sollte so organisiert werden, dass die tägliche Zeit der Schwingungsexposition nicht zu einer möglichen Überschreitung des Auslösewertes führt.
- Fahrbahnunebenheiten, zum Beispiel auf unbefestigten Wegen, auf Baustellen, auf Werksstraßen, in Toreinfahrten, sollten gemindert oder beseitigt werden.

Fahrzeugsitze

In Abhängigkeit von den Einsatzbedingungen und vom Fahrzeugtyp sollten schwingungsisolierende Fahrzeugsitze oder Kabinen ausgewählt werden. Eventuell sind dafür Beratungen oder Schwingungsmessungen durch Experten erforderlich.

- Die Federung, Dämpfung und Polsterung von Fahrzeugsitzen sollte instand gehalten werden.
- Die Schwingungsübertragung von stationären Maschinen auf den Menschen kann durch eine ordnungsgemäß ausgelegte Schwingungsisolierung der Maschine oder des Arbeitsplatzes vermindert werden.

Bei Expositionen oberhalb des Auslösewertes ist der Arbeitgeber für die Ausarbeitung und Durchführung eines Programms mit Maßnahmen zur Beseitigung oder Minimierung der Exposition gegenüber Ganzkörper-Vibrationen verantwortlich [1].

7.2.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur

Gesetze, Verordnungen

- Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm und Vibrationen (LärmVibrationsArbSchV)
- Neunte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Maschinenverordnung) (9. ProdSV)
- Jugendarbeitsschutzgesetz (JArbSchG)
- Mutterschutzgesetz (MuSchG)
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV)

Technische Regelwerke zu den Arbeitsschutzverordnungen

- TRLV Vibrationen: Teil Allgemeines
- TRLV Vibrationen: Teil 1 Beurteilung der Gefährdung durch Vibrationen
- TRLV Vibrationen: Teil 2 Messung von Vibrationen
- TRLV Vibrationen: Teil 3 Vibrationsschutzmaßnahmen
- Gefährdungstabellen bei Vibrationen (zu Abschnitt 4.2 TRLV Vibrationen: Teil 1)
- Benutzungshinweise für die Gefährdungstabellen

Weitere Regeln der Technik

- ISO 2631-1: Mechanische Schwingungen und Stöße – Bewertung der Einwirkung von Ganzkörper-Vibrationen auf den Menschen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- ISO 2631-5: Mechanische Schwingungen und Stöße - Bewertung der Einwirkung von Ganzkörper-Vibrationen auf den Menschen - Teil 5: Methode zur Bewertung stoßhaltiger Ganzkörper-Vibrationen
- VDI 2057-1: Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen. Blatt 1: Ganzkörper-Schwingungen
- VDI 3831: Schutzmaßnahmen gegen die Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen
- DGUV Information 250-453 (bisher BGI/GUV-I 504-46): Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G46 "Belastungen des Muskel und Skelettsystems einschließlich Vibrationen"

Geltendes EU-Recht

- **Richtlinie 2002/44/EG**des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (Vibrationen). 16. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nummer L 177 vom 6.7.2002, Seiten 13-19

Literatur

- [1] Bundesministerium für Arbeit und Soziales (Hrsg.):
  CD-ROM: Arbeitsschutz
  Die CD beinhaltet verschiedene Broschüren zum Arbeitsschutz. Neben aktuellen Verordnungen und Technischen Regeln sind die beiden Handbücher "Ganzkörpervibrationen" und "Hand-Arm-Vibrationen" enthalten. Die Handbücher sind auch separat zum Download verfügbar. Beide Publikationen sind ein rechtlich nicht bindendes Handbuch im Hinblick auf die Umsetzung der Richtlinie 2002/44/EG über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (Vibrationen).
  Bonn: BMAS 2015
- [2] Christ, E.; Fischer, S.; Kaulbars, U.; Sayn, D.:
  Vibrationseinwirkung an Arbeitsplätzen – Kennwerte der Hand-Arm- und Ganzkörperbelastung
  Sankt Augustin: HVBG 2006 (BGIA Report, 6/2006)
- [3] Bovenzi, M., Hulshof C.T.J.:
  An updated review of epidemiologic studies on the relationship between exposure to whole-body vibration and low back pain
  Int Arch. Occup. Environ. Health 72 1999, 351-65.
- [4] Fachausschuss Maschinenbau, Fertigungssysteme, Stahlbau, Berufsgenossenschaft Metall Nord Süd (Hrsg.):
  Gefährdungsbeurteilung "Vibrationen" bei handgeführten und -gehaltenen Arbeitsmaschinen: Hinweise zur Nutzung von Herstellerangaben aus Bedienungsanleitungen

Mainz-Weisenau: 07/2006 (Fachausschuss-Informationsblatt 017)
– [5] Fachausschuss Maschinenbau, Fertigungssysteme, Stahlbau, Berufsgenossenschaft Metall Nord Süd (Hrsg.):
Vibrationen am Arbeitsplatz: Hilfestellung zur Umsetzung der LärmVibrationsArbSchV.
Mainz-Weisenau: 05/2007 (Fachausschuss- Informationsblatt 008)
– [6] Seidel, H.; Griffin, M. J.:
Whole-body Vibration
In: Stellmann, J. M.; Mc Cann, M.; Warshaw, L.; Brabant, C.: Encyclopaedia of Occupational Health and Safety. Vol. 2. Psychological and organizational factors, hazards, the environment, accidents, and safety.
4. ed. Geneva: ILO 1998, ISBN 92-2-1098 15-X (V2)
– [7] European Agency for Safety and Health at Work:
Workplace exposure to vibration in Europe: an expert review
Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities 2008
– [8] Griffin, M. J.; Howarth, H. V. C.; et al.:
Handbuch zum Thema Ganzkörper-Schwingungen.
Rechtlich nicht bindendes Handbuch im Hinblick auf die Umsetzung der Richtlinie 2002/44/EG über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (Schwingungen). 2006.

Internetangebote / Links

– **KarLA - Katalog repräsentativer Lärm- und Vibrationsdaten am Arbeitsplatz**
Landesamt für Arbeitsschutz Brandenburg
– **Kennwertrechner für Ganzkörper-Vibrationen**
Landesamt für Arbeitsschutz Brandenburg
– **Spezieller Rechner für Erdbaumaschinen**
Landesamt für Arbeitsschutz Brandenburg
– **Punktetabelle für Ganzkörper-Vibrationen**
Landesamt für Arbeitsschutz Brandenburg

7.2.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

- Wird häufig auf unbefestigtem Gelände gefahren?
- Werden täglich vibrierende Maschinen/Fahrzeuge über einen längeren Zeitraum gefahren?
- Muss über schlecht gewartete Straßen und Wege gefahren werden?
- Kann eine Vibrationsminderung durch Optimierung der Fahrbahn erreicht werden?
- Werden beim Einsatz der Maschinen Stöße beobachtet?
- Müssen unergonomische Haltungen beim Fahren eingenommen werden oder Arbeiten mit manuellen Handhabungen durchgeführt werden?
- Melden Arbeitnehmer Beschwerden?

Festgestellte Gefährdungen / Mängel

- häufiges Fahren auf unbefestigtem Gelände
- defekte Federung, Dämpfung, Polsterung des Sitzes im Fahrzeug
- unergonomische Haltungen wie zum Beispiel häufiges Verdrehen oder unbewegte Haltung über lange Zeiträume

Maßnahmen

- Substituierung durch andere Arbeitsmittel
- Auswahl der Arbeitsmittel
- Gestaltung von Aufgaben und Prozessen
- Arbeitspläne, Zeitregime
- Schulung und Information der Arbeitnehmer
- Fachleute für Schwingungsschutz konsultieren, Vibrationsminderungsprogramm entwickeln
- Schwingungsmessung veranlassen

7.2.6 Autoren und Ansprechpartner

Autoren:
- Dr. B. Hinz
- Dr. M. Schust
- Dipl.-Ing. D. Lee

Ansprechpartner:
- Dr. M. Schust
  Gruppe 2.2, Dortmund

7.3 Hand-Arm-Vibrationen

Hand-Arm-Vibrationen werden durch Maschinenschwingungen verursacht, die über die Handinnenfläche und die Finger in Hände und Arme übertragen werden und zu einer mittelbaren oder unmittelbaren Gefährdung von Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten führen können. Hand-Arm-Vibrationen können bei langjähriger Exposition zu chronischen Beschwerden bzw. Erkrankungen führen. Hochgerechnet auf alle betroffenen Branchen kann davon ausgegangen werden, dass ca. 1,8 Millionen Beschäftigte in Deutschland allein durch HandArm-Vibrationen gesundheitsgefährdend belastet sind.

Hand-Arm-Vibrationen werden vorwiegend durch rotierend oder schlagend arbeitende Handmaschinen oder durch Werkstücke, die während der Bearbeitung mit den Händen gehalten werden, verursacht [1], [2].

7.3.1 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen

Wirkungen von Hand-Arm-Vibrationen

Arbeitnehmer, deren Hände regelmäßig Vibrationen ausgesetzt sind, leiden möglicherweise an Schädigungen, die zu den allgemein unter dem Begriff "vibrationsbedingte Erkrankungen" [1] bekannten Symptomen führen, zum Beispiel Knochen- oder Gelenkschäden, Durchblutungsstörungen oder neurologische Erkrankungen.

Durch langjährige Tätigkeit mit starken Hand-Arm-Vibrationen können degenerative Veränderungen der Handknochen, der Gelenke in der Hand, des Ellenbogens und der Schultern entstehen. Diese sind mit Schmerzen und Bewegungseinschränkungen verbunden. Außerdem können Durchblutungsstörungen in den Fingern auftreten, die sich durch Taubheit und Kribbeln in den Fingern äußern und bis zu krampfartigen Attacken führen (Vibrationsbedingtes vasospastisches Syndrom bzw. Weißfinger-Krankheit) [3], [4].

Lang dauernde, intensive Hand-Arm-Vibrationen können zu den Berufskrankheiten BK 2103 "Erkrankungen durch Erschütterung bei Arbeit mit Druckluftwerkzeugen oder gleichartig wirkenden Werkzeugen oder Maschinen" sowie BK 2104 "Vibrationsbedingte Durchblutungsstörungen an den Händen" führen. Anfang 2015 trat eine Änderung der Berufskrankheiten-Verordnung in Kraft, welche die Erkrankungen "Carpaltunnel-Syndrom (CTS)" und "Hypothenar-Hammer-Syndrom (HHS)" bzw. "Thenar-Hammer-Syndrom (THS)" als Berufskrankheiten BK 2113 und BK 2114 anerkennt.

Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten können beeinträchtigt werden
- durch zeitweiliges oder andauerndes Kribbeln und Schmerzen in den Händen,
- durch Einschränkungen der Beweglichkeit und der Durchblutung in Händen und Armen,
- bei kombinierter Belastung, zum Beispiel mit Lärm, Hitze, Kälte und Zugluft.

7.3.2 Grenzwerte, Beurteilungskriterien

Beurteilungsgrößen und Expositionsdauer

In § 9 Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (LärmVibrationsArbSchV) sind Expositionsgrenzwerte und Auslösewerte angegeben.
Für Hand-Arm-Vibrationen beträgt
- der Expositionsgrenzwert A(8) = 5 m/s² und
- der Auslösewert A(8) = 2,50 m/s².

Der festgelegte Expositionsgrenzwert und der Auslösewert werden auf eine Achtstundenschicht bezogen [1].

Bewertung

Die Bewertung des Ausmaßes der Exposition gegenüber Hand-Arm-Vibrationen erfolgt nach dem Stand der Technik (zum Beispiel VDI 2057-2, DIN EN ISO 5349-1) anhand der Berechnung des auf einen Bezugszeitraum von acht Stunden normierten Tagesexpositionswertes A(8).

Dieser wird ausgedrückt als Quadratwurzel aus der Summe der Quadrate (Gesamtwert) der Effektivwerte der frequenzbewerteten Beschleunigung in den drei orthogonalen Richtungen a_{hwx}, a_{hwy}, a_{hwz}.

Die Bewertung des Ausmaßes der Exposition kann mittels einer
- Schätzung anhand der Herstellerangaben zum Ausmaß der von den verwendeten Arbeitsmitteln verursachten Hand-Arm-Vibrationen und
- mittels Beobachtung der spezifischen Arbeitsweisen oder
- durch Messung vorgenommen werden.

Gefährdungsbeurteilung

Der Arbeitgeber hat sicherzustellen, dass eine Gefährdungsbeurteilung erfolgt und gegebenenfalls Messungen nach dem Stand der Technik von fachkundigen Personen durchgeführt werden. Dazu müssen
- Messverfahren und -geräte den vorhandenen Arbeitsplatz- und Expositionsbedingungen angepasst sein; dies betrifft insbesondere die Eigenschaften der zu messenden Vibrationen, die Dauer der Einwirkung und die Umgebungsbedingungen und
- Messverfahren und -geräte geeignet sein, die jeweiligen physikalischen Größen zu bestimmen und die Entscheidung zu erlauben, ob Auslöse- und Expositionsgrenzwert eingehalten sind.

Die durchzuführenden Messungen können auch eine Stichprobenerhebung umfassen, die für die persönliche Exposition eines Beschäftigten repräsentativ ist. Der Arbeitgeber hat die Dokumentation über die ermittelten Messergebnisse mindestens 30 Jahre in einer Form aufzubewahren, die eine spätere Einsichtnahme ermöglicht [1].

Messverfahren

Im Falle von Messungen
- können Stichprobenverfahren verwendet werden, wenn sie für die fraglichen Hand-Arm-Vibrationen, denen der einzelne Beschäftigte ausgesetzt ist, repräsentativ sind; die eingesetzten Verfahren und Vorrichtungen müssen hierbei den besonderen Merkmalen der zu messenden Hand-Arm-Vibrationen, den Umweltfaktoren und den technischen Merkmalen des Messgerätes angepasst sein.
- sind diese an Geräten, die beidhändig gehalten oder geführt werden müssen, an jeder Hand vorzunehmen. Die Exposition wird unter Bezug auf den höheren der beiden Werte ermittelt; der Wert für die andere Hand wird ebenfalls angegeben.

Arbeitsmedizinische Vorsorge

Die Arbeitsmedizinische Vorsorge dient der Beurteilung der individuellen Wechselwirkungen von Arbeit und physischer und psychischer Gesundheit und der Früherkennung arbeitsbedingter Gesundheitsstörungen sowie der Feststellung, ob bei Ausübung einer bestimmten Tätigkeit eine erhöhte gesundheitliche Gefährdung besteht. Arbeitgeberseitig wird zwischen Pflichtvorsorge und Angebotsvorsorge unterschieden.

Pflichtvorsorge gemäß ArbMedVV ist vom Arbeitgeber regelmäßig zu veranlassen, wenn der Expositionsgrenzwert

A(8) = 5 m/s²

für Tätigkeiten mit Hand-Arm-Vibrationen erreicht oder überschritten wird.

Angebotsvorsorge ist vom Arbeitgeber anzubieten, wenn der Auslösewert

$A(8) = 2{,}5\ m/s^2$

für Tätigkeiten mit Hand-Arm-Vibrationen überschritten wird.

Technische Regeln zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung

Mit den Anfang 2010 veröffentlichten Technischen Regeln zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (TRLV) wird die LärmVibrationsArbSchV hinsichtlich der Ermittlung und Bewertung von Gefährdungen durch Vibrationen, hinsichtlich der Messung von Vibrationen sowie der Ableitung von geeigneten Schutzmaßnahmen konkretisiert. Entsprechend dem fortschreitenden Wissenstand wurden alle Teile der TRLV Vibrationen Anfang 2015 aktualisiert.

Als zusätzliche Informationsquelle für die Gefährdungsbeurteilung durch Vibrationen sind Gefährdungstabellen ein Bestandteil der TRLV. Bei Anwendung der TRLV kann von der Einhaltung der Vorschriften der LärmVibrationsArbSchV ausgegangen werden.

7.3.3 Arbeitsschutzmaßnahmen

Arbeitsverfahren und -mittel

Zu den Maßnahmen gehören:
- alternative Arbeitsverfahren, die die Expositionen verringern
- Auswahl und Einsatz neuer Arbeitsmittel, die möglichst geringe Vibrationen verursachen, zum Beispiel schwingungsgedämpfte handgehaltene oder handgeführte Arbeitsmaschinen [1].

Arbeitsorganisation

Zu den Maßnahmen gehören:
- Wartungsprogramme für Arbeitsmittel und Arbeitsplätze
- Schulung der Beschäftigten im bestimmungsgemäßen Einsatz und in der sicheren und vibrationsarmen Bedienung von Arbeitsmitteln
- Begrenzung der Dauer der Exposition

Technische Maßnahmen

Maßnahmen zur Expositionsminderung:
- Es sind möglichst schwingungsarme Technologien auszuwählen.
- Die Griffschwingungen bei Handmaschinen sind vom Hersteller durch Anwendung der Prinzipien des schwingungsarmen Konstruierens möglichst niedrig zu halten. Die technische Dokumentation von Handmaschinen muss eine Angabe zur Schwingungsemission enthalten. Vom Nutzer ist ein Maschinentyp mit möglichst geringer Schwingungsemission und nicht überdimensionierter Maschinenleistung zu wählen.
- Kalte Hände sind während der Schwingungsbelastung zu vermeiden, zum Beispiel durch Handschuhe, durch Arbeitspausen.

Bei Expositionen oberhalb des Auslösewertes ist der Arbeitgeber für die Ausarbeitung und Durchführung eines Programms mit Maßnahmen zur Beseitigung oder Minimierung der Exposition gegenüber Hand-Arm-Vibrationen verantwortlich [1].

7.3.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur

Gesetze, Verordnungen

- Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (LärmVibrationsArbSchV)
- Neunte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Maschinenverordnung) (9. ProdSV)
- Jugendarbeitsschutzgesetz (JArbSchG)
- Mutterschutzgesetz (MuschG)
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV)

Technische Regelwerke zu den Arbeitsschutzverordnungen

- TRLV Vibrationen: Teil Allgemeines
- TRLV Vibrationen: Teil 1 Beurteilung der Gefährdung durch Vibrationen
- TRLV Vibrationen: Teil 2 Messung von Vibrationen
- TRLV Vibrationen: Teil 3 Vibrationsschutzmaßnahmen
- Gefährdungstabellen bei Vibrationen (zu Abschnitt 4.2 TRLV Vibrationen: Teil 1)
- Benutzungshinweise für die Gefährdungstabellen

Weitere Regeln der Technik

- DIN EN ISO 5349-1: Mechanische Schwingungen - Messung und Bewertung der Einwirkung von Schwingungen auf das Hand-Arm-System des Menschen, Teil 1 : Allgemeine Anforderungen
- DIN EN ISO 5349-2: Mechanische Schwingungen - Messung und Bewertung der Einwirkung von Schwingungen auf das Hand-Arm-System des Menschen, Teil 2 : Praxisgerechte Anleitung zur Messung am Arbeitsplatz
- DIN SPEC 45694: Mechanische Schwingungen – Anleitung zur Beurteilung der Belastung durch Hand-Arm-Schwingungen aus Angaben zu den benutzten Maschinen einschließlich Angaben von den Maschinenherstellern. CEN/TR 15350:2013
- DIN V 45695: Hand-Arm-Schwingungen – Leitfaden zur Verringerung der Gefährdung durch Schwingungen – Technische und organisatorische Maßnahmen. CR 1030-1:1995 + CR 1030-2 - 1995
- VDI 2057-2: Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen. Blatt 2: Hand-Arm-Schwingungen
- VDI 3831: Schutzmaßnahmen gegen die Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen
- DGUV Information 250-453 (bisher BGI/GUV-I 504-46): Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G46 "Belastungen des Muskel und Skelettsystems einschließlich Vibrationen"

Geltendes EU-Recht

- **Richtlinie 2002/44/EG** des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (Vibrationen). 16. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nummer L 177 vom 6.7.2002, Seiten 13-19

Literatur

- [1] Bundesministerium für Arbeit und Soziales (Hrsg.):
  CD-ROM: Arbeitsschutz
  Die CD beinhaltet verschiedene Broschüren zum Arbeitsschutz. Neben aktuellen Verordnungen und Technischen Regeln sind die beiden Handbücher "Ganzkörpervibrationen" und "Hand-Arm-Vibrationen" enthalten. Die Handbücher sind auch separat zum Download verfügbar. Beide Publikationen sind ein rechtlich nicht bindendes Handbuch im Hinblick auf die Umsetzung der Richtlinie 2002/44/EG über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (Vibrationen).
  Bonn: BMAS 2015
- [2] Christ, E.; Fischer, S.; Kaulbars, U.; Sayn, D.:
  Vibrationseinwirkung an Arbeitsplätzen – Kennwerte der Hand-Arm- und Ganzkörperbelastung
  Sankt Augustin: HVBG 2006 (BGIA Report, 6/2006)
- [3] Bovenzi, M., Hulshof C.T.J.:
  An updated review of epidemiologic studies on the relationship between exposure to whole-body vibration and low back pain
  Int Arch. Occup. Environ. Mealth 72 1999, 351-65.

– [4] Fachausschuss Maschinenbau, Fertigungssysteme, Stahlbau, Berufsgenossenschaft Metall Nord Süd (Hrsg.):
Gefährdungsbeurteilung "Vibrationen" bei handgeführten und –gehaltenen Arbeitsmaschinen: Hinweise zur Nutzung von Herstellerangaben aus Betriebsanleitungen
Mainz-Weisenau: 07/2006 (Fachausschuss-Informationsblatt 017)
– [5] Fachausschuss Maschinenbau, Fertigungssysteme, Stahlbau, Berufsgenossenschaft Metall Nord Süd (Hrsg.):
Vibrationen am Arbeitsplatz: Hilfestellung zur Umsetzung der LärmVibrationsArbSchV
Mainz-Weisenau: 05/2007 (Fachausschuss-Informationsblatt 008)
– [6] European Agency for Safety and Health at Work (Hrsg.):
Workplace exposure to Vibration in Europe: an expert review
Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities 2008
– [7] Griffin, M. J.; Howarth, H. V. C.; et al.:
Handbuch zum Thema Hand-Arm-Schwingungen
Rechtlich nicht bindendes Handbuch im Hinblick auf die Umsetzung der Richtlinie 2002/44/EG über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (Schwingungen)
2007

Internetangebote / Links

– **KarLA – Katalog repräsentativer Lärm- und Vibrationsdaten am Arbeitsplatz**
Landesamt für Arbeitsschutz Brandenburg
– **Kennwertrechner für Hand-Arm-Vibrationen**
Landesamt für Arbeitsschutz Brandenburg
– **Punktetabelle für Hand-Arm-Vibrationen**
Landesamt für Arbeitsschutz Brandenburg

7.3.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

– Werden vibrationsarme Handmaschinen benutzt?
– Wird die tägliche Zeit der Belastung durch Hand-Arm-Vibrationen minimiert?
– Hat der Maschinenhersteller die Vibrationsemissionen (richtlinienkonform) angegeben?
– Werden vibrationsarme Maschinen / Geräte ausgewählt?
– Wird geprüft, ob durch Arbeitsschutzmaßnahmen (zum Beispiel Schwingungsisolierung) die Belastung durch Hand-Arm-Schwingungen reduziert werden kann?
– Werden kalte Hände während der Benutzung von Handmaschinen vermieden, zum Beispiel durch Handschuhe oder Aufwärmmöglichkeiten?

Festgestellte Gefährdungen / Mängel

– Entstehung von Kribbeln oder Taubheitsgefühl in den Händen nach Arbeiten mit vibrierenden Werkzeugen
– häufiges oder langzeitiges Benutzen von vibrierenden Handmaschinen

Maßnahmen

– Substituierung durch andere Arbeitsmittel
– Auswahl der Arbeitsmittel
– Gestaltung des Arbeitsplatzes, Mitarbeiterschulung, Informationen über mögliche Gefährdungen
– Arbeitspläne, Zeitregime
– Arbeitsschutzhandschuhe, Antivibrationsgriffe
– Fachleute für Schwingungsschutz konsultieren
– Schwingungsmessung veranlassen

7.3.6 Autoren und Ansprechpartner

Autoren:
- Dr. B. Hinz
- Dr. M. Schust
- Dipl.-Ing. D. Lee

Ansprechpartner:
- Dr. M. Schust
  Gruppe 2.2, Dortmund

7.4 Optische Strahlung

Gefährdungen durch optische Strahlung bekommen einen zunehmend höheren Stellenwert. Erhöhte Exposition durch neue technologische Entwicklungen sowie stetige Leistungssteigerung von Lampen- und Lasersystemen, aber auch durch die natürliche Sonnenstrahlung erfordern angepasste Maßnahmen zur Vermeidung möglicher Gefährdungen.

7.4.1 Einführung

Wellenlänge und Spektrum

Unter optischer Strahlung versteht man die elektromagnetische Strahlung im Bereich der Wellenlängen (λ) von 100 nm bis 1 mm.

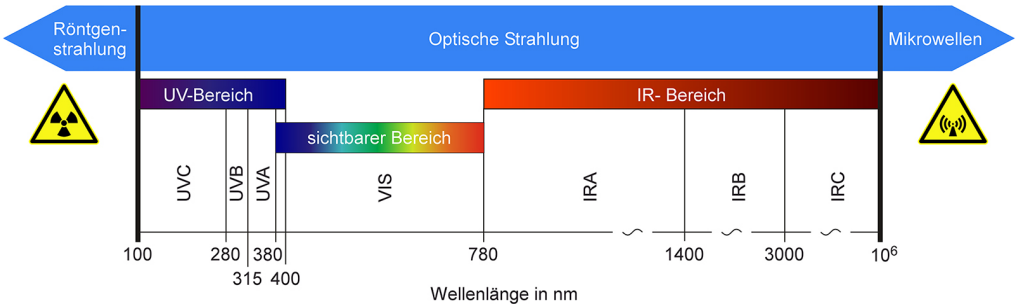


Abb. 7.4-1 Spektralbereiche der optischen Strahlung

Das Spektrum der optischen Strahlung wird unterteilt in ultraviolette (UV), sichtbare (VIS) und infrarote (IR) Strahlung (Tabelle 7.4-1).

Tabelle 7.4-1 Einteilung der optischen Strahlung

Optische Strahlung	Wellenlänge λ
ultraviolette Strahlung	100 nm bis 400 nm
sichtbare Strahlung	380 nm bis 780 nm
Infrarotstrahlung	780 nm bis 1 mm

Kohärente und inkohärente Strahlung

Weiterhin wird zwischen der kohärenten und inkohärenten optischen Strahlung unterschieden. Lichtwellen sind kohärent, wenn sie von einer Lichtquelle mit gleicher Wellenlänge und Schwingungsart ausgesandt werden. Laserquellen erzeugen kohärente Strahlung. Bei allen anderen optischen Strahlungsquellen sind diese Voraussetzungen nicht erfüllt, sie emittieren inkohärente Strahlung.

7.4.2 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen

Schäden an Haut und Auge

Durch optische Strahlung können Schädigungen an Haut und Auge hervorgerufen werden. Das Ausmaß der Schädigungen ist von den Parametern Wellenlänge, Expositionsdauer und Betriebsart (kontinuierlich oder gepulst) abhängig.

UV-Strahlung

Die ultraviolette Strahlung hat im Spektralbereich der optischen Strahlung die höchste Quantenenergie. Sie wird unterteilt in UV-A, UV-B (starke biologische Wirkung) und UV-C (tödlich für Bakterien und Viren). Akute Wirkungen verursachen Hautrötungen, Bindehaut- und Hornhautentzündungen, langfristige Wirkungen können zu vorzeitiger Hautalterung, Hautkrebs (Basaliom, Spinaliom, malignes Melanom) und zur Trübung der Augenlinse (grauer Star) führen.

Sichtbare Strahlung und nahe Infrarotstrahlung

Die sichtbare Strahlung ($380 \leq \lambda \leq 780$ nm) und Strahlung aus dem nahen Infrarotbereich ($\lambda \leq 1400$ nm) können bis zur Netzhaut vordringen und sind daher für die Augensicherheit relevant (ausreichende Helligkeit, Vermeidung von Blendung). Hier können in Abhängigkeit von Wellenlänge und Einwirkungsdauer photochemische und thermische Schädigungen entstehen. Eine akute Gefährdung bis hin zum Verlust des Augenlichtes besteht beim ungeschützten Blick in die Sonne. Bei langjähriger Einwirkung von Infrarotstrahlung kann eine Trübung der Augenlinse (grauer Star) auftreten.

Wärmestrahlung

Strahlung aus dem langwelligen Infrarotbereich ($1400 \text{ nm} \leq \lambda \leq 1 \text{ mm}$) nennt man Wärmestrahlung. Sie kann Hautverbrennungen sowie thermische Belastungen des Organismus verursachen.

Laserstrahlung

Laserstrahlung ist eine kohärente optische Strahlung, die meist stark gebündelt ist und einen sehr engen Wellenlängenbereich hat.

Die Schädigungsmöglichkeiten sind die gleichen wie bei nicht kohärenter ultravioletter, sichtbarer und infraroter Strahlung. Durch die starke Bündelung entsteht jedoch eine wesentlich höhere Strahlungsintensität und damit ein weitaus höheres Gefährdungspotential.

Für die Augensicherheit ist der sichtbare Bereich ($380 \leq \lambda \leq 780$ nm) und der nahe Infrarotbereich ($\lambda \leq 1400$ nm) von besonderer Bedeutung. Hier wird die Strahlung durch die Linse des Auges fokussiert, was die Schädigungsmöglichkeit der Netzhaut zusätzlich um ein Vielfaches verstärkt.

Gepulste Laserstrahlung erfordert eine besondere Gefährdungsanalyse [1], [2].

7.4.3 Grenzwerte, Beurteilungskriterien

Verordnung zum Schutz der Beschäftigen vor der Gefährdung durch künstliche optische Strahlung (OStrV)

Mit der Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung (OStrV) ist die EU-Richtlinie 2006/25/EG in deutsches Recht umgesetzt worden und bildet gemeinsam mit dem Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) den Rechtsrahmen für den Schutz vor Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung am Arbeitsplatz. Sie ist am 27. Juli 2010 in Kraft getreten.

Die OStrV ist für jegliche Gefährdungen durch optische Strahlung aus künstlichen Quellen an Arbeitsplätzen verbindlich. Eine zentrale Forderung der OStrV ist die Ermittlung und Bewertung der Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung am Arbeitsplatz. Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach § 5 des Arbeitsschutzgesetzes hat der Arbeitgeber zunächst festzustellen, ob Beschäftigte am Arbeitsplatz optischer Strahlung aus künstlichen Quellen ausgesetzt sind bzw. sein können. Ist dies der Fall, hat er alle hiervon ausgehenden Gefährdungen für die Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten zu beurteilen und gegebenenfalls Schutzmaßnahmen zu ergreifen [4].

Technische Regeln zur OStrV

Um die Anwendung der OStrV in der betrieblichen Praxis zu unterstützen, wurden Technische Regeln zur OStrV erarbeitet.

Technische Regeln lösen die Vermutungswirkung aus und bieten damit Rechtssicherheit für Anwender. Das bedeutet, dass Arbeitgeber bei Anwendung Technischer Regeln davon ausgehen können, die Arbeitsschutzvorschriften der entsprechenden Rechtsverordnung einzuhalten. Andere Lösungen sind möglich, müssen aber nachweislich mindestens den gleichen Schutz für die Beschäftigten gewährleisten.

Die Technischen Regeln für inkohärente optische Strahlung aus künstlichen Quellen (TROS IOS) und die TROS Laserstrahlung stehen unter www.baua.de/tros zum Download zur Verfügung.

TROS IOS und TROS Laserstrahlung konkretisieren insbesondere die Festlegungen zur Gefährdungsbeurteilung, zur Messung und Berechnung von inkohärenter optischer Strahlung und Laserstrahlung, sowie für Schutzmaßnahmen. Jede TROS enthält einen Teil Allgemeines und drei weitere Teile.

Teil Allgemeines

Der Teil Allgemeines erläutert den Anwendungsbereich der OStrV und enthält die wesentlichen Begriffe, die bei der Umsetzung der OStrV hinsichtlich inkohärenter optischer Strahlung und Laserstrahlung relevant sind sowie Angaben zu tatsächlichen oder möglichen Gefährdungen der Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten durch inkohärente optische Strahlung und Laserstrahlung. In der Anlage zu diesem Teil werden die biologischen Wirkungen von optischer Strahlung erläutert.

Teil 1 Beurteilung der Gefährdung

Der Teil 1 "Beurteilung der Gefährdung durch inkohärente optische Strahlung" der TROS Inkohärente Optische Strahlung (TROS IOS) und der Teil 1 "Beurteilung der Gefährdung durch Laserstrahlung" der TROS Laserstralung behandeln das Vorgehen bei der Beurteilung von Gefährdungen durch Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung und Laserstrahlung nach § 3 OStrV. Sie konkretisieren die Vorgaben der OStrV innerhalb des durch § 5 und § 6 des Arbeitsschutzgesetzes vorgegebenen Rahmens. Es werden Anforderungen an fachkundige Personen festgelegt.

Teil 2 Messungen und Berechnungen von Expositionen

Der Teil 2 "Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung" der TROS IOS und der Teil 2 "Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber Laserstrahlung" der TROS Laserstrahlung beschreiben das Vorgehen bei den Messungen und Berechnungen von Expositionen nach dem Stand der Technik, wie es in der OStrV gefordert wird. Es werden, Expositionsgrenzwerte (EGW) erläutert und weiterführende Anwendungshinweise dazu gegeben.

Messungen vor Ort verlangen umfangreiche Fachkenntnisse und große Erfahrung. Für Fachkundige, die Expositionsmessungen und -berechnungen im Zusammenhang mit Laserstrahlung durchführen müssen, bietet

der Teil 2 vor allem zahlreiche Beispiele aus der Praxis. Mit einem Ablaufschema wird die Vorprüfung, ob zur Ermittlung der Exposition überhaupt Messungen oder Berechnungen erforderlich sind, unterstützt.

Hinweise zur Messstrategie optischer Strahlung sowie Messprotokolle können nachfolgend entnommen werden.

Anlage 1: Messstrategie zur Messung optischer Strahlung
Anlage 2: Messprotokoll zur Messung optischer Strahlung

Leitfaden zur Richtlinie 2006/25/EG

Zur Unterstützung der Umsetzung der EU-Richtlinie 2006/25/EG in den Mitgliedstaaten hat die EU-Kommission einen unverbindlichen europäischen Leitfaden herausgegeben. Besonderes Augenmerk lag dabei auf Artikel 4 "Ermittlung der Exposition und Bewertung der Risiken" und Artikel 5 "Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung der Risiken" sowie zu den Expositionsgrenzwerten nach Anhang I "Inkohärente optische Strahlung" und Anhang II "Laserstrahlung". In den Anhängen des Leitfadens werden die Eigenschaften der optischen Strahlung, ihre biologische Wirkung auf das Auge und die Haut sowie der Gebrauch von Substanzen, die die Lichtempfindlichkeit von Menschen verstärken, erläutert. Weiterhin sind umfangreich ausgearbeitete Beispiele für einige künstliche Quellen optischer Strahlung enthalten und Tätigkeitsbereiche beschrieben, wie z. B. in der Glas- und Stahlverarbeitung.

Der Leitfaden bietet für Arbeitgeber, insbesondere von kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU), auch eine gute Hilfestellung zur Anwendung der OStrV. Für die Praxis von großem Nutzen sind die im Anhang aufgeführten beispielhaften Gefährdungsbeurteilungen für verschiedene Anwendungen von optischen Strahlungsquellen. Der Leitfaden wurde in der deutschen Fassung 2011 veröffentlicht [7].

Laserklassen/Risikogruppen

Für die Sicherheit von Laserprodukten gilt die nach der europäischen Niederspannungsrichtlinie harmonisierte Norm DIN EN 60825-1. Worst-Case-Betrachtungen innerhalb entsprechender Sicherheitskonzepte führen zu einem System von Laserklassen, das auch bei der Gefährdungsbeurteilung und der Festlegung von Schutzmaßnahmen eine wichtige Rolle spielt. Dadurch lassen sich auch Messungen oder Berechnungen auf ein Mindestmaß reduzieren. Nach DIN EN 60825-1 (2015) sind Laser in die Klassen 1, 1M,1C, 2, 2M, 3R, 3B und 4 (höchste Klasse) eingeteilt.

Inkohärente optische Strahlungsquellen werden nach DIN EN 62471 in Risikogruppen RG0 (freie Gruppe) RG1, RG2 und RG3 eingeteilt. Je höher die Gruppe, desto höher ist die potenzielle Gefährdung, die von der Quelle ausgeht.

7.4.4 Arbeitsschutzmaßnahmen

Technische Regeln zur Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (TROS) Teil 3 - Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen

Der Teil 3 "Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen durch inkohärente optische Strahlung" der TROS Inkohärente Optische Strahlung (TROS IOS) und der Teil 3 "Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen durch Laserstrahlung" der TROS Laserstrahlung beschreiben das Vorgehen bei der Festlegung von Schutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik, wie es in der Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (OStrV) gefordert wird.

Die Anforderungen zur Dokumentation der anzuwendenden Schutzmaßnahmen sind im Kapitel 10 der TROS IOS Teil 1 "Beurteilung der Gefährdung durch inkohärente optische Strahlung" und TROS Laserstrahlung Teil 1 "Beurteilung der Gefährdung durch Laserstrahlung" festgelegt.

Einsatz sicherer Arbeitsmittel

Arbeitgeber dürfen nur solche Arbeitsmittel zur Verfügung stellen und verwenden lassen, die unter Berücksichtigung der vorgesehenen Einsatzbedingungen sicher sind. Dazu müssen die Arbeitsmittel die Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen der entsprechenden Richtlinien wie beispielsweise der europäischen Regelungen nach Maschinenrichtlinie, Niederspannungsrichtlinie sowie deren nationale Umsetzungen erfüllen und auch über die erforderlichen sicherheitsrelevanten Ausrüstungen verfügen. Arbeitgeber sollen bei der Beschaffung von Arbeitsmitteln darauf achten, dass diese nach europäisch harmonisierten Produktsicherheitsnormen entwickelt und gebaut wurden.

Im Bereich der Normung wird die Emission der Strahlungsquellen beschrieben und somit sind dort Emissionsgrenzwerte definiert. Für die Gefährdungsbeurteilung an Arbeitsplätzen, die Quellen optischer Strahlung enthalten, können Herstellerangaben entsprechend den in diesem Abschnitt angeführten Normen herangezogen werden. Wenn zur Gefährdungsbeurteilung Emissionsangaben des Herstellers nach Normen verwendet werden, ist zu überprüfen, ob die der Norm zugrunde liegenden Bedingungen für die Risikobeurteilung auf die Arbeitsbedingungen übertragen werden können.

Produkte dürfen gemäß Produktsicherheitsgesetz (ProdSG) grundsätzlich nur auf dem Markt bereitgestellt werden, wenn sie nach allgemein anerkannten "Regeln der Technik" so beschaffen sind, dass Benutzer oder Dritte bei ihrer bestimmungsgemäßen Verwendung vor Gefahren aller Art für Leben und Gesundheit geschützt sind.

In Tabelle 7.4-2 sind für einige Produktgruppen beispielhaft harmonisierte europäische Normen dargestellt.

Tabelle 7.4–2 Harmonisierte Normen zur optischen Strahlungssicherheit nach Produktgruppe

Produktgruppen, die optische Strahlung emittieren	Harmonisierte Normen zur Produktsicherheit bzgl. optischer Strahlung – gelistet unter:	
	Maschinen-RL	Niederspannungs-RL
Lasereinrichtungen allgemein	-	EN 60825-1
Lasereinrichtungen für die Materialbearbeitung allgemein	EN ISO 11553-1	EN 60825-4
Handgeführte Laserbearbeitungsgeräte	EN ISO 11553-2	-
Laser und LED in der Lichtwellenleitertechnik	-	EN 60825-2
Laser in der Freiraum-Datenübertragung	-	EN 60825-12
Strahlungsemissionen von Maschinen (auch optisch)	EN 12198	-
Lampen und Lampensysteme	-	EN 62471

Kennzeichnung und Zutrittsbeschränkung von Räumen ist bei intensiver Strahlung zu fordern. Sicherheitsklassen lassen sich selbst für höhere Gefährdungsgrade relativ leicht festlegen, wenn die Strahlung als gerichteter Strahl (Laser, andere optische Quellen) nur einen bestimmten Raumbereich überstreicht.

Laserschutzbeauftragter

Für das sichere Betreiben Lasereinrichtungen mit hohem Gefährdungspotential (Laserklassen 3R, 3B und 4) ist ein Laserschutzbeauftragter nach OStrV zu bestellen.

Natürliche optische Strahlung

Die Arbeitgeber in Deutschland sind nach dem Arbeitsschutzgesetz verpflichtet, erforderliche Maßnahmen für den Gesundheitsschutz und die Sicherheit ihrer Beschäftigten am Arbeitsplatz zu treffen.

Da die gesundheitlichen Risiken der natürlichen ultravioletten Strahlung seit Langem nachgewiesen und anerkannt sind, sollten sich Arbeitgeber dieser Verpflichtung und der damit verbundenen Verantwortung bewusst sein.

Es gelten insbesondere die Verpflichtungen
- zur Gefährdungsbeurteilung (Expositionsermittlung und -bewertung),
- zur Festlegung und Anwendung von Schutzmaßnahmen,
- zur Unterweisung,
- zur arbeitsmedizinischen Vorsorge.

Geeignete Schutzmaßnahmen sind in [2], [8], [9] beschrieben. Basierend auf der Merkformel "Die Haut vergisst keine einzige Bestrahlung" zur Langzeitwirkung von ultravioletter Strahlung sollte daher die berufliche UV-Exposition minimiert werden

7.4.5 Vorschriften, Regelwerk, Literatur

Gesetze, Verordnungen

- Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung (Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung - OStrV)
- Gesetz über die Bereitstellung von Produkten auf dem Markt (Produktsicherheitsgesetz - ProdSG)
- Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)

Technische Regeln zur Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (TROS)

- TROS Inkohärente optische Strahlung und Laserstrahlung

Vorschriften und Informationen der Berufsgenossenschaften

- DGUV Information 203-036 (bisher BGI 5007): Laser-Einrichtungen für Show- oder Projektionszwecke
- DGUV Information 203-039 (bisher BGI 5031): Umgang mit Lichtwellenleiter-Kommunikations-Systemen (LWKS)
- DGUV Information 203-042 (bisher BGI 5092): Auswahl und Benutzung von Laser-Schutzbrillen, Laser-Justierbrillen und Laser-Schutzabschirmungen

Weitere Regeln der Technik

- DIN EN 60825-1: Sicherheit von Laser-Einrichtungen - Teil 1: Klassifizierung von Anlagen, Anforderungen und Benutzer-Richtlinien
- DIN EN 14255-1: Messung und Beurteilung von personenbezogenen Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung - Teil 1: Von künstlichen Quellen am Arbeitsplatz emittierte ultraviolette Strahlung
- DIN EN 14255-2: Messung und Beurteilung von personenbezogenen Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung - Teil 2: Sichtbare und infrarote Strahlung künstlicher Quellen am Arbeitsplatz
- DIN EN 14255-3: Messung und Beurteilung von personenbezogenen Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung - Teil 3: Von der Sonne emittierte UV-Strahlung
- DIN EN 14255-4: Messung und Beurteilung von personenbezogenen Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung - Teil 4: Terminologie und Größen für Messungen von UV-, sichtbaren und IR-Strahlungs-Expositionen
- DIN EN 62471: Photobiologische Sicherheit von Lampen und Lampensystemen
- DIN EN 12198-1: Sicherheit von Maschinen - Bewertung und Verminderung des Risikos der von Maschinen emittierten Strahlung - Teil 1: Allgemeine Leitsätze
- DIN EN 207: Persönlicher Augenschutz - Filter und Augenschutzgeräte gegen Laserstrahlung (Laserschutzbrillen)
- DIN EN 208: Persönlicher Augenschutz - Augenschutzgeräte Justierarbeiten an Lasern und Laseraufbauten (Laser-Justierbrillen)
- Laser-Spezifikation, Oktober 2013: Technische Spezifikation zu Lasern als bzw. in Verbraucherprodukte(n), 30. Oktober 2013

Literatur

- [1] Sutter, E.; Schreiber, P.; Ott, G.:
  Handbuch Laser-Strahlenschutz.
  Berlin: Springer 1989
- [2] Sutter, E.:
  Schutz vor optischer Strahlung.
  3. Auflage, Berlin: VDE 2008
- [3] IRPA / INIRC:
  Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelengths between 180 nm and 400 nm (incoherent optical radiation).
  Health physics 56 1989, 6, S. 971 972; 49 1985, 8, S. 331-340
- [4] Reidenbach, H.-D.; Brose, M.; Ott, G., Siekmann, H.:
  Praxis-Handbuch optische Strahlung.
  Berlin: Erich Schmidt 2012, ISBN: 978-3-503-13822-7
- [5] Gemeinsames Minsterialblatt 2013,
  Bekanntmachung von Technischen Regeln TROS IOS.

Jahrg.64, S. 1.302-1.368, 19. November 2013
- [6] Gemeinsames Minsterialblatt 2015,
  Bekanntmachung von Technischen Regeln TROS Laserstrahlung.
  Jahrg.65, S. 211-294, 5. Mai 2015
- [7] **Ein unverbindlicher Leitfaden zur Richtlinie 2006/25/EG über künstliche optische Strahlung**
  Health Protection Agency im Auftrag der EU-Kommission, 29. April 2011
- [8] Fachverband für Strahlenschutz e. V.:
  Leitfaden "Nichtionisierende Strahlung" Sichtbare und infrarote Strahlung, Köln: 25. Februar 2005
- [9] Schreiber, P.; Ott, G.:
  Schutz vor ultravioletter Strahlung.
  2. Auflage, Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW 1985.
  (Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz: Sonderschrift, S 14)

Internetangebote/Links

- **Fachverband für Strahlenschutz e.V.**
- **Bundesamt für Strahlenschutz**
- **Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) - Optische Strahlung**
- **Rette Deine Haut! – Hintergründe zu Sonne, Strahlung und Solarien.**
  Arbeitsgemeinschaft Dermatologische Prävention e. V.
- **UV-Index**
  Deutscher Wetterdienst (DWD)
- **Deine Haut.** Die wichtigsten 2 m² Deines Lebens.
  Präventionskampagne von gesetzlicher Kranken- und Unfallversicherung. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V.

7.4.6 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

- Ist sichergestellt, dass Geräte die Laserstrahlung erzeugen oder bei denen infrarote oder ultraviolette Strahlung auftreten, nur entsprechend der Betriebsanweisung des Herstellers verwendet werden?
- Werden die Geräte, die optische Strahlung erzeugen, regelmäßig sicherheitstechnisch überprüft?
- Gibt es Arbeitsanweisungen für Tätigkeiten mit Geräten oder Stoffen, die Strahlung erzeugen?
- Wurde geprüft, ob die Einwirkzeit der optischen Strahlung verringert werden kann?

Festgestellte Gefährdungen/Mängel

- Laserstrahlung
- Infrarot-Wärmestrahlung
- UV-Strahlung
- Gerät nicht sicherheitstechnisch überprüft
- Anweisungen zur sicheren Ausführung der Tätigkeiten fehlen
- Schutzmaßnahmen entsprechen nicht der Betriebsanweisung/Arbeitsanweisung
- Ausführung der Tätigkeit entspricht nicht der Betriebsanweisung/Arbeitsanweisung

Maßnahmen

- Gerät sicherheitstechnisch überprüfen
- Arbeitsanweisung erstellen
- Einwirkungszeit der Strahlung/Wellen verringern
- Gefahrenbereich kennzeichnen
- über Betriebsanweisung und Arbeitsanweisung unterweisen

7.4.7 Autoren, Ansprechpartner und Anlagen

Autoren:
– Dipl.-Ing. M. Janßen
– Dipl.-Ing. G. Ott

Ansprechpartner:
– Dr. S. Bauer
Gruppe 2.2, Dortmund

Anlagen
– Anlage 1: Messstrategie zur Messung optischer Strahlung
– Anlage 2: Messprotokoll zur Messung optischer Strahlung

ANLAGE 1

Messstrategie zur Messung optischer Strahlung

– Zielsetzung der Messung festlegen, z. B.:
  - Überwachung der Grenzwerteinhaltung an einem Arbeitsplatz
– Ermittlung der Expositionsbedingungen, z. B.:
  - Welche Angaben liegen über die Strahlungsquelle vor?
  - Aufenthaltsorte und Expositionszeiten während der Arbeitsschicht
  - Schädigungsmöglichkeiten, Grenzwerte
  - Persönliche Schutzausrüstung

– Planung
– Auf Grundlage der Zielsetzung und der Messbedingungen sind die Durchführung der Messung und das einzusetzende Messgerät festzulegen.
– Auswahl des Messverfahrens
  - Spektralverfahren
  - Integralverfahren
  - Personendosimeter

– Durchführung der Messung unter Berücksichtigung z. B. folgender Punkte:
  - Messort bzw. Messorte
  - Messrichtung
  - Messdauer, Mittelungsdauer

– Auswertung der Messergebnisse, z. B. Bestimmung der effektiven Bestrahlungsstärke
– Bewertung Vergleich Messwerte-Grenzwerte
– Festlegen, ob und wann Wiederholungsmessungen notwendig sind, z. B. bei Veränderung der Expositionsbedingungen
– Messprotokoll erstellen

In Anlehnung an Siekmann, H.: Messung und Beurteilung optischer Strahlung – Handlungsbedarf, Tagungsband Nichtionisierende Strahlung, Band I. Köln: TÜV-Verlag GmbH 1999, S. 513–526; ISBN 3-8249-0559-0

ANLAGE 2

Messprotokoll zur Messung optischer Strahlung

1. Allgemeine Angaben

Betreiber:	
Anschrift:	
Ort, Datum, Uhrzeit:	
Bearbeiter:	
Bemessene Anlage/Gerät:	
Standort:	
Hersteller und Baujahr:	
Inventarnummer:	
Angaben zur Strahlungsquelle:	
Hersteller:	
Leistung:	
Typ:	
Emissionsdaten bekannt?	
Betriebsart:	
Spektrum bekannt?	
Einhausung:	
Optische Komponenten:	
Arbeitsablauf (typische und kritische Aufenthaltsorte, effektive Expositionsdauer, Kontroll- und Wartungstätigkeiten):	

2. Messungen

– Verwendete Messgeräte:

Typ:	
Seriennummer:	
Messaufnehmer:	
Kalibrierung:	

– Messorte und Messpunkte (Beschreibung, Lageplan oder -skizze)
– Messwerte (Bestrahlungsstärke, Durchschnitts- und Maximalwerte)
– Besonderheiten (Einfluss weiterer optischer Strahlungsquellen, örtliche und zeitliche Varianz der Werte)
– Angaben zur Messunsicherheit

3. Grenzwerte

– Grenzwertsituation (Rechtsvorschriften, Richtlinien, Normen)
– Grenzwerte für die maximal zulässige Expositionszeit

4. Auswertung

– Vergleich der Messwerte mit den Grenzwerten für die maximal zulässige Bestrahlung
– Ermittlung der maximal zulässigen Expositionszeit
– Zusammenfassende Darstellung der Gefährdungssituation

5. Empfehlungen für Schutzmaßnahmen

– Technische Gestaltungsmaßnahmen
– Organisatorische Schutzmaßnahmen (z. B. Festlegung von Aufenthaltszeiten, Warnhinweise, Einweisung und Unterweisung)
– Persönliche Schutzmaßnahmen

Datum/Unterschrift

In Anlehnung an Knuschke, P.: UV-Expositionen durch künstliche Strahlungsquellen in Arbeitsbereichen, Tagungsband Nichtionisierende Strahlung, Band I. Köln: TÜV-Verlag GmbH 1999, S. 493–504

7.5 Elektromagnetische Felder

Elektrische und magnetische Felder niedriger Frequenzen bis etwa 10 kHz sind an ihre Quelle gebunden und müssen getrennt behandelt werden. Felder mit höheren Frequenzen können sich von der Quelle ablösen und als Wellen im Raum ausbreiten, diese Felder werden als elektromagnetische Felder bezeichnet.

7.5.1 Einführung

Elektromagnetische Felder (EMF)

Die physikalischen Größen Frequenz f und Wellenlänge λ sind über die Lichtgeschwindigkeit

$$c = \lambda \cdot f$$

miteinander verknüpft. Diese drei Größen stellen die Hauptcharakteristika der elektromagnetischen Welle dar.

Die Felder von 0 Hz bis zum UV-Spektralbereich besitzen keine ausreichende Energie, um Moleküle zu dissoziieren oder zu ionisieren und werden deshalb unter der Bezeichnung nicht ionisierende Strahlung zusammengefasst. In diesem Bereich liegen die elektromagnetischen Felder mit den in der folgenden Tabelle aufgeführten Frequenzbereichen.

Tabelle 7.5-1 Frequenzbereiche elektromagnetischer Felder

Elektromagnetische Felder	Frequenz f
statische Felder	0 Hz
niederfrequente Felder	> 0 Hz bis 10 MHz
Übergangsbereich	100 kHz bis 10 MHz
hochfrequente Felder	100 kHz bis 300 GHz

Frequenzbereiche

Man unterscheidet zwischen verschiedenen Frequenzbereichen, weil sich sowohl die Eigenschaften als auch die Wirkungen und dementsprechend auch die Anwendungen voneinander unterscheiden. Es wird unterteilt in

- **statische** oder Gleichfelder (z. B. Erdmagnetfeld, Magnetresonanztomograph),
- **niederfrequente** Wechselfelder (z. B. 16,7 Hz: Betrieb Bahnanlagen, 50 Hz: Stromversorgung),
- **Übergangsbereich** (z. B. Funkanwendungen, induktive, kapazitive Erwärmung),
- **hochfrequente** Wechselfelder (z. B. Radio- und Fernsehsender, Mobilfunk-, Radarsysteme).

Anwendungen

Für medizinische und andere Anwendungen sind insbesondere folgende Frequenzen zugelassen: 27 MHz, 40 MHz, 2,4 GHz.

Weitere wichtige Anwendungen von elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern in der Industrie sind Verfahren wie Trocknen, Schweißen, Vulkanisieren, Garen, Härten.

Feldarten

Es gibt zwei Feldarten: das elektrische und das magnetische Feld. Das elektrische Feld wird durch ruhende Ladungen gleicher oder unterschiedlicher Polarität, das magnetische Feld durch bewegte Ladungen (fließende Ströme) erzeugt. Elektrische und magnetische Felder niedriger Frequenzen bis etwa 10 kHz sind an ihre Quelle gebunden und müssen getrennt behandelt werden. Felder mit höheren Frequenzen können sich von der Quelle ablösen und als Wellen im Raum ausbreiten, diese Felder werden als elektromagnetische Felder bezeichnet.

Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über Wellenlängen, Frequenzen, Strahlungsarten und Anwendungen elektromagnetischer Felder.

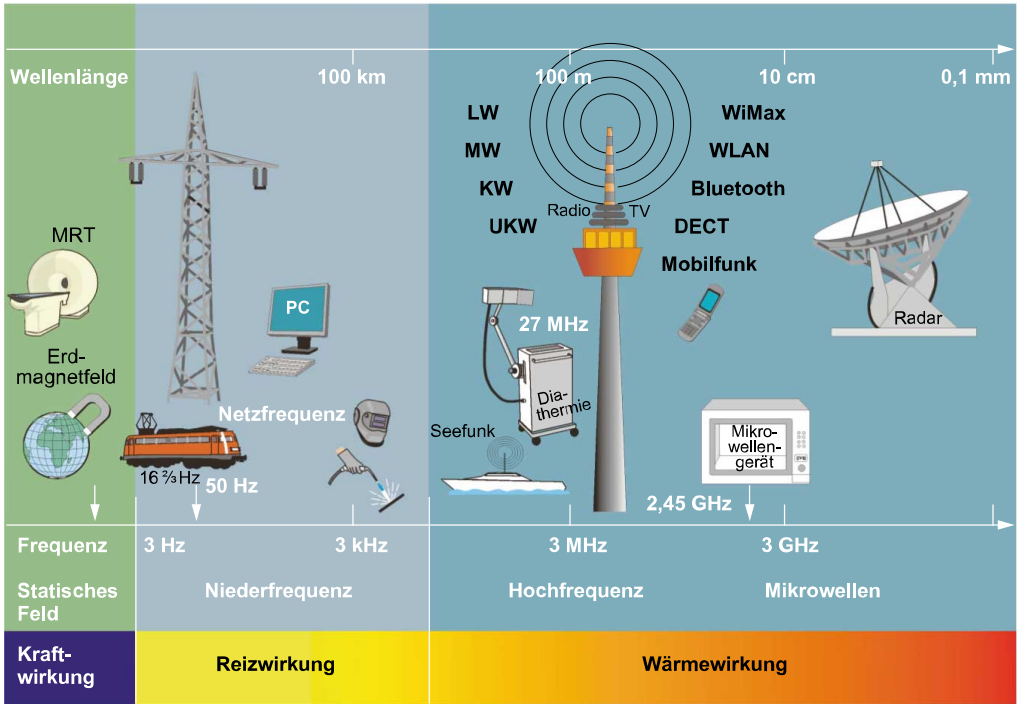


Abbildung 7.5-1. Wellenlängen, Frequenzen, Wirkungen und Anwendungen elektromagnetischer Wellen beziehungsweise Felder

7.5.2 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen

Wirkungen elektromagnetischer Felder

Die Wirkung elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder (EMF) auf den Menschen ist abhängig vom Frequenzbereich, der Feldstärke und der zeitlichen Änderung der Feldstärke.

Statische elektrische Felder sind in ihrer Wirkung auf die Körperoberfläche beschränkt (z.B. Bewegung von Körperhaaren). Statische magnetische Felder können wegen ihrer Kraftwirkungen auf geladene Teilchen im menschlichen Körper zu elektrischen Feldern im Körpergewebe führen.

Der menschliche Körper ist ein relativ guter Leiter. Niederfrequente elektrische Felder erzeugen durch Influenz Ströme innerhalb des Körpers. Bei Einwirkung niederfrequenter Magnetfelder, die das Körpergewebe ungehindert durchdringen, kann es durch die im Körper induzierten Ströme zu Reizungen von Muskeln und Nerven kommen.

Hochfrequente elektromagnetische Felder werden beim Eindringen in biologische Materie absorbiert, wobei Wärme entsteht. Bei ausreichend hoher Intensität kann es bei lokaler Einwirkung, z. B. auf das Auge, zu einer Temperaturerhöhung in der Augenlinse und bei langjähriger Einwirkung zur Entstehung eines Katarakts (Grauen Stars) kommen. Längere Ganzkörpereinwirkung kann zur Erhöhung der Körperkerntemperatur mit möglichen Schädigungen führen.

Mit zunehmender Frequenz nehmen die für den Niederfrequenzbereich typischen Stimulationswirkungen immer mehr ab, während die für den im Hochfrequenzbereich charakteristischen Wärmewirkungen zunehmen. Diese Besonderheit ist kennzeichnend für den Übergangsbereich.

Dass elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder je nach Frequenz, Modulation und Stärke eine unterschiedliche biologische Wirkung auf den menschlichen Körper haben, bedeutet nicht, dass jede messbare Veränderung eines Parameters eine relevante physiologische oder gesundheitsschädliche Wirkung hat.

Die Grundlage für gesetzliche Regelungen und Grenzwerte zum Schutz vor gesundheitsschädlichen Wirkungen elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder am Arbeitsplatz bilden die Empfehlungen der Internationalen Kommission für den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (International Commission on non-ionizing radiation protection, ICNIRP) als internationale Vereinigung von Wissenschaftlern zur Beurteilung von Wirkungen nichtionisierender Strahlung.

Die Anforderungen zur Vermeidung von Gefährdungen durch EMF dürfen nicht mit der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) verwechselt werden. Als EMV wird die Fähigkeit eines Produktes bezeichnet, in seiner elektromagnetischen Umgebung zu arbeiten, ohne elektromagnetische Störungen zu verursachen, die für andere in dieser Umgebung vorhandene Produkte unannehmbar wären. Durch Festlegungen von Mindestanforderungen zur elektromagnetischen Verträglichkeit sollen technische Funktionsstörungen verringert werden.

Herzschrittmacher und andere Körperhilfsmittel

EMF können Herzschrittmacher (HSM) und andere Implantate durch indirekte Wirkungen beeinflussen. Die Schrittmacher-Elektroden-Konfiguration stellt eine Antenne beziehungsweise Induktionsschleife und damit eine Empfangseinrichtung für von außen einwirkende Felder dar, dadurch sind Störungen möglich. Die Folgen einer Funktionsstörung des Implantates reichen von kaum merklichen Unregelmäßigkeiten des Gerätes bis zu Gefährdungen des Implantatträgers (leichter Schwindel, Bewusstseinsverlust, im Extremfall Tod).

Bereiche starker Felder sind mit Warn- beziehungsweise Verbotszeichen zu kennzeichnen, siehe DGUV Vorschrift 15 (bisher BGV B11) und Beispiel in DGUV Information 203-038 (bisher BGI 5011).

Bei der Herstellung von HSM und anderen Körperhilfsmitteln wird die Möglichkeit indirekter Wirkungen berücksichtigt, deshalb wird eine möglichst hohe Störfestigkeit der Geräte angestrebt.

Die Störmöglichkeit eines Implantates hängt von vielen Faktoren ab, zum Beispiel von Typ und Einstellung des Schrittmachers, von Frequenz und Pulsung oder Modulation des störenden Feldes sowie von den geometrischen Verhältnissen. Daher ist die Beurteilung der Arbeitsplatzsituation oft kompliziert. Nach Ermittlung und Bewertung der tatsächlichen Gefährdungssituation kann jedoch der Einsatz des Beschäftigten oftmals weiterhin ermöglicht werden, im idealen Fall wird eine individuelle Gefährdungsbeurteilung bereits vor der Implantation vorgenommen. Wie bei der Ermittlung einer möglichen Beeinflussung von Implantaten durch EMF vorzugehen ist, wird in der DGUV Information 203-043 (bisher BGI/GUV-I 5111) detailliert beschrieben. Schwellenwerte für EMF am Arbeitsplatz, deren Einhaltung die Sicherheit und die Gesundheit von Beschäftigten mit aktiven oder passiven Implantaten gewährleistet, sind im Forschungsbericht FB 457 des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales

angegeben und erläutert.

7.5.3 Grenzwerte, Beurteilungskriterien

Vorgeschriebene Grenzwerte

Das Arbeitsschutzgesetz gilt allgemein auch für elektromagnetische Felder am Arbeitsplatz. Grenzwerte für die Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern am Arbeitsplatz sind in der am 19.11.2016 in Kraft getretene Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch elektromagnetische Felder (EMFV) gesetzlich geregelt.

Mit der EMFV wurde in Deutschland die Arbeitsschutz-Richtlinie 2013/35/EU in nationales Recht umgesetzt. Die Verordnung ist im Bundesgesetzblatt, Jahrgang 2016, Teil 1, Nr. 54 am 18.11.2016 veröffentlicht worden.

Um die Anwendung der EMFV in der betrieblichen Praxis zu erleichtern, wird die Verordnung durch Technische Regeln praxisorientiert konkretisiert werden. Technische Regeln zur EMFV werden vom Ausschuss für Betriebssicherheit (ABS) erarbeitet, der das BMAS in Fragen der Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit mit elektromagnetischen Feldern berät.

Für Anwender, die zuvor die Unfallverhütungsvorschrift DGUV Vorschrift 15 (bisher BGV B11) bzw. di dazugehörige DGUV Regel 103-013 (bisher BGR B11) (2001) benutzt haben, wird der Übergang zur Anwendung der neuen EMFV bei der Beurteilung von EMF an Arbeitsplätzen unproblematisch sein.

Die Einhaltung der Auslöseschwellen laut EMFV sichert jedoch nicht zwangsläufig den Schutz von Personen mit Körperhilfsmitteln ab (siehe Abschnitt: Herzschrittmacher und andere Körperhilfsmittel, Normen: DIN EN 50527-1: Verfahren zur Beurteilung der Exposition von Arbeitnehmern mit aktiven implantierbaren medizinischen Geräten (AIMD) gegenüber elektromagnetischen Feldern und DIN EN 50527-2-1: Besondere Beurteilung für Arbeitnehmer mit Herzschrittmachern) und FB 457 des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales.

Grenzwerte für die allgemeine Bevölkerung sind in der 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes festgelegt, siehe auch "Empfehlung des Rates vom 12. Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 bis 300 GHz)".

Mess- und Beurteilungsverfahren

In Deutschland ist bei der Gefährdungsbeurteilung die Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch elektromagnetische Felder (EMFV) anzuwenden. Verfahren zur Messung sind in der DIN EN 50413 enthalten. Die zur Beurteilung von EMF am Arbeitsplatz erforderlichen Grenzwertfestlegungen basieren auf folgenden Empfehlungen der ICNIRP: Empfehlungen zur Begrenzung zeitlich veränderlicher elektrischer und magnetischer und elektromagnetischer Felder (bis zu 300 GHz), 1998 [2], Guidelines zu statischen Feldern (2009) [3] und zu niederfrequenten zeitlich veränderlichen elektrischen und magnetischen Feldern (1 Hz bis 100 kHz) (2010) [4]. Zu gepulsten Feldern wurde von der ICNIRP außerdem 2003 ein Statement veröffentlicht [5]. In Deutschland wurde die Methode der DGUV Vorschrift 15 zur Bewertung gepulster Felder (Zeitbereichsbewertungsmethode - ZBM) an die Rahmenbedingungen der Richtlinie 2013/35/EU angepasst, s.FB 457 des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales und Leitfaden zur Richtlinie 2013/35/EU "Elektromagnetische Felder am Arbeitsplatz", Band 1.

EU-Richtlinie "Elektromagnetische Felder"

Im Juni 2013 trat die EU-Arbeitsschutz-Richtlinie 2013/35/EU über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor Gefährdungen durch physikalische Einwirkungen (elektromagnetische Felder) als 20. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Arbeitsschutzrahmenrichtlinie 89/391/EWG und zur Aufhebung der Richtlinie 2004/40/EG in Kraft.

Die Richtlinie 2013/35/EU ist darauf gerichtet, Arbeitnehmer vor Gefährdungen durch elektromagnetische Felder zu schützen und dabei unnötige Belastungen und Kosten - insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) - zu vermeiden. Das überarbeitete Schutzkonzept für EMF am Arbeitsplatz berücksichtigt, dass an den meisten Arbeitsplätzen mit EMF die elektrischen, magnetischen bzw. elektromagnetischen Felder so gering sind, dass keine Maßnahmen ergriffen werden müssen – Beschäftigte mit besonderem Risiko, wie Implantatträger müssen jedoch immer beachtet werden.

Maßnahmen sind demnach insbesondere zu treffen bei Arbeitsplätzen mit starken EM-Feldern (Beispiele: Schweißen, Elektrolyse, medizinische Anwendungen wie Magnetresonanztomographie) bzw. für Beschäftigte mit besonderem Risiko.

Zur Erleichterung der Durchführung stellte die Kommission einen unverbindlichen Leitfaden zur Richtlinie 2013/35/EU "Elektromagnetische Felder am Arbeitsplatz" bereit.

Der von der EU-Kommission als Hilfestellung für die praktische Anwendung bereitgestellte Leitfaden zur Richtlinie 2013/35/EU besteht aus drei Teilen: Band 1 hat vier Hauptkapitel (u. a. Grundlagen zu EMF am Arbeitsplatz) und Anhänge mit genauen Ausführungen. Band 2 liefert Fallbeispiele aus der Praxis und Band 3 enthält einen verkürzten Text aus Band 1 als Erläuterung für KMU.

Nicht verbindlicher Leitfaden mit bewährten Verfahren im Hinblick auf die Durchführung der Richtlinie 2013/35/EU:

- Band 1: Praktischer Leitfaden
- Band 2: Fallstudien
- Band 3: Leitfaden für KMU

7.5.4 Maßnahmen zum Arbeits- und Gesundheitsschutz bei EMF

Beurteilung der Exposition

Der Arbeitgeber hat vor dem Einsatz eines Beschäftigten an einem Arbeitsplatz mit elektromagnetischen Feldern zu entscheiden, ob und wie eine Gefährdungsbeurteilung hinsichtlich EMF durchzuführen ist, die Dokumente sind aufzubewahren.

Der Arbeitgeber hat zu sichern, dass eine Gefährdungsbeurteilung von fachkundigen Personen durchgeführt wird und die geltenden Vorschriften angewandt werden (s. Unfallverhütungsvorschrift DGUV Vorschrift 15 (bisher BGV B11) bzw. die dazugehörige DGUV Regel 103-013 (bisher BGR B11)).

Eine geschlossene Darstellung aller Schutzmaßnahmen für den gesamten EMF-Bereich ist hier nicht möglich. Eine umfassende Darstellung der physiologischen Grundlagen, der Wirkungen statischer und niederfrequenter Felder bis 100 kHz, der Ableitung von Grenzwerten und der notwendigen Schutzmaßnahmen gibt der Forschungsbericht FB 400 (2011) des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales "Elektromagnetische Felder am Arbeitsplatz". Im IFA-Report der DGUV "Elektromagnetische Felder an Anlagen, Maschinen und Geräten" (2011) werden neben der Erläuterung von Grundlagen, Regeln und Normen auch Hilfen für die Beurteilung der Exposition anhand von Praxisbeispielen angeführt.

Zur Beurteilung der Exposition von Arbeitnehmern an Arbeitsplätzen mit EMF dient die DIN EN 50499 (Verfahren für die Beurteilung der Exposition von Arbeitnehmern gegenüber elektromagnetischen Feldern).

Einsatz sicherer Arbeitsmittel

Arbeitgeber dürfen nur solche Arbeitsmittel zur Verfügung stellen und verwenden lassen, die unter Berücksichtigung der vorgesehenen Einsatzbedingungen sicher sind. Dazu müssen die Arbeitsmittel die Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen der entsprechenden Richtlinien wie beispielsweise der europäischen Regelungen nach Maschinenrichtlinie, Niederspannungsrichtlinie sowie deren nationale Umsetzungen erfüllen und auch über die erforderlichen sicherheitsrelevanten Ausrüstungen verfügen. Arbeitgeber sollen bei der Beschaffung von Arbeitsmitteln darauf achten, dass diese nach europäisch harmonisierten Produktsicherheitsnormen entwickelt und gebaut wurden.

Technische und organisatorische Maßnahmen, Schutzausrüstungen

Falls Expositionsgrenzwerte am Arbeitsplatz überschritten werden und/oder eine Einhaltung der Grenzwerte durch das Arbeitsmittel selbst nicht gewährleistet ist, sind Maßnahmen zu treffen. Dazu gehören die Anwendung alternativer Verfahren, technische Maßnahmen (wie Abschirmungen, Abstandsvergrößerung zur Feldquelle) und organisatorische Maßnahmen (wie Zugangskontrolle, Kennzeichnung, Warnschilder, kürzere Einsatzzeiten). Die Beschäftigten sind zu unterweisen, gegebenenfalls sind persönliche Schutzausrüstungen (Schutzkleidung, Schutzbrillen) anzuwenden.

Die Normen DIN EN 12198-1, -2, und -3 "Sicherheit von Maschinen; Bewertung und Verminderung des Risikos der von Maschinen emittierten Strahlung" behandeln allgemeine Leitsätze der Risikobewertung der Strahlenemission von Maschinen, Messverfahren für die Strahlenemission und Minderungsmaßnahmen durch Abschwächung oder Abschirmung.

Anforderungen an Schutzkleidung für hochfrequente elektromagnetische Felder behandelt die DIN 32780-100 "Schutzkleidung".

Unterweisung der Beschäftigten

Bei möglichen Gefährdungen an Arbeitsplätzen mit EMF sind die Beschäftigen bei Aufnahme der Tätigkeit und in regelmäßigen Abständen (mindestens jährlich) zu unterweisen und über die Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilung zu informieren.

Messung

Da die Messungen vor Ort ein umfangreiches Fachwissen und große Erfahrung verlangen, sind EMF-Messungen stets von fachkundigen Personen durchzuführen. Einige Anwender haben als Auflage ausreichende eigene Messgeräte vorzuhalten und bestimmte Messungen durchzuführen.

Hinweise zur Messstrategie elektromagnetischer Felder sowie ein Messprotokoll können nachfolgend entnommen werden.

Anlage 1: Messstrategie zur Messung elektromagnetischer Felder
Anlage 2: Messprotokoll zur Messung elektromagnetischer Felder

Zur Beurteilung der Gefährdung durch EMF sind erforderlichenfalls orientierende Messungen durchzuführen. Nach größeren Reparaturen und/oder Änderungen der Betriebsparameter der Anlage sind die Messungen zu wiederholen. Unter bestimmten Voraussetzungen können die Messungen durch Berechnungen ersetzt werden, vgl. dazu auch DIN EN 50413 (Grundnorm zu Mess- und Berechnungsverfahren der Exposition von Personen in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern).

7.5.5 Vorschriften, Regelwerk, Literatur

Gesetze, Verordnungen

- Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch elektromagnetische Felder (Arbeitsschutzverordnung zu elektromagnetischen Feldern - EMFV)
- Gesetz über die Bereitstellung von Produkten auf dem Markt (Produktsicherheitsgesetz - ProdSG)
- Sechsundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV)
- Gesetz zum Schutze der erwerbstätigen Mutter (Mutterschutzgesetz - MuSchG)

Berufsgenossenschaftliche Vorschriften

- DGUV Vorschrift 15 (bisher BGV B11): Elektromagnetische Felder
  Zu beachten: Grenzwerte der DVUV 15 sind seit dem Inkrafttreten der EMFV (19.11.2016) nicht mehr gültig!

Weitere Regeln der Technik

- DIN EN 50413: Grundnorm zu Mess- und Berechnungsverfahren "Elektromagnetische Felder"
- DIN EN 50499: Verfahren für die Beurteilung der Exposition von Arbeitnehmern gegenüber elektromagnetischen Feldern
- DDIN EN 50527-1: Verfahren zur Beurteilung der Exposition von Arbeitnehmern mit aktiven implantierbaren medizinischen Geräten (AIMD) gegenüber elektromagnetischen Feldern
- DIN EN 50527-2-1: Verfahren zur Beurteilung der Exposition von Arbeitnehmern mit aktiven implantierbaren medizinischen Geräten (AIMD) gegenüber elektromagnetischen Feldern – Teil 2-1: Besondere Beurteilung für Arbeitnehmer mit Herzschrittmachern
- DIN 32780-100: Schutzkleidung, Teil 100: Schutz gegen hochfrequente elektromagnetische Felder im Frequenzbereich 80 MHz bis 1 GHz – Anforderungen und Prüfung
- DIN EN 12198-1: Sicherheit von Maschinen : Bewertung und Verminderung des Risikos der von Maschinen emittierten Strahlung : Allgemeine Leitsätze
- DIN EN 12198-2: Sicherheit von Maschinen – Bewertung und Verminderung des Risikos der von Maschinen emittierten Strahlung – Teil 2: Messverfahren für die Strahlenemission
- DIN EN 12198-3: Sicherheit von Maschinen – Bewertung und Verminderung des Risikos der von Maschinen emittierten Strahlung – Teil 3: Verminderung der Strahlung durch Abschwächung oder Abschirmung
- DGUV Regel 103-013 (bisher BGR B11): Elektromagnetische Felder
- DGUV Information 203-038 (bisher BGI 5011): Beurteilung magnetischer Felder von Widerstandsschweißeinrichtungen
- DGUV Information 203-043 (bisher BGI/GUV-I 5111): Beeinflussung von Implantaten durch elektromagnetische Felder

Geltendes EU-Recht, unverbindlicher EU-Leitfaden und EU-Empfehlungen

- **Richtlinie 2013/35/EU** des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Juni 2013 über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (elektromagnetische Felder) (20. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG) und zur Aufhebung der Richtlinie 2004/40/EG
- **Nicht verbindlicher Leitfaden** mit bewährten Verfahren im Hinblick auf die Durchführung der Richtlinie 2013/35/EU "**Elektromagnetische Felder**"
- Empfehlung des Rates vom 12. Juli 1999 zur **Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern** (0 Hz - 300 GHz)**.**
  Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, L 199, 30. Juli 1999

Literatur

- [1] Fachverband für Strahlenschutz e.V.:
  Leitfaden "Nichtionisierende Strahlung" – Teil: Elektromagnetische Felder
  FS-05-135-AKNIR (2005)
- [2] ICNIRP:
  Guidelines for limiting of exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic elds (up to 300 GHz).
  Health Physics 74 (4): 494 – 522; 1998

– [3] ICNIRP:
Guidelines on Limits of Exposure to Static Magnetic Fields published.
Health Physics 96 (4): 504-514; 2009
– [4] ICNIRP:
Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric and Magnetic Fields (1 Hz bis 100 kHz).
Health Physics 99 (6): 818 – 836; 2010
– [5] ICNIRP:
International Commission on Non-Ionising Radiation Protection: Guidance on determining compliance of exposure to pulsed and complex non-sinusoidal waveforms below 100 kHz with ICNIRP guidelines.
Health Physics 84 (3): 383 - 387; 2003
– [6] **Empfehlungen zur sicheren Anwendung magnetischer Resonanzverfahren in der medizinischen Diagnostik - Empfehlung der Strahlenschutzkommission**
Berichte der Strahlenschutzkommission, Heft 36 2003

Internet-Links

– Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin ... Elektromagnetische Felder
– Fachverband für Strahlenschutz e.V.
– Bundesamt für Strahlenschutz
– Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V.
– Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse
– Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung

7.5.6 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

- Werden die Geräte, die EMF erzeugen, regelmäßig sicherheitstechnisch überprüft?
- Gibt es Arbeitsanweisungen für Tätigkeiten mit Geräten oder Stoffen, die EMF erzeugen?
- Gibt es ausreichende Schutzmaßnahmen zum Schutz vor elektromagnetischen Feldern zum Beispiel an Arbeitsplätzen mit Schweißeinrichtungen oder im Nahbereich von Sendern für Rundfunk, Fernsehen oder Mobilfunk?
- Wurde geprüft, ob die Einwirkzeit der Strahlung verringert werden kann?

Gefährdungen/Mängel

- Funkwellen
- Gerät nicht sicherheitstechnisch überprüft
- Anweisungen zur sicheren Ausführung der Tätigkeiten fehlen
- Schutzmaßnahmen entsprechen nicht der Betriebsanweisung/Arbeitsanweisung
- Ausführung der Tätigkeit entspricht nicht der Betriebsanweisung/Arbeitsanweisung

Maßnahmen

- Gerät sicherheitstechnisch überprüfen
- Arbeitsanweisung erstellen
- Einwirkungszeit der EMF verringern, Abstand vergrößern
- Gefahrenbereich kennzeichnen
- über Betriebsanweisung und Arbeitsanweisung unterweisen

7.5.7 Autoren, Ansprechpartner und Anlagen

Autoren:

– Dr. rer. nat. H. Neuschulz
– Dr.-Ing. E. Romanus
– Dr. rer. nat. L. Udovicic

Ansprechpartner:

– Dr.-Ing. P. Jeschke
Gruppe 2.2, Dortmund

Anlagen

– Anlage 1: Messstrategie zur Messung elektromagnetischer Felder
– Anlage 2: Messprotokoll zur Messung elektromagnetischer Felder

ANLAGE 1

Messstrategie zur Messung elektromagnetischer Felder

1. Zielsetzung der Messung festlegen, z. B.:

– Überwachung der Grenzwerteinhaltung an einem Arbeitsplatz

2. Ermittlung der Expositionsbedingungen, z. B.:

– Welche Angaben liegen über die Feldquelle vor?
– Aufenthaltsorte und Expositionszeiten während der Arbeitsschicht
– Gefährdungsmöglichkeiten, abgeleitete Werte (Auslösewerte), Basiswerte (Expositionsgrenzwerte), zulässige Werte
– Persönliche Schutzausrüstung erforderlich?

3. Planung

– Auf Grundlage der Zielsetzung und der Messbedingungen ist die Durchführung der Messung zu planen.
– Festlegung eines bewertbaren Betriebszustandes bei Anlagen/Feldquellen mit wechselnden Betriebsparametern

4. Auswahl geeigneter Messverfahren und Messgeräte

– selektive Messverfahren
– Breitbandverfahren
– Personen-Monitore

5. Durchführung der Messung unter Berücksichtigung z. B. folgender Punkte:

– Messorte bzw. Messpunkte
– Messraster
– Messdauer, Mittelungsdauer
– Effektivwert- oder Spitzenwertmessung
– Schutzmaßnahmen für Messgeräte vorsehen (z. B. bei Messbereichsüberschreitungen)

6. Auswertung der Messergebnisse

– Berücksichtigung von Messunsicherheiten, Korrekturfaktoren

7. Bewertung

– Vergleich Messwerte mit zulässigen Werten der Expositionsbereiche
– Beurteilung des Einsatzes von Implantatträgern
– Empfehlungen für Schutzmaßnahmen
– Einfluss weiterer Feldquellen berücksichtigen

8. Festlegen, ob und wann Wiederholungsmessungen notwendig sind

– z. B. nach einer wesentlichen Änderung oder Instandsetzung und in bestimmten Zeitabständen

9. Messprotokoll erstellen

ANLAGE 2

Messprotokoll zur Messung elektromagnetischer Felder

1. Allgemeine Angaben:

Betreiber:	
Anschrift:	
Ort, Datum, Uhrzeit:	
Angaben zur Anlage:	
Standort:	
Hersteller:	
Typ/Baujahr:	
Verwendungszweck:	
Angaben zur Feldquelle:	
Standort:	
Hersteller:	
Typ/Baujahr:	
Betriebsart:	
Signalform:	
Arbeitsfrequenz:	
Spektrum:	
Betriebsspannung und -strom:	
Mastbild und Leiter-/Bodenabstand:	
Lageplan/Skizze/Abbildung:	
bisherige Schutzmaßnahmen:	
Bearbeiter des Messprotokolls:	

2. Arbeitsplatz:

Bezeichnung:	
Tätigkeit:	
Expositionsbereich nach BGV B11:	
Expositionsregime:	
Expositionsdauer pro Schicht:	
weitere Arbeitsumweltfaktoren:	
soziale Faktoren:	
Implantatträger:	

3. Messungen:

Verwendete Messgeräte:

Typ:	
Hersteller:	
Seriennummer:	
Messorte und Messpunkte (Beschreibung, Lageplan oder -skizze):	
Messwerte (elektrische Feldstärke, magnetische Feldstärke, magnetische Flussdichte, Leistungsdichte):	
Besonderheiten (Effektivwert oder Spitzenwertmessung, Einfluss weiterer Feldquellen):	
Angaben zur Messunsicherheit:	
Messaufnehmer:	
Kalibrierung:	
Name des Messenden:	

4. Grenzwerte:

- Grenzwertsituation (Rechtsvorschriften, Richtlinien, Normen)
- zulässige Werte in den einzelnen Expositions- und Frequenzbereichen
- Entscheidung, ob Basiswerte (Expositionsgrenzwerte) herangezogen werden müssen

5. Auswertung:

- Vergleich der Messwerte mit den zulässigen Werten
- Bestimmung von Bereichen mit erhöhter Exposition und Gefahrenbereichen
- Bewertung der Messergebnisse

6. Empfehlungen für Schutzmaßnahmen:

- technische Gestaltungsmaßnahmen
- organisatorische Schutzmaßnahmen (z. B. Festlegung von Aufenthaltszeiten, Kennzeichnung von Gefahrenbereichen, Warnhinweise, Verbotszeichen, Einweisung und Unterweisung)
- Persönliche Schutzausrüstung
- besondere Hinweise zum Einsatz von Implantatträgern

Datum/Unterschrift

7.6 Unter- oder Überdruck

Unter- und Überdruck beeinflussen die Aufnahme beziehungsweise Abgabe von Atemgasen. Unterdruck in Höhenlagen, Flugzeugen oder Unterdruckkammern schränkt die Sauerstoffversorgung ein und kann insbesondere bei gleichzeitiger körperlicher Beanspruchung zu physiologischen Störungen bis zu schwerer Höhenkrankheit und tödlichen Lungen- und Hirnödemen führen.

Bei Überdruck beim Tauchen und im Spezialtiefbau unter Wasser reichern sich Atemgase im Körper an, die bei zu schneller Druckabnahme lebensgefährliche physiologische Störungen und Schädigung von Knochen- und Muskelgewebe, der Kreislauffunktionen, des Zentralnervensystems und der Atemorgane hervorrufen können.

7.6.1 Einführung

Druck wird als die auf eine Fläche wirkende Kraft verstanden und in verschiedenen Einheiten angegeben. Üblich sind die Einheiten Pascal (Pa) und bar [1]:

1 Pa = 1 N/m² = 0,01 mbar
1 bar = 1000 mbar = 100.000 Pa = 1000 HPa = 100 kPa

Umgebungsdruck

Dieser Abschnitt bezieht sich auf die Druckverhältnisse, denen ein Mensch ausgesetzt ist (Umgebungsdruck). Nicht gemeint ist in diesem Abschnitt technischer Über- oder Unterdruck in Leitungen, Geräten und so weiter, denen der Mensch nicht als Ganzes ausgesetzt ist. Diese unterliegen bezüglich der technischen Sicherheit, insbesondere der Produktsicherheit (vgl. Produktsicherheitsgesetz mit seinen Verordnungen), und bezüglich der überwachungsbedürftigen Anlagen mit Druckgefährdung der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV).

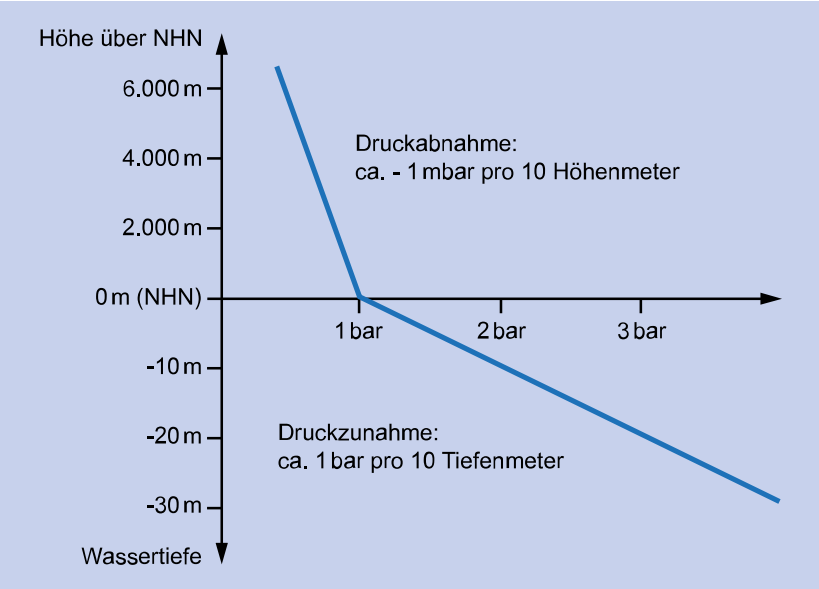


Abb. 7.6-1. Druckzu- und abnahme in Abhängigkeit von Wassertiefe beziehungsweise Höhe über NHN

Atmosphärendruck auf Normalhöhennull (NHN)

Vielfach werden die Druckverhältnisse durch Aufenthalt in größeren Höhen über dem Meeresspiegel oder unter der Wasseroberfläche bestimmt.

Angaben zu Unterdruck oder Überdruck beziehen sich meist auf den Atmosphärendruck auf Meereshöhe (circa 1 bar). Ein Überdruck von 0,5 bar entspricht beispielsweise einem Gesamtdruck von 1,5 bar; ein Unterdruck von 0,2 bar entspricht dem Gesamtdruck von 0,8 bar.

Unterdruck

Unterdruck bezeichnet den Zustand, bei dem ein Mensch einem Druck ausgesetzt ist, der den normalen Luftdruck auf Meereshöhe von etwa 1 bar unterschreitet.

Definition Unterdruckarbeiten

Als Arbeiten in Unterdruck gelten ([2], S. 64):
- Tätigkeiten bei einem Umgebungsdruck kleiner als 0,73 bar
- Tätigkeiten in großen Höhenlagen ab etwa 2.500 Metern über dem Meeresspiegel

Auftreten und Tätigkeiten

Unterdruck tritt unter anderem auf

– in Luftfahrzeugen während des Flugs [2] (bei Piloten, Flugbegleitern und Passagieren),
– an hochgelegenen Arbeitsplätzen (zum Beispiel Bergführer, professionelle Bergsteiger, Arbeiten auf hochgelegenen Baustellen, Tätigkeiten in hoch gelegenen Hotels, an Skiliften und so weiter, Auslandstätigkeiten, Entwicklungshelfer und so weiter in großen Höhenlagen),
– in Unterdruckkammern (zum Beispiel Forschungstätigkeiten, Training von Leistungssportlern in Unterdruckkammern, Lagerung von Salaten in Unterdruckkammern).

Nicht zu Arbeiten in Unterdruck zählen Arbeiten unter so genannter "Schutzdruckatmosphäre", bei denen ein leichter Unterdruck verhindern soll, dass gefährliche Stoffe (zum Beispiel Asbest, Biologische Arbeitsstoffe) in die Umwelt gelangen. Hier treten in der Regel nur geringe Unterdrücke auf.

Überdruck

Überdruck bezeichnet den Zustand, bei dem ein Mensch einem Druck ausgesetzt ist, der den normalen Luftdruck von etwa 1 bar übersteigt.

Definition Überdruckarbeiten

Als Arbeiten in Überdruck gelten
– Arbeiten in Druckluft mit einem Überdruck von mehr als 0,1 bar,
– Arbeiten unter Wasser, bei denen der Beschäftigte über ein Tauchgerät mit der erforderlichen Atemluft versorgt wird.

Nicht als Arbeiten in Überdruck sind anzusehen:
– Tätigkeiten in Räumen, in denen aus lüftungstechnischen Gründen ein Druck herrscht, der geringfügig höher ist als der atmosphärische Druck (also weniger als 0,1 bar Überdruck).
– Arbeiten mit Atemschutzgeräten, die zum Beispiel entsprechend DIN EN 137 als Überdruckpressluftatmer in Normaldruck zum Einsatz kommen

Auftreten und Tätigkeiten

Überdruck wird zum einen gezielt erzeugt, um das Eindringen von unerwünschten Stoffen zu vermeiden, etwa im Spezialtiefbau, meist um Wasser zu verdrängen und unter Wasser trockenes Arbeiten zu ermöglichen (Taucherglocke, Senkkasten/Schwimmtauchgeräte (sogenannte Caissons), Schildvortrieb im Tunnelbau - hier fallen unter anderem Bau-, Schweiß- und Transportarbeiten, Überwachungs- und Instandhaltungsarbeiten an).

Überdruck tritt zum anderen beim Tauchen als unerwünschte Begleiterscheinung auf. Bei Tauchgängen werden handwerkliche Tätigkeiten sowie Bergungs-, Sicherungs-, Such-, Überwachungs- und Messarbeiten durchgeführt.

[1] Veraltete Einheiten sind zum Beispiel die technische Atmosphäre (1 ta = 1 kp/cm² = 0.981 bar), die physikalische Atmosphäre (1 atm = 1,013 bar), Millimeter-Quecksilbersäule (1 mmHg = 1 Torr = 1,33 mbar) oder im angloamerikanischen Bereich Pounds-force per square inch (1 psi 69 mbar).

[2] Übliche Flughöhen sind 30.000 bis 42.000 ft (entspricht 10.000 bis 12.000 m, entspricht einem Luftdruck von 0,27 bis 0,19 bar). In dieser Flughöhe werden Flugzeuge mit Druckkabinen eingesetzt, die einen höheren Kabinendruck aufrechterhalten (0,76 bar 2.438 m über NHN).

7.6.2 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen

Gefährdungen durch Unterdruck

Gefährdungen treten insbesondere bei zu schnellem Aufstieg in größere Höhen beziehungsweise bei zu schneller Druckminderung auf.

Wirkungen auf den Menschen

Sehr schnelle Druckschwankungen (zum Beispiel in Aufzügen, Seilbahnen, bei Flugzeugstarts, plötzlichem Druckabfall in Kabinen oder Kammern) wirken sich zunächst vorwiegend auf das Mittelohr und die Nasennebenhöhlen (Druckgefühl) aus.

Hauptproblem bei Arbeiten in Unterdruck ist der mit dem Druck abnehmende Sauerstoffgehalt in der Atemluft: Die reduzierte Sauerstoffversorgung belastet den Kreislauf und mindert die geistige und körperliche Leistungsfähigkeit, gegebenenfalls verstärkt durch erhöhten Sauerstoffbedarf bei gleichzeitig körperlicher Anstrengung oder erhöhten Aufmerksamkeitsanforderungen.

Schon vier Stunden Schlaf im Flugzeug (bei 0,76 bar) führen zu signifikanter Reduzierung der Sauerstoffsättigung des Blutes, flacherem Schlaf und signifikanter Minderung der Leistungsfähigkeit in der folgenden Wachphase [5].

Höhenbeschwerden

Ab einer Druckabnahme von etwa 0,2 bar treten bei fast jedem Exponierten leichte Höhenbeschwerden wie leichte Kopfschmerzen, Schlaf- und Appetitstörungen sowie Dyspnoe (erschwerte Atmung) auf, die aber nach mehreren Tagen Höhenanpassung verschwinden.

Höhenkrankheit

Bei höherer Druckabnahme (zum Beispiel bei schnellem Aufstieg in Höhen über 3.000 m) zeigen sich innerhalb von 4 bis 24 Stunden Symptome der akuten Höhenkrankheit. Es können stärkere Kopfschmerzen, Herzrasen, Kurzatmigkeit, Appetit- und Schlaflosigkeit, Schwindel, Übelkeit, Kaltschweißigkeit, Erbrechen, Konzentrations- und Koordinationsstörungen, ungewohntem Leistungsverlust, Reizbarkeit, Apathie, Selbstüberschätzung und Fehleinschätzungen, verengtes Gesichtsfeld, Bewusstseinseintrübung (so genannten Höhenrausch) sowie Abfall der Lichtempfindlichkeit und Störungen der Nachtsehfähigkeit auftreten. Es schließen sich Störungen der Motorik und Koordination an bis hin zum denkbaren Hypoxiekollaps (Sauerstoffmangel im Gewebe). Ab 5000 m Höhe ist jeder Zweite betroffen. Bei empfindlichen Personen treten diese Erscheinungen auch schon in geringeren Höhen auf. Es bestehen Einschränkungen der Höhenverträglichkeit bei bestimmten Erkrankungen.

Ödeme

Oberhalb von 4000 Metern (entspricht Luftdruck unter 0,62 bar) können innerhalb von 24 Stunden in 1-3 % ein Höhenlungenödem beziehungsweise oberhalb von 5000 Metern seltener das Höhenhirnödem auftreten, die in 25 % beziehungsweise 40 % der Fälle tödlich verlaufen.

Wechselwirkungen

Wechselwirkungen bestehen zum Beispiel im Flugverkehr durch Nacht- und Schichtarbeit und wechselnde Tagesrhythmen (Jetlag).

Die oben beschriebenen Wahrnehmungseinschränkungen und Rauschzustände erhöhen das Unfallrisiko stark.

Die verminderte Durchblutung bei Unterdruck erhöht das Risiko von Erfrierungen insbesondere der Extremitäten.

Gefährdungen durch Überdruck

Gefährdungen beziehen sich insbesondere auf Phasen der Kompression beziehungsweise Dekompression, aber auch auf die Isopressionsphase.

Wirkungen auf den Menschen

Bei zunehmendem Druck werden die in der Atemluft enthaltenen Gase, insbesondere Stickstoff vermehrt aufgenommen. Die Sättigung hängt vom Arbeitsdruck beziehungsweise der Tauchtiefe und der Expositions- beziehungsweise Tauchzeit, aber auch von der Kreislaufaktivität (körperlich schwere Arbeiten) ab, wobei es

anfangs zur Sättigung der Körperflüssigkeiten, dann von gut durchbluteten, später aller Gewebe kommt. Bei Dekompression (abfallender Druck) werden die eingelagerten Gase über das Kreislaufsystem und die Lunge wieder freigesetzt und ausgeschieden.

Gesundheitsprobleme können in der Regel ab einem Überdruck > 0,1 bar auftreten.

Atemgasintoxikation

Bei hohem konstantem Überdruck (Isopressionsphase) besteht die Gefahr von Atemgasintoxikation:

- Ab einem Überdruck über 2,5 bar (entspricht circa 25 m Tauchtiefe) verursachen Stickstoff und auch Wasserstoff und Edelgase in der Atemluft durch ihre mit dem Druck zunehmende narkotische Wirkung den so genannten "Tiefenrausch". Er führt zu schweren Rauschzuständen bis hin zu Ohnmacht, schädigt aber den Körper nicht unmittelbar.
- Bei zunehmendem Druck steigt auch die Sauerstoffmenge in der Atemluft. Ab einem Überdruck von 2 bar wirkt Sauerstoff toxisch.
- Weiter können Sauerstoffmangel und CO_2-Intoxikationen auftreten.

Probleme bei zu schnellen Druckschwankungen

- **Schäden in lufthaltigen Körperhöhlen**
  In der Kompressionsphase kann es durch zu schnellen Druckanstieg beim Einschleusen infolge mangelnden Druckausgleichs zu mechanischen Schäden in lufthaltigen Körperhöhlen (zum Beispiel Ohrtuben, Nasennebenhöhlen, Stirn- und Kieferhöhlen) kommen. Bei Schleimhautschwellungen zum Beispiel durch Erkältung können bereits ab 0,1 bar Druckzunahme Beschwerden (Druckschmerzen, Schwindel, Tinnitus) und Schädigungen eintreten ("Barotraumen", Trommelfellperforation, atrophische Trommelfellnarben, chronischer Tubenverschluss, chronische Erkrankungen der Nasennebenhöhlen). Bei Schlägen auf das Ohr (z.B. Ohrfeige) kann das Trommelfell verletzt werden. In schweren Fällen kann es zu vorrübergehendem oder dauerhaftem Hörverlust kommen. Bei schadhaftem Gebiss treten auch Zahnschmerzen auf.
- **Caissonkrankheit**
  Nach zu schneller Dekompression (Druckabnahme auf normalen Luftdruck; Tauchunfall mit zu schnellem Auftauchen) kann die sogenannte Caissonkrankheit (auch Dekompressionskrankheit oder Gasembolie genannt) auftreten. Dabei bildet insbesondere gelöster Stickstoff im Gewebe Bläschen (ähnlich wie beim Öffnen einer Sprudelflasche), die Körperfunktionen, zum Beispiel Blut- und Nervenbahnen blockieren können. Die Ausscheidung der Gase über das Kreislaufsystem und die Lunge gelingt je nach Gewebetyp unterschiedlich schnell.
- **Druckfallbeschwerden**
  Innerhalb der ersten halben Stunde, häufig auch erst Stunden oder Tage nach der Ausschleusung können mehr oder weniger heftige Druckfallbeschwerden auftreten. Als Leitsymptome gelten Gelenk- und Muskelschmerzen und manchmal Hautmarmorierungen. Weitere Folgen können sein: Ohrensausen, Schwerhörigkeit, Gleichgewichtsstörungen, Tonusverlust der Muskulatur (Zusammensinken des Körpers), Sprachverlust/Sprachstörung, vorübergehende psychische Störungen, epileptiförmige Anfälle, Atemlähmung, (auch dauerhafte) Lähmungen besonders der unteren Gliedmaßen, Durchblutungs- und Kreislaufstörungen, Herzinfarkt bis hin zum Tod. Lebensbedrohliche Komplikationen kommen vor allem bei Beteiligung des Zentralnervensystems, des Kreislaufs und der Atemorgane vor.
- **Gelenkschäden**
  Da insbesondere Knochen und Knorpel unter Druck sehr schnell mit Stickstoff aufsättigen, aber die Entsättigungshalbwertzeiten bei der Dekompression sehr lang sind, können als Spätfolgen auch Gelenkschäden mit deformierenden Arthrosen und Sequesterbildung unter anderem auftreten.
- **Fieber**
  Erhöhte Körpertemperatur über mehrere Tage weist auf eine gestörte Wärmeregulation hin.
- **Handlungsfähigkeit**
  - Eine Dekompressionserkrankung kann die Handlungsfähigkeit beeinträchtigen, zum Beispiel das Fahrvermögen einschränken.
  - Zu schnelle Dekompression oder der Notaufstieg bei Tauchern kann auch zu einer gefährlichen Überdehnung der Lunge führen.
- **Gesundheitliche Risiken für Taucher**
  Unter bestimmten Bedingungen kann es bei Tauchern zu relativen Unterdrücken bestimmter Körperpartien, besonders der Lunge und des Kopfes, kommen, die Schwellungen, Ergussbildung, Gewebeeinriss oder Einblutungen verursachen können.

Erkrankung durch Arbeit in Druckluft ist in der Liste der Berufskrankheiten als BK 2201 enthalten. Auch Verunreinigungen der Atemluft mit Kohlenmonoxid, nitrosen Gasen und Kohlendioxid kommen vor und können zu Intoxikationserscheinungen führen.

Wechselwirkungen

Darüber hinaus bestehen in Überdruck über Wechselwirkungen mit anderen Gefährdungen erhöhte Risiken:

- Dekompressionserscheinungen können verstärkt werden, wenn sich Exponierte innerhalb der folgenden Stunden in Unterdrucksituationen begeben, zum Beispiel einen Flug antreten oder in höhere Lagen fahren.
- Da Druckluft mehr Sauerstoff enthält, erhöht sich die Brandgefahr. Die Zündtemperatur ist verringert und die Abbrandgeschwindigkeit nimmt zu.
- Rauchgase, die beim Schweißen und Schneiden entstehen, wirken in Überdruck erheblich gesundheitsschädlicher. Die für Normaldruck ausgelegten Luftgrenzwerte sind nicht anwendbar.

7.6.3 Grenzwerte, Beurteilungskriterien

Bei Unterdruck kleiner als 0,73 bar beziehungsweise Tätigkeiten in großen Höhenlagen ab etwa 2.500 m über dem Meeresspiegel ist mit gesundheitlichen Problemen zu rechnen.

Beschäftigungsverbot

Nicht beschäftigt werden dürfen nach §9 DruckLV[3])

- Arbeitnehmer allgemein in Druckluft von mehr als 3,6 bar Überdruck
- Arbeitnehmer unter 18 oder über 50 Jahre in Druckluft von mehr als 0,1 bar Überdruck

Taucharbeiten dürfen nur Personen ab 21 Jahren und bis 50 Jahre durchführen. Beschäftigungsverbote bestehen auch bei akuten und chronischen Erkrankungen, auch Zahnerkrankungen.

Schwangere und stillende Mütter dürfen unter Überdruck nicht arbeiten (§ 11 MuSchG).

[3]) Für Arbeiten in Druckluft von mehr als 3,6 bar Überdruck sowie für Beschäftigte über 50 Jahre bei Arbeiten in Druckluft von mehr als 0,1 bar Überdruck sind entsprechend § 6 DruckLV auf Antrag und unter bestimmten Voraussetzungen Ausnahmebewilligungen möglich.

7.6.4 Arbeitsschutzmaßnahmen bei Unterdruck

Unterdruck vermeiden

Der Aufenthalt in Höhenlagen beziehungsweise Flughöhen ohne Druckkabine über 3.000 Meter (entspricht Luftdruck unter 0,73 bar) sollte möglichst gemieden werden.

Sicherheitstechnische Maßnahmen

Für Flüge über 6.000 m (20.000 ft) über NHN müssen Flugzeuge mit Druckkabinen ausgerüstet sein. Flugzeuge mit Druckkabinen müssen mit einer Sauerstoffanlage ausgerüstet sein und bei Flügen über 3.000 m einen ausreichenden Sauerstoffvorrat mitführen (§ 21 Betriebsordnung für Luftfahrtgerät (LuftBO)).

Persönliche Schutzausrüstung

In Höhenlagen ab 2.500 m können aufblasbare Drucksäcke (gegebenenfalls mit Sauerstoffzufuhr) zur schnellen Linderung bei auftretender Höhenkrankheit bereitgestellt werden.

In Höhenlagen ab 3.000 m wird für unangepasste Personen das Mitführen eines Sauerstoffspendegerätes empfohlen.

Organisatorische und verhaltensbezogene Maßnahmen

In Höhenlagen ab 2.500 m ist in den ersten Tagen schwere körperliche Arbeit zu vermeiden. Nach mehrtägiger Anpassung ist jedoch Arbeit bis zu einer Höhe von 5.000 bis 6.000 m (> 0,48 bar) noch möglich.

Zur Vorbeugung der Höhenkrankheit ist ein langsamer Anstieg und ausreichende Flüssigkeitszufuhr zu empfehlen.

Treten bei Höhen ab 2.500 m erste Anzeichen einer Höhenkrankheit auf, ist neben Rast und Flüssigkeitszufuhr insbesondere der zügige Abstieg in niedrigere Lagen erforderlich.

7.6.5 Arbeitsschutzmaßnahmen bei Überdruck

Übergreifende Gestaltungskonzepte

Überdruck vermeiden

Da Arbeiten in Überdruck mit hohen Belastungen und Gesundheitsrisiken verbunden sind, sind alle Möglichkeiten auszuschöpfen, um solche Arbeiten zu vermeiden und zu minimieren. Dabei geht es unter Einbeziehung von Experten darum, alternativen Produktions- und Arbeitsverfahren auszuloten beziehungsweise zu entwickeln.

Für das Inverkehrbringen von Geräten mit einem Überdruck von 0,5 bar ist gegebenenfalls die Druckgeräteverordnung zu beachten.

Sicherheitstechnische Maßnahmen

Beim Einsatz von Atemgeräten kann bei höherem Überdruck die Zusammensetzung des Atemgases verändert werden, zum Beispiel Ersatz von Stickstoff durch Helium oder/und Wasserstoff oder Reduzierung des Sauerstoffanteils (zum Beispiel Nitrox und Bell O_2). Derartige Gasgemische ermöglichen Arbeiten unter noch höherem Druck (zum Beispiel 20-30 bar) beziehungsweise in größeren Tauchtiefen bis zu mehreren Hundert Metern.

Der Einsatz von Atemgasen ohne Stickstoff oder/und Sauerstoffatmung über Sauerstoffmaske in der Dekompression ermöglicht eine schnellere Dekompression und senkt das Risiko von Dekompressionserkrankungen signifikant. Weitere Hinweise enthält die "Richtlinie für das Ausschleusen mit Sauerstoff nach Arbeiten in Druckluft".

An Arbeitskammern und Einrichtungen werden zahlreiche Beschaffenheitsanforderungen gestellt (§§ 4 und 5 Druckluftverordnung (DruckLV) in Verbindung mit Anhang 1).

Weitere technische Gestaltungsmaßnahmen enthalten Regeln zum Arbeitsschutz auf Baustellen RAB 25, Anhang, Abschnitt 4.

Organisatorische Maßnahmen

Um zeitaufwendige Dekompressionsphasen zu vermeiden, halten sich Druckluftarbeiter beziehungsweise Taucher zwischen den Arbeits- beziehungsweise Tauchgängen über längere Zeit in Druckkammern mit Arbeitsdruck auf (Sättigungstauchen).

Insbesondere Dekompressionsprozesse müssen sehr langsam ablaufen, damit die im Gewebe gesättigten Gase (besonders Stickstoff) ohne gefährliche Bläschenbildung aus dem Gewebe entweichen können. Bei einem 30-minütigen Tauchgang in 100 m Tiefe dauert die Dekompression mehrere Stunden. Eine vollständige Entsättigung ist erst nach circa 36 Stunden erreicht.

An die Ausschleusungs- und Wartezeiten zwischen den Einsätzen in Druckluft werden abhängig von den Einsatz- und Rahmenbedingungen unterschiedliche, spezifische Anforderungen gestellt (§ 21 DruckLV).
Anhang 2 der DruckLV enthält Tabellen für Ausschleusungs- und Wartezeiten bei unterschiedlichen Bedingungen. Weitere Hinweise sind in den Regeln zum Arbeitsschutz auf Baustellen RAB 25, Teil 3 zu finden.

Durch organisatorische Maßnahmen können die Gesundheitsrisiken verringert werden (siehe Regeln zum Arbeitsschutz auf Baustellen RAB 25, Anhang, Abschnitt 3):

- Die ersten beiden Einsätze in Druckluft (auch nach längeren Pausen) sollten verkürzt erfolgen.
- Vor dem Ausschleusen trockene Kleidung anziehen.
- Während der Druckluftarbeiten und des Ausschleusens auf ausreichende Flüssigkeitsaufnahme achten.
- Zusätzlichen Dekompressionsstress durch druckgeminderte Höhenlagen (zum Beispiel Flug, Höhenaufenthalt, Passfahrten), körperliche Anstrengung, längere Autofahrten vermeiden beziehungsweise in Abstimmung mit dem Druckluftarzt zusätzliche Maßnahmen ergreifen wie verlängerte Dekompressions- und Wartezeiten, verkürzte Arbeitszeiten.
- Für den Fall von Drucklufterkrankungen ist ein Verfahrensablauf festzulegen und allen Mitarbeitern zu vermitteln, um eine schnelle fachgerechte Behandlung sicherzustellen (DGUV Information 250-006).

Verhaltensbezogene Maßnahmen

Die Dekompression muss sich an festgelegten Regelungen orientieren
(DruckLV, Anhang 2; DGUV Vorschrift 40).

Es wird empfohlen, dass jeder Beschäftigte auch außerhalb der Arbeitszeit eine rote Notfallkarte bei sich führt, die unter anderem lebensrettende Hinweise zur Behandlung von Druckfallbeschwerden enthalten kann (DGUV Information 250-006).

Arbeitsmedizinische Vorsorge bzw. Ärztliche Untersuchung

Der Arbeitgeber darf einen Arbeitnehmer zu Taucherarbeiten nur nach einer arbeitsmedizinischen Vorsorge (Pflichtvorsorge gem. §4 ArbMedVV mit Anhang 3 (1), Nr. 5) beschäftigten. Der Arbeitgeber hat über die in Druckluft Beschäftigten eine Vorsorgekartei zu führen mit Angaben, dass, wann und aus welchen Anlässen arbeitsmedizinische Vorsorge stattgefunden hat (§ 3, Abs. 4 ArbMedVV).

Arbeitnehmer dürfen nur in Druckluft beschäftigt werden, wenn sie von einem gem. §13 DruckLV ermächtigten Arzt untersucht worden sind:
- vor der ersten Beschäftigung bzw.
- vor Ablauf von einem Jahr seit der letzten Untersuchung

Die Bescheinigung der gesundheitlichen Unbedenklichkeit ist Tätigkeitsvoraussetzung. Die Vorsorgeuntersuchungen müssen erfolgt sein
- innerhalb von zwölf Wochen vor Beginn der Beschäftigung
- und anschließend jeweils vor Ablauf von zwölf Monaten

Vor der Weiterbeschäftigung nach Erkrankungen, Erkältungen oder sonstigem Nichtwohlfühlen muss der ermächtigte Arzt festgestellt haben, dass gesundheitliche Bedenken gegen die Weiterbeschäftigung nicht bestehen (§ 11 DruckLV).

Spezifische Maßnahmen bei Druckluftarbeiten

Arbeitgeber, die Beschäftigte in Luftdruck über 0,1 bar Überdruck einsetzen wollen, müssen die erforderlichen Schutzmaßnahmen ergreifen:

Anzeigepflicht

Anzeige von Arbeiten unter Druckluft bei der zuständigen Behörde spätestens zwei Wochen vor Aufnahme der Arbeiten. Geplante oder eingetretene Änderungen gegenüber der Anzeige muss der Arbeitgeber unverzüglich schriftlich anzeigen (§ 3 DruckLV).

Erholungsräume, sanitäre Einrichtungen, Druckluftkammer

- Der Arbeitgeber muss bestimmte Erholungsräume und sanitäre Einrichtungen für die Beschäftigten bereitstellen (§ 17 DruckLV).
- Ab einem Arbeitsdruck von 0,7 bar ist am Arbeitsplatz eine Krankendruckluftkammer zur Rekompression bereitzustellen, mit der im Falle einer auftretenden Drucklufterkrankung eine Behandlung sehr schnell eingeleitet kann und damit irreversible Spätfolgen infolge verspäteter Behandlung vermieden werden können (§ 17 DruckLV).

Technische Prüfungen

Arbeitskammern sind vor der Inbetriebnahme und nach wesentlichen Änderungen einer Prüfung durch behördlich anerkannte Sachverständige zu unterziehen. Schleusen und Schachtrohre müssen darüber wiederkehrend geprüft werden, vor Ablauf von drei Jahren beziehungsweise nachdem sie zum dritten Mal neu installiert worden sind (§ 7 DruckLV).

Ermächtigter Arzt

Der Arbeitgeber hat einen ermächtigten Arzt mit spezieller arbeitsmedizinischer Fachkunde bezüglich Arbeiten in Druckluft (Druckluftarzt genannt) zu beauftragen, die notwendigen Maßnahmen zur Verhütung von Gesundheitsgefahren zu veranlassen, die Arbeitnehmer zu beraten und Drucklufterkrankte zu behandeln. Dazu muss der Arzt in der Regel während der Arbeits- und Wartezeiten jederzeit an der Arbeitsstelle erreichbar sein (§ 12 DruckLV). Für Ausnahmen auf Antrag geben die Regeln zum Arbeitsschutz auf Baustellen "Arbeiten in Druckluft" (RAB 25) weitere Hinweise.

Geschulte Fachkräfte

Der Arbeitgeber hat bestimmte speziell geschulte Fachkräfte zu bestellen, die während des Betriebs festgelegte Überwachungs- und bei Bedarf Brandbekämpfungs- oder Erste-Hilfe-Maßnahmen wahrnehmen (§ 18 DruckLV). Die Regeln zum Arbeitsschutz auf Baustellen "Arbeiten in Druckluft" (RAB 25) geben in Teil 2 weitere Hinweise zu den Aufgaben und Qualifikationsanforderungen an den leitenden Fachkundigen.

Unterweisung

Der Arbeitgeber hat dafür zu sorgen, dass der leitende Fachkundige und der beauftragte Arzt die Arbeitnehmer vor Beginn der Beschäftigung und mindestens halbjährlich über die Unfall- und Gesundheitsgefahren und die Einrichtungen und Maßnahmen zur Abwendung dieser Gefahren belehren. Vor Beginn der Beschäftigung hat der Arbeitgeber jedem Arbeitnehmer zudem ein entsprechendes Merkblatt in dessen Sprache auszuhändigen (§ 20 DruckLV).

Spezifische Maßnahmen bei Baumaßnahmen

Baustellenkoordinator

Arbeiten in Überdruck auf Baustellen zählen zu den besonders gefährlichen Arbeiten nach § 2 Absatz 3 Baustellenverordnung (BaustellV). Da es sich meist um Bauvorhaben größeren Umfangs mit mehreren Arbeitgebern handelt, muss der Bauherr in der Regel einen Koordinator bestellen, der einen Sicherheits- und Gesundheitsschutzplan erstellt sowie eine Unterlage für spätere Arbeiten zusammenstellt. Der Koordinator muss in der Regel unter Einschaltung zusätzlicher Fachleute auf die Auswahl von Bauverfahren mit möglichst geringen Risiken hinwirken (siehe Regeln zum Arbeitsschutz auf Baustellen – RAB 25 "Arbeiten in Druckluft", Anhang, Abschnitt 11).

Spezifische Maßnahmen bei Tauchgängen

Bei Tauchgängen muss der Arbeitgeber unabhängig von Druckluftarbeiten folgende Pflichten erfüllen:

Taucheinsatzleiter

Taucheinsätze müssen unter der Leitung eines schriftlich bestellten Taucheinsatzleiters erfolgen. Dieser muss die Einsatzbedingungen beurteilen, den Tauchgang schriftlich planen, den sicheren Ablauf des Tauchereinsatzes überwachen und die bei Unfällen und Störungen erforderlichen Maßnahmen treffen können (§§ 8 und 15 bis 16 DGUV Vorschrift 40).

Signalmann, Tauchhelfer

Taucherarbeiten dürfen nur von Tauchergruppen aus mindestens zwei geprüften Tauchern, Signalmann sowie Tauchhelfer erfolgen. Die Verständigung zwischen Tauchern und Signalmann muss sichergestellt sein (§§ 9 bis 13 und 18 DGUV Vorschrift 40).

Ausrüstung

- Es ist eine festgelegte Ausrüstung bereitzustellen, die bestimmte Beschaffenheitsanforderungen erfüllt (§§ 14 und 3 bis 7 DGUV Vorschrift 40).
- Anforderungen an Bau und Ausrüstung sowie Betrieb von Taucherdruckkammern enthält DGUV Regel 101-022.

Vorschriften, Regelwerk

- Für die Vorbereitung und Durchführung von Tauchgängen sind zahlreiche Regeln zu beachten (§§ 19 bis 25 DGUV Vorschrift 40).
- Weitere Regelungen betreffen die Not-Dekompression, Maßnahmen nach dem Tauchgang, zusätzliche Bestimmungen für Helmtauchgeräte und Leichttauchgeräte, Prüfung der Ausrüstung und Verhalten bei Taucherunfällen (§§ 26 bis 32 DGUV Vorschrift 40).
- Hinweise für Tauchereinsätze mit Mischgas enthält DGUV Information 201-033.
- Für Tauchereinsätze mit wissenschaftlicher Zielsetzung, das heißt Forschungstauchereinsätze, gelten spezielle Regeln gemäß DGUV Regel 101-023.

7.6.6 Vorschriften, Regelwerk, Literatur

Gesetze, Verordnungen

- Verordnung über Arbeiten in Druckluft (Druckluftverordnung - DruckLV)
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV)
- Luftverkehrs-Zulassungs-Ordnung (LuftVZO)
- Betriebsordnung für Luftfahrtgerät (LuftBO)
- Mutterschutzgesetz (MuSchG)
- Verordnung über die Prüfung zum anerkannten Abschluss Geprüfter Taucher/Geprüfte Taucherin (TauchPrV)

Technische Regelwerke zu den Arbeitsschutzverordnungen

- RAB 25: Arbeiten in Druckluft

Vorschriften der Berufsgenossenschaften

- DGUV Vorschrift 40: Taucharbeiten
  (mit Durchführungsanweisungen)

Weitere Regeln der Technik

- DGUV Regel 101-022 (bisher BGR 235): Tauchdruckkammern
- DGUV Regel 112-190 (bisher BGR/GUV-R 190): Benutzung von Atemschutzgeräten
- DGUV Regel 101-023 (bisher GUV-R 2112): Einsatz von Forschungstauchern
- DGUV Information 201-033 (bisher BGI 897): Handlungsanleitung Tauchereinsätze mit Mischgas
- DGUV Information 201-025: Taucher-Dienstbuch
- DGUV Information 240-310 (bisher BGI/GUV-I 504-31): Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 31 "Überdruck"
- DGUV Information 250-006 (bisher BGI 690): Merkblatt für die Behandlung von Erkrankungen durch Arbeiten in Überdruck
- Merkblatt zu Berufskrankheit Nr. 2201 "Erkrankungen durch Arbeit in Druckluft"
- Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e. V. (DGAUM): "Arbeiten in Überdruck"
- Leitlinie "Tauchunfall" der Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin e. V.

Literatur

- [1] Pressel, G.; Neubauer, B.:
  Erkrankungen durch Arbeit unter erhöhtem Luftdruck.
  In: Handbuch der Arbeitsmedizin. Landberg/Lech: ecomed MedizinLosebl.-Ausgabe 37. Erg.-Lfg. September 2004, IV – 3.6
- [2] Ebner, W.; Gminski, R.; Zimmer, G.:
  Rechtsmedizin, Arbeitsmedizin, Umweltmedizin, Toxikologie.
  Endspurt Klinik Skript 19. Stuttgart: Georg Thieme (2014)
- [3] Treibel, W.:
  Höhenmedizin für Ärzte.
  In: Erste Hilfe und Gesundheit am Berg und auf Reisen. 2. Auflage, München: Bergverl. Rother 2012
- [4] Berghold, F.; Schaffert, W.:
  Handbuch der Trekking- und Expeditionsmedizin. Praxis der Höhenanpassung – Therapie der Höhenkrankheit.
  München: DAV Summit Club 2004
- [5] Rooney, D.; Elmenhorst, E.-M.; Wittkowski, M.;Wenzel, J.:
  Schlaf im Flugzeug: ein unerkanntes Risiko?
  49. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrtmedizin (DGLRM), 08.-10. September 2011, Sinsheim (nicht veröffentlicht)

Internetangebote/Links

- Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin

7.6.7 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

– Tritt Unterdruck unter 0,73 bar auf?
– Wird in Höhenlagen über 2.500 m gearbeitet?
– Tritt Überdruck von mehr als 0,1 bar auf?
– Sind Taucharbeiten unter 1 m Wassertiefe vorgesehen?
– Überschreitet der Luftdruck 3,6 bar Überdruck?

Gefährdungen

– Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit und der Gesundheit ab 2.500 m Höhe
– Erhöhte Gesundheitsrisiken ab 4.000 m Höhe
– Gefährdung lufthaltiger Körperhöhlen bei zu schneller Kompression
– Sauerstofftoxizität ab 2 bar Überdruck
– Narkotische Wirkung von Stickstoff ab 2,5 bar Überdruck
– Störung zahlreicher Körperfunktionen bis zum Tod bei zu schneller oder nicht fachgerechter Dekompression

Wichtige Maßnahmen

Bei Unterdruck

– ab 2.500 m Höhenanpassung erforderlich (mehrtägige Schonung)
– ab 2.500 m gegebenenfalls Drucksäcke zur schnellen Behandlung auftretender Höhenkrankheiten bereithalten
– ab 3.000 m gegebenenfalls Sauerstoffspendegerät mitführen
– Flugzeugausrüstung mit Druckkabinen und Sauerstoffanlage bei Flügen über 6.000 m
– Schwangere im Flugdienst nicht einsetzen

Bei Überdruck

– Mindestalter von 18 Jahren bei Druckluftarbeiten beziehungsweise 21 Jahren bei Taucharbeiten einhalten
– Höchstalter von 50 Jahren bei Druckluftarbeiten einhalten
– Schwangere oder stillende Mütter nicht in Überdruck einsetzen
– Nur Taucher mit Taucherzeugnis nach Verordnung über die Prüfung zum anerkannten Abschluss geprüfter Taucher einsetzen
– Sicherstellen, dass nur Beschäftigte in Überdruck arbeiten, die vor nicht länger als 12 Wochen vor dem ersten Einsatz bzw. anschließend vor nicht länger als zwölf Monaten durch einen gem. §13 DruckLV ermächtigten Arzt untersucht worden sind und die vollkommen gesund und nachgewiesen nicht erkältet sind
– Druckluftarbeiten spätestens zwei Wochen vor der Aufnahme der Arbeiten bei der zuständigen Behörde anzeigen; Änderungen unverzüglich anzeigen
– bei Druckluft über 3,6 bar Überdruck staatliche Ausnahmegenehmigung erforderlich
– Bereitstellen spezieller Räume und Einrichtungen nach §17 Druckluftverordnung (DruckLV) vor Beginn der Arbeiten unter Luftdruck
– Bei Druckluft über 0,7 bar eine Krankendruckluftkammer am Arbeitsplatz bereitstellen
– Regelmäßige Prüfung von Arbeitskammern, Schleusen und Schachtrohre entsprechend § 7 DruckLV sicherstellen
– Einen Arzt mit spezieller arbeitsmedizinischer Fachkunde bezüglich Arbeiten in Druckluft beauftragen, die notwendigen Maßnahmen zur Verhütung von Gesundheitsgefahren zu veranlassen, die Arbeitnehmer zu beraten und Drucklufterkrankte zu behandeln
– Erreichbarkeit des beauftragten Druckluftarztes während der Arbeits- und Wartezeiten an der Arbeitsstelle sicherstellen
– Bestellung und Schulung eines leitenden Fachkundigen sowie weitere nach § 18 DruckLV erforderliche Fachkräfte
– Schriftliche Bestellung eines verantwortlichen und kompetenten Taucheinsatzleiters, der die Einsatzbedingungen beurteilt, den Tauchgang schriftlich fachgerecht plant, den sicheren Ablauf des Taucheinsatzes überwacht und bei Unfällen und Störungen die erforderlichen Maßnahmen treffen kann
– Taucharbeiten nur von Tauchgruppen aus zwei geprüften Tauchern, Signalmann sowie Tauchhelfer
– Prüfung der Tauchausrüstung gemäß §§ 14 und 3 bis 7 DGUV Vorschrift 40

- Einhaltung der Regeln für die Vorbereitung und Durchführung von Tauchgängen gemäß §§ 19 bis 25 DGUV Vorschrift 40 in jedem Einzelfall sicherstellen
- Prüfung der erforderlichen Ausrüstungsgegenstände (Geräte, Einrichtungen und Hilfsmittel) vom Tauchereinsatzleiter vor jedem Tauchgang sicherstellen
- Einsatz von Sauerstoffatmung und ausreichende Flüssigkeitszufuhr bei der Dekompression sicherstellen
- Ausschleusungs- und Wartezeiten entsprechend Anhang 2 DruckLV sowie weitere Regeln zum Arbeitsschutz auf Baustellen RAB 25 "Arbeiten in Druckluft", Anhang, Abschnitt 3 einhalten
- Gestaltungsmaßnahmen nach RAB 25 "Arbeiten in Druckluft", Anhang, Abschnitt 4 ergreifen
- Zusätzlichen Dekompressionsstress durch druckgeminderte Höhenlagen (zum Beispiel Flug, Höhenaufenthalt, Passfahrten), körperliche Anstrengung, längere Autofahrten vermeiden beziehungsweise in Abstimmung mit dem Druckluftarzt zusätzliche Maßnahmen ergreifen
- Festlegen eines Verfahrensablaufs für eine schnelle fachgerechte Behandlung bei Drucklufterkrankungen und Einweisung allen Mitarbeiter
- Jedem Beschäftigten die rote Notfallkarte gemäß DGUV Information 250-006 mit lebensrettenden Hinweisen zur Behandlung von Druckfallbeschwerden bereitstellen

7.6.8 Autoren und Ansprechpartner

Autoren:
– Dipl.-Ing. Ch. Barth

Ansprechpartner:
– Dipl.-Ing. Ch. Barth
Systemkonzept GmbH, Köln

Handbuch – Gefährdungsfaktoren

8 Gefährdungen durch Arbeitsumgebungsbedingungen

baua:
Bundesanstalt für Arbeitsschutz
und Arbeitsmedizin

27.04.2020

8 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 Luft werden gestalterische Elemente der Arbeitsstätte und an der Schnittstelle Mensch/Maschine betrachtet.

Hinsichtlich der Gestaltung der Arbeitsstätte wird auf Grund der derzeitigen Anpassung des Technischen Regelwerkes zur Arbeitsstättenverordnung nur die Gefährdung durch unzureichende Fluchtwege beschrieben. Die Themenbereiche Verkehrswege, Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung sowie freie Bewegungsfläche am Arbeitsplatz, Anordnung des Arbeitsplatzes und Pausen-/ Sanitärräume werden zu einem späteren Zeitpunkt aufgenommen.

- **Klima:** Hitze am Arbeitsplatz kann zum Hitzekollaps bis hin zum Hitzschlag führen. Bei extremer Kälte kann es zur Unterkühlung und lokalen Erfrierungen des Körpers kommen.
- **Beleuchtung, Licht:** Zu geringe Beleuchtung oder Blendung kann zu Arbeitsunfällen führen. Zur Erfüllung der Sehaufgabe am Arbeitsplatz sind Mindestbeleuchtungsstärken nötig.
- **Ersticken, Ertrinken:** Eine Reduzierung der Sauerstoffkonzentration in Räumen durch Verdrängung oder Verbrauch kann zum Ersticken von Beschäftigen führen. Beim Sturz in Gewässer oder in offene Becken besteht die Gefahr des Ertrinkens.
- **Unzureichende Fluchtwege:** Bei einer unzureichenden Gestaltung der Flucht- und Rettungswege kann zum Beispiel im Falle eines Brandes für die Beschäftigten das sichere Verlassen der Arbeitsstätte nicht gewährleistet werden.
- **Mensch-Maschine/Rechner-Schnittstelle:** Eine mangelhafte beziehungsweise nicht ergonomische Gestaltung von Bedienelementen einer Maschine kann zur Fehlbedienung führen und auch Unfälle zur Folge haben.

8.1 Klima

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

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

8.1.1 Einführung

Klima am Arbeitsplatz

Das Klima am Arbeitsplatz lässt sich grob in folgende Bereiche gliedern:
- Kältebereich
- thermisch-neutrales Klima beziehungsweise Behaglichkeitsbereich
- Erträglichkeits- und Hitzebereich

Wirkung auf den Menschen

Die Wirkung des Klimas auf den Menschen wird bestimmt durch die Klimagrößen
- Lufttemperatur
- Luftfeuchtigkeit
- Luftgeschwindigkeit
- Wärmestrahlung (Maschinen, Lampen, Wandflächen, Fenster)

und die personenbezogenen Größen
- energetische Arbeitsbelastung
- Bekleidung

Behaglichkeitsbereich

Im thermisch neutralen Klima, das weitgehend identisch mit dem Behaglichkeitsbereich ist, befindet sich der Wärmeaustausch des Menschen mit der Umgebung im Gleichgewicht, das heißt erzeugte und aufgenommene Wärmeenergie entsprechen der Wärmeabgabe. In relativ engen Grenzen kann der Mensch die Wärmebilanz ausgleichen. Zur Regulierung bestehen folgende Möglichkeiten:
- Wärmeproduktion durch Stoffwechsel (Muskelarbeit)
- Wärmeabgabe durch Verdunstung (Schweißbildung)
- Wärmeaustausch durch Leitung (direkter Kontakt)
- Wärmeaustausch durch Konvektion (Luftbewegung)
- Wärmeaustausch durch Strahlung
- Wärmeisolation durch Kleidung

Grenzen der Kompensation

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

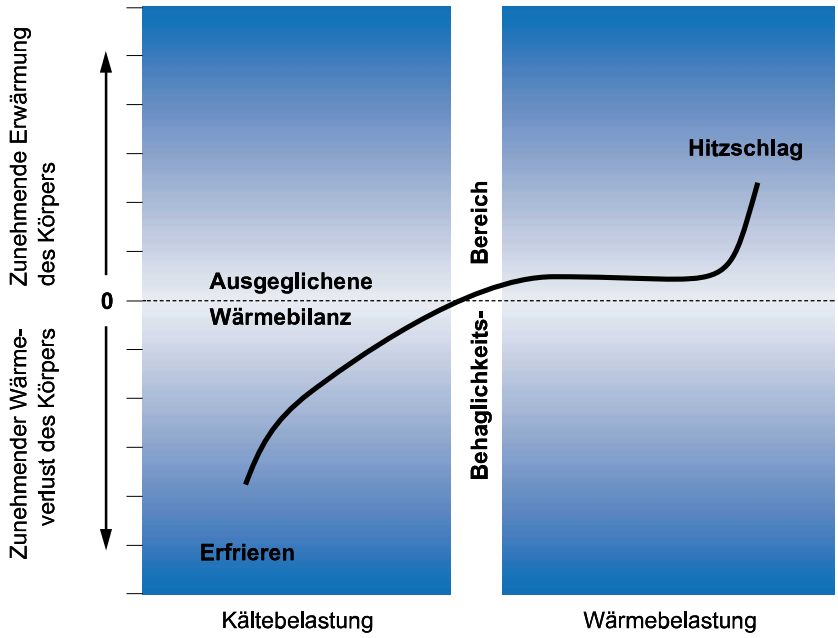


Abbildung 8.1-1. Die Wärmebilanz des Körpers bei verschiedenen Klimabedingungen (nach E. Grandjean)

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

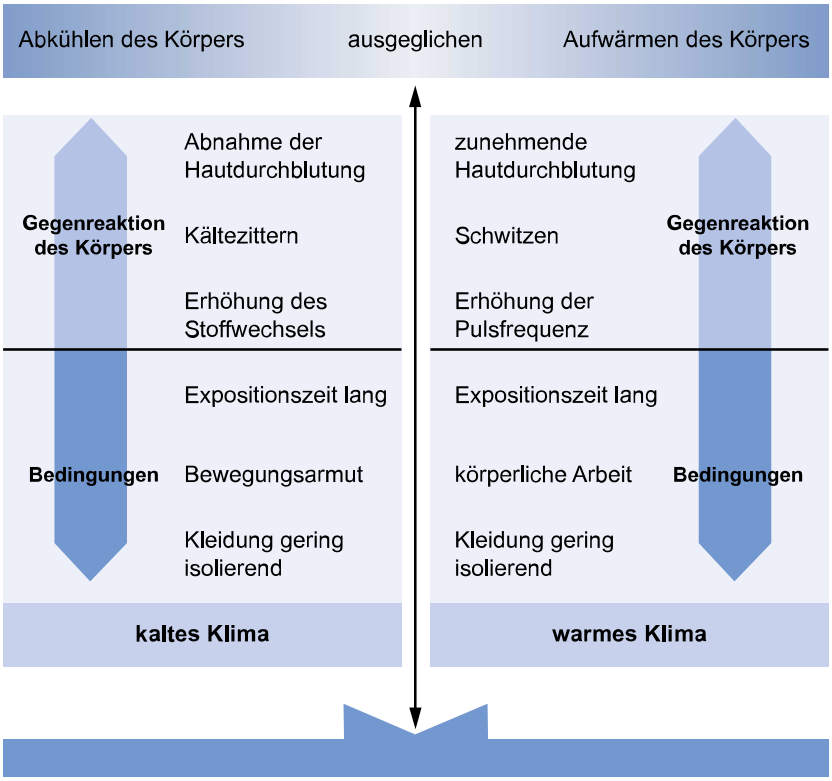


Abbildung 8.1-2. Wärmebilanz des menschlichen Körpers

Thermisch-neutrales Klima

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

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

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

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

[1)] Die operative Raumtemperatur t_o ist annähernd der Mittelwert von Lufttemperatur t_a in °C und mittlerer Strahlungstemperatur t_R in °C.
[2)] Bei nicht klimatisierten und natürlich belüfteten Räumen hängt die relative Luftfeuchtigkeit stark von den Außenbedingungen ab. Witterungsbedingte Feuchteschwankungen bleiben deswegen unberücksichtigt (siehe auch ASR A3.6)

Klimaermittlung

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

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

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

Ein Messprotokoll zur Klimamessung finden Sie in der Anlage 1.
Anlage 2 enthält Begriffserklärungen.

8.1.2 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen - Kälte

Kältebereiche

Nach DIN 33403-5 unterscheidet man fünf Kältebereiche:

Tabelle 8.1-2 Kältebereiche

Kältebereich	Benennung	Lufttemperatur t_a [°C]
I	kühler Bereich	von +15 bis +10
II	leicht kalter Bereich	unter +10 bis -5
III	kalter Bereich	unter -5 bis -18
IV	sehr kalter Bereich	unter -18 bis -30
V	tiefkalter Bereich	unter -30

Kälte kann durch Geräte, Verfahren oder Witterungsbedingungen verursacht werden, zum Beispiel
- in Kühlhäusern, in der Lebensmittel-, Getränkeindustrie, bei Arbeiten im Freien,
- in der Land- und Forstwirtschaft oder Bauindustrie.

Gesundheitsgefahren

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

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

8.1.3 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen - Hitze

Ursachen

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

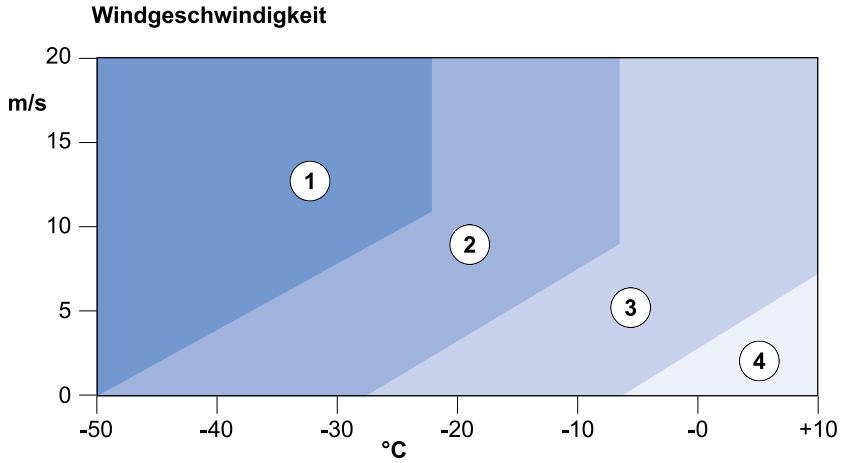
Gesundheitsgefahren

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

8.1.4 Grenzwerte, Beurteilungskriterien - Kälte

Gefährdungsabschätzung

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



(1) große Gefährdung
(2) erhöhte Gefährdung für Erfrierungen ungeschützter Körperteile
(3) geringe Gefährdung bei hinreichender Bekleidung
(4) Gefahr durch Unterschätzung der notwendigen Schutzmaßnahmen

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

Einflussgrößen

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

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

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

Mittlere Hauttemperatur

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

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

8.1.5 Grenzwerte, Beurteilungskriterien - Hitze

Einflussgrößen

Einflussgrößen der thermischen Belastung sind:
- Lufttemperatur
- Luftfeuchtigkeit
- Luftgeschwindigkeit
- Wärmestrahlung
- energetische Arbeitsbelastung
- Wärmeisolation der Bekleidung
- Expositionszeit

Klimasummenmaße

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

Beurteilungsmaßstäbe

Als Beurteilungsmaßstab im Hitzeklima können die Klimasummenmaße nach DIN 33403-3 dienen:
- Normal-Effektivtemperatur NET (ohne Wärmestrahlung, normale Kleidung)
- Basis-Effektivtemperatur BET (ohne Wärmestrahlung, Arbeit mit unbekleidetem Oberkörper)
- WBGT-Index (Wet Bulb Globe Temperature, mit Wärmestrahlung)
- vorhergesagte Wärmebeanspruchung PHS (DIN EN ISO 7933, Anlage 6)

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

Berücksichtigung der Umgebungsbedingungen

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

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

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

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

Das Klimasummenmaß "Vorhergesagte Wärmebeanspruchung" beruht auf einem physiologischen und physikalischen Modell der Wärmeabgabe des Menschen an die Umgebung und berücksichtigt alle Einflussgrößen der thermischen Belastung. Es bestimmt die für den Ausgleich der Wärmebilanz (Wärmeabgabe = Wärmezufuhr) erforderliche Schweißabgabe und erlaubt es, innerhalb eines weiten Bereichs der Klimaparameter maximale zulässige Expositionsdauern abzuschätzen.
(Anlage 6: Berechnung der vorhergesagten Wärmebeanspruchung – PHS)

Orientierungswerte für die Erträglichkeit von Klimabelastungen

Ermittlung der Erträglichkeitsgrenze

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

Tabelle 8.1-3 $WBGT_{eff}$–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 Ruhe-zustand	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. Belastungsgrenzen durch Wärmestrahlung (Orientierungswerte) sind in Bild 5 der DIN 33403-3 für Dauerbelastung (Achtstundenschicht) und in Bild 6 der DIN 33403-3 für Kurzzeitbelastung (1 bis 2 Stunden) angegeben.

Effektive Bestrahlungsstärke

Durch Wärmestrahlung nimmt der Mensch aus seiner Umgebung Wärme auf und gibt gleichzeitig Wärme ab. Die Differenz zwischen der durch Strahlung zugeführten und der durch Strahlung abgeführten Wärmestromdichte wird effektive Bestrahlungsstärke E_{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_{eff}=< 35 W/m²:

Ist die mittlere effektive Bestrahlungsstärke nicht höher als 35 W/m², so hat die Wärmestrahlung keinen zusätzlich arbeitsbelastenden Einfluss. Hier sind die übrigen Klimaparameter insbesondere Lufttemperatur und Luftfeuchte - ausschlaggebend. Arbeitsenergieumsätze bis zu 300 W sind möglich.

(B) 35 W/m² < E_{eff} =< 300 W/m²:

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

(C) E_{eff} > 300 W/m²:

Bei mittleren effektiven Bestrahlungsstärken oberhalb von 300 W/m² sind in jedem Fall Entwärmungsphasen erforderlich. Eine Dauerexposition ist nicht zulässig. Bei höherer Bestrahlungsstärke ist auch bei kurzer Einwirkung auf die ungeschützte Haut unter Umständen eine Verbrennungsgefahr gegeben.

Unbekleidete Hautpartien

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

Arbeitsmedizinische Vorsorge

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

8.1.6 Arbeitsschutzmaßnahmen - Kälte

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

Maßnahmen zur Reduzierung der Kältebelastung

Maßnahmen zur Reduzierung der Kältebeanspruchung der Beschäftigten können sein:

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

Arbeitsschutzmaßnahmen bei häufig wechselnden Klimabelastungen

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

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

Kältebereich	Lufttemperatur t_a (°C)	Maximale, ununterbrochene Kälteexpositionszeit (min)	Empfohlene Aufwärmzeit in % zur Kälteexpositionszeit	Empfohlene Aufwärmzeit (gerundete Werte) (min)
I	von +15 bis +10	150	5	10
II	unter +10 bis - 5	150	5	10
III	unter - 5 bis -18	90	20	15
IV	unter -18 bis -30	90	30	30
V	unter -30	60	100	60

- **Bedingungen in Pausenräumen**
  - Aufwärm- und Umkleideräume einrichten (Anhang 4.1 und 4.2 ArbStättV)
  - Raumtemperatur muss mindestens +21°C betragen, Räume sollen trocken und zugluftfrei sein
  - eventuell Einrichtungen zur Wiedererwärmung der Hände und Füße vorsehen (Warmluftgeräte, Wärmeplatten)

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

  Kontaktkälte ist möglichst zu vermeiden. (siehe Kalte Medien)
- **Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen**

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

8.1.7 Arbeitsschutzmaßnahmen - Hitze

Technische Maßnahmen

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

– **Luftführung**
Natürliche Lüftung oder lüftungstechnische Anlagen (Ventilatoren, Luftduschen) sorgen für Abkühlung durch erhöhten Luftwechsel oder höhere Luftgeschwindigkeiten.

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

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

– **Wärmestrahlenschutz**
Die Wärmestrahlung sollte verringert werden, zum Beispiel durch:
  - Anlagenkapselung
  - Schutzgläser
  - Drahtgewebe
  - Hitzeschutzschirme
  - Kettenvorhänge

Ergonomisch-organisatorische Maßnahmen

– **Reduzierung der Arbeitsschwere**
Reduzierung der Muskelarbeit großer Muskelgruppen (Arm-, Bein- und Rumpfmuskulatur) auf das unbedingt erforderliche Maß.

– **Muskel-Erholungszeiten**
Viele kurze muskuläre Pausen im klimabelasteten Bereich sind effektiver als wenige längere.

– **Entwärmungsphasen**
Die Entwärmungsphasen sollten länger als 10 Minuten sein. Das Klima in den Aufenthaltsräumen sollte im Behaglichkeitsbereich liegen
(Anlage 5: Entwärmungsphasen).

– **persönliche Schutzausrüstung**
Lassen sich durch technische und ergonomisch-organisatorische Maßnahmen die Klimabelastungen nicht weiter reduzieren, müssen persönliche Schutzausrüstungen getragen werden, die den jeweiligen Anforderungen (§ 4 ArbSchG; PSA-BV) bestmöglich anzupassen sind.

– **Akklimatisation, Hitzegetränke**
Eine langsame Gewöhnung an Hitzearbeit (Akklimatisation) und eine ausreichende Getränkeaufnahme tragen wesentlich zur Herabsetzung der Hitzebeanspruchung bei.

– **Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen**
Für Beschäftigte, die Tätigkeiten mit extremer Hitzebelastung ausüben, sind regelmäßig arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen nach ArbMedVV zu veranlassen .

8.1.8 Vorschriften, Regelwerk, Literatur - Kälte

Gesetze, Verordnungen

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

Technische Regelwerke zu den Arbeitsschutzverordnungen

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

Vorschriften der Unfallversicherungsträger

- DGUV Vorschrift 1: Grundsätze der Prävention

Weitere Regeln der Technik

- DIN EN 342: Schutzkleidung - Kleidungssysteme und Kleidungsstücke zum Schutz gegen Kälte
- DIN 33403-5: Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung : Ergonomische Gestaltung von Kältearbeitsplätzen
- DIN 50010-2: Klimate und ihre technische Anwendung : Klimabegriffe : Physikalische Begriffe
- DIN EN 340: Schutzkleidung : Allgemeine Anforderungen
- DIN EN ISO 7726: Umgebungsklima - Instrumente zur Messung physikalischer Größen
- DIN EN ISO 9886: Ergonomie - Ermittlung der thermischen Beanspruchung durch physiologische Messungen
- DIN-Fachbericht 128: Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung – Grundlagen zur Klimaermittlung
- DIN EN ISO 9920: Ergonomie der thermischen Umgebung - Abschätzung der Wärmeisolation und des Verdunstungswiderstandes einer Bekleidungskombination
- DIN EN ISO 11079: Ergonomie der thermischen Umgebung - Bestimmung und Interpretation der Kältebelastung bei Verwendung der erforderlichen Isolation der Bekleidung (IREQ) und lokalen Kühlwirkungen
- DIN EN ISO 15743: Ergonomie der thermischen Umgebung - Arbeitsplätze in der Kälte – Risikobewertung und Management

Literatur

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

8.1.9 Vorschriften, Regelwerk, Literatur - Hitze

Gesetze, Verordnungen

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

Technische Regelwerke zu den Arbeitsschutzverordnungen

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

Vorschriften der Unfallversicherungsträger

- DGUV Vorschrift 1: Grundsätze der Prävention

Weitere Regeln der Technik

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

Literatur

- [1] Bux, K.; Kampmann, B.:
  B III-1 Raumklima. In Letzel, S.; Nowak, D. (Hrsg.), *Handbuch der Arbeitsmedizin - Arbeitspsychologie, Klinische Arbeitsmedizin, Prävention und Gesundheitsförderung* (Vol. 35. Erg. Lfg. 12/14, S. 1-35). Heidelberg: ecomed MEDIZIN
- [2] Spitzer, H.; Hettinger, Th.; Kaminsky, G.:
  Tafeln für den Energieumsatz bei körperlicher Arbeit
  6. Auflage Berlin: Beuth 1982
- [3] Wenzel, H. G.; Piekarski, G.:
  Klima und Arbeit
  München: Bayerisches Staatsministerium für Arbeit 1982
- [4] Hettinger, Th.; Müller, B. H. et. al.:
  Belastung und Beanspruchung bei unterschiedlicher Effektivtemperatur und Arbeitsschwere
  Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW 1991
  (Bundesanstalt für Arbeitsschutz: Forschung, Fb 634)
- [5] Gebhard, H.; Kampmann, B. et. al.:
  Systematische Analyse aktueller Klimasummenmaße für 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] Grendjean, E.:
Physiologische Arbeitsgestaltung
4. Auflage Landsberg: ecomed 1991
– [9] Bux, K.; Pangert, R.:
Sommerlich bedingte hohe Raumtemperaturen in Arbeitsstätten – Rechtliche Lage, Wirkungen auf den Menschen und Maßnahmen
ErgoMed 2007, 3, S. 84-88
– [10] Bux, K.:
Klima am Arbeitsplatz - Stand arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse; Bedarfsanalyse für weitere Forschungen
Dortmund, Dresden: BAuA 2006 (Forschung Projekt, F 1987)
– [11] Bux, K.:
Klima. In Seidler, A.; Euler, U.; Letzel, S.; Nowak, D. (Hrsg.): **Gesunde Gestaltung von Büroarbeitsplätzen - Arbeitsmedizinische Aspekte, Physikalische Einflussfaktoren, Gefahrstoffexposition, Organisationsformen.**
Landsberg: ecomed Medizin 2015, S 34-51

8.1.10 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter - Kälte

Prüffragen

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

Festgestellte Gefährdungen und Mängel

– Kältebeanspruchung durch Witterungsbedingungen
– Kältebeanspruchung durch Geräte / Verfahren

Maßnahmen

– Lufttemperatur nicht niedriger als technologisch unbedingt erforderlich einstellen
– Zugluft vermeiden durch zum Beispiel Abdichten von Fenstern / Türen; Windschutz; geringe Luftgeschwindigkeit
– Wärmestrahler einsetzen
– Persönliche Schutzausrüstung anwenden
– Aufwärmzeiten nach DIN 33 403-5 einhalten
– Umkleideräume einrichten
– Aufwärmräume einrichten
– Warmluftgeräte / Wärmeplatten zur Wiedererwärmung der Hände aufstellen
– Trockenschränke zum Vorwärmen und Trocknen der Kleidung vorsehen
– Kontaktkälte vermeiden

Maßnahmen bei häufig wechselnden Klimabelastungen

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

8.1.11 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter - Hitze

Prüffragen

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

Festgestellte Gefährdungen/Mängel

– Hitzebelastung durch Geräte/Verfahren
– Hitzebelastung durch Witterungseinflüsse
– Hitzebelastung durch Wärmestrahlung

Maßnahmen

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

8.1.12 Autoren, Ansprechpartner und Anlagen

Autoren:

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

Ansprechpartner

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

Anlagen

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

ANLAGE 1

Klimamessung

Quelle: Klima und Luft am Arbeitsplatz, Messtechnisches Taschenbuch für den Betriebspraktiker

Datum		Messung	Blatt
_____	_____ _____	☐ mobil ☐ stationär	____ von ___

Messhöhen	Temperatur	Windrichtung	Wärmestrahlung
1 – 170 cm 2 – 210 cm 3 – 10 cm	t Lufttemperatur t_w Feuchttemperatur t_{nw} natürliche Feuchtthermometer-temperatur t_G Globetemperatur	N, O, S, W 1 2 3 4 5 6 7 8 9	

Lfd. Nr.	Uhrzeit	Messort	Mess-höhe	rel. Feuchte RF (%)	Temperatur t (°C)	Temperatur t_w (°C)	Temperatur t_{nw} (°C)	Temperatur t_G (°C)	Luftgeschwindigkeit v (m/s)	Luftgeschwindigkeit Richtg.	Wärmestrahlung E_{eff} (W/m²)	Wärmestrahlung Richtg.	Bemerkungen

ANLAGE 2

Begriffe

In Anlehnung an DIN-Fachbericht 128

Wärmestrahlung

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

Effektive Bestrahlungsstärke

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

Globetemperatur

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

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

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

Mittlere Strahlungstemperatur

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

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

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

ANLAGE 3

Beispiele für Isolationswerte verschiedener Bekleidungen (trocken)

in Anlehnung an DIN 33403-3

Bekleidung	Isolationswert Icl	
	m² · K/W	clo*
unbekleidet	0	0
Overall (Baumwolle) – Oberhemd, kurze Unterwäsche, Socken, Schuhe	0,124	0,8
feste Arbeitskleidung – lange Unterwäsche, einteiliger Arbeitsanzug, Socken, feste Schuhe	0,155	1,0
leichter Straßenanzug – kurze Unterwäsche, geschlossenes Oberhemd, leichte Jacke, lange Hose, Socken, Schuhe	0,155	1,0
Schmelzeranzug (flammenhemmende Ausrüstung) – Oberhemd, kurze Unterwäsche, Socken, Schuhe	0,155	1,0
Schmelzeranzug und Hitzeschutzmantel – Oberhemd, kurze Unterwäsche, Socken, Schuhe	0,217	1,4
leichter Straßenanzug mit leichtem Mantel	0,233	1,5
Kleidung für nasskaltes Wetter – lange Unterwäsche, geschlossenes langes Oberhemd, feste Jacke und Hose, Pullover, Wollmantel, Wollsocken, feste Schuhe	0,233 bis 0,310	1,5 bis 2,0

* Kennwert für den Wärmedurchlasswiderstand der Bekleidung in „clothing-Einheiten“ – clo genannt (1 clo = 0,155 m² K/W).

ANLAGE 4

WBGT-Index

in Anlehnung an DIN 33403-3

WBGT-Index (Wet Bulb Globe Temperature)

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

– innerhalb und außerhalb von Gebäuden und ohne direkte Einwirkung von Sonnenstrahlung, $WBGT = 0{,}7\ t_{nw} + 0{,}3\ t_g$
– 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 ± 1 mm und einer Länge von mindestens 30 mm angewendet. Das Thermometergefäß ist mit einem weißen Strumpf überzogen, der eine gute Saugfähigkeit für Wasser aufweist. Die Messung erfolgt bei vollständiger Befeuchtung dieses Strumpfes durch destilliertes Wasser ohne zusätzliche Belüftung des Gerätes. Die vollständige Befeuchtung ist besonders bei starker Wärmestrahlung zu beachten.

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

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

ANLAGE 5

Gestaltung von Entwärmungsphasen bei Hitzearbeit

in Anlehnung an BGI 579 und [6]

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

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

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

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

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

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

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

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

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

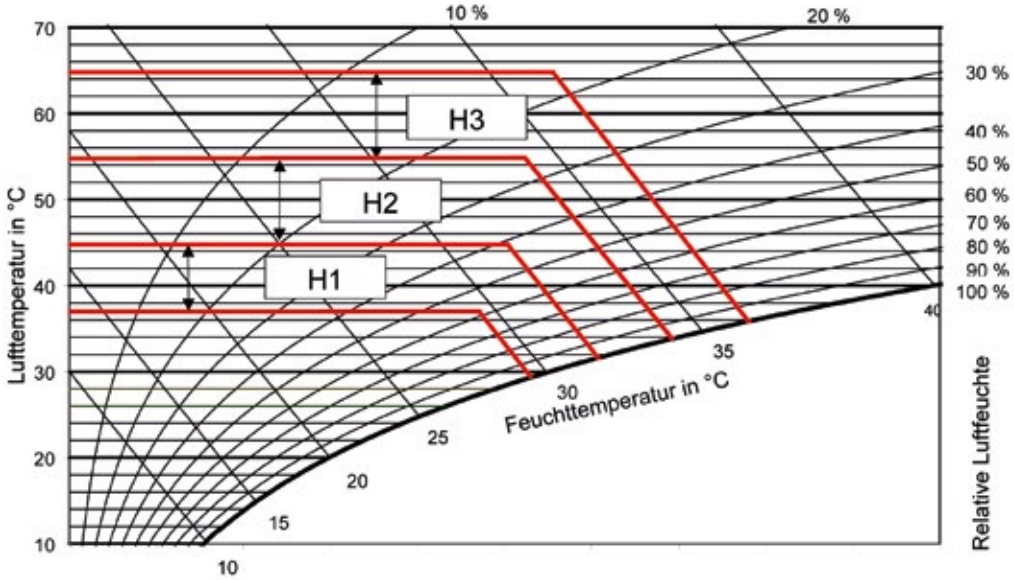
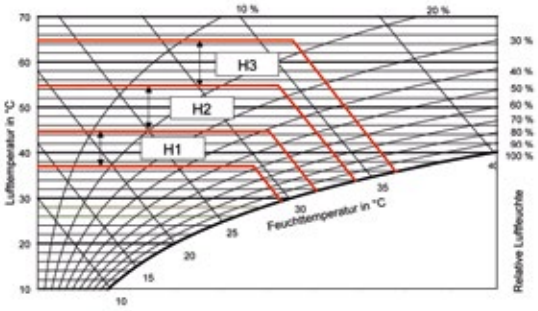


Abb. 1 Richtwerte für Entwärmungsphasen bei Hitzearbeit

Tab. 1 Richtwerte der Entwärmungsphasen je Stunde

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

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

Bedingung	Handlungsempfehlung
Die Randbedingungen für die Anwendung des Diskussionsvorschlages sind erfüllt, d. h. während der Expositionsphase: – leichte bis mittlere Bekleidungsisolation (ca. 0,6–0,9 clo) – leichte bis mittlere Arbeitsschwere (bis ca. 200 W Arbeitsenergieumsatz) – geringe Luftgeschwindigkeiten (bis ca. 0,20–0,50 m/s) – weitestgehend konstante Klimabedingungen – Lufttemperatur unter ca. 65 °C und Feuchttemperatur unter ca. 36 °C – keine zusätzliche Wärmestrahlung, z. B. durch heiße Oberflächen oder Aggregate	 Anwendung des Diagramms (vgl. Abb. 1) zur Bestimmung der Dauer von Expositions- und Entwärmungsphasen auf der Grundlage von Lufttemperatur und relativer Luftfeuchte während der Expositionsphasen.
Während der Expositionsphasen besteht zusätzliche Wärmestrahlungsbelastung, z. B. durch heiße Oberflächen oder Aggregate.	Bestimmung einer resultierenden Temperatur (t_{res}) aus Globetemperatur (t_g) und Lufttemperatur (t_a) nach folgender Formel: $t_{res} = 0{,}7 \cdot t_g + 0{,}3 \cdot t_a$ Ersatz der Lufttemperatur durch die resultierende Temperatur bei der Anwendung des Diagramms (vgl. Abb. 1) zur Bestimmung der Dauer von Expositions- und Entwärmungsphasen.
geringere Belastbarkeit z. B. von weiblichen Beschäftigten berücksichtigen	Zur Anpassung an die bei gleichen Anforderungen erhöhte Beanspruchungsreaktion sollte der angesetzte Arbeitsenergieumsatz erhöht werden, z. B. im Fall von weiblichen Beschäftigten +30 %.
schwere körperliche Arbeit, d. h. Arbeitsenergieumsatz > 200 W und/oder schwere Bekleidung (> 0,9 clo) erforderlich	Überprüfung des Ergebnisses auf der Grundlage des PHS-Modells: Wenn die Expositionsphasen kürzer sind/ausfallen, diese kürzeren Zeiten anwenden.
erhöhte Luftgeschwindigkeiten und/oder nicht weitgehend konstante Klimabedingungen während der Expositionsphasen	
Lufttemperatur über ca. 65 °C oder Feuchttemperatur über ca. 36 °C oder auf der Grundlage des PHS-Modells ermittelte Expositionsdauer < 15 Minuten	Einleitung technischer Schutzmaßnahmen bzw. Kontrolle physiologischer Parameter während der Belastung (z. B. Herzfrequenz, Körperkerntemperatur) unter Hinzuziehung des Betriebsarztes

ANLAGE 6

Berechnung der vorhergesagten Wärmebeanspruchung – PHS

in Anlehnung an DIN 33403-3

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

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

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

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

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

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

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

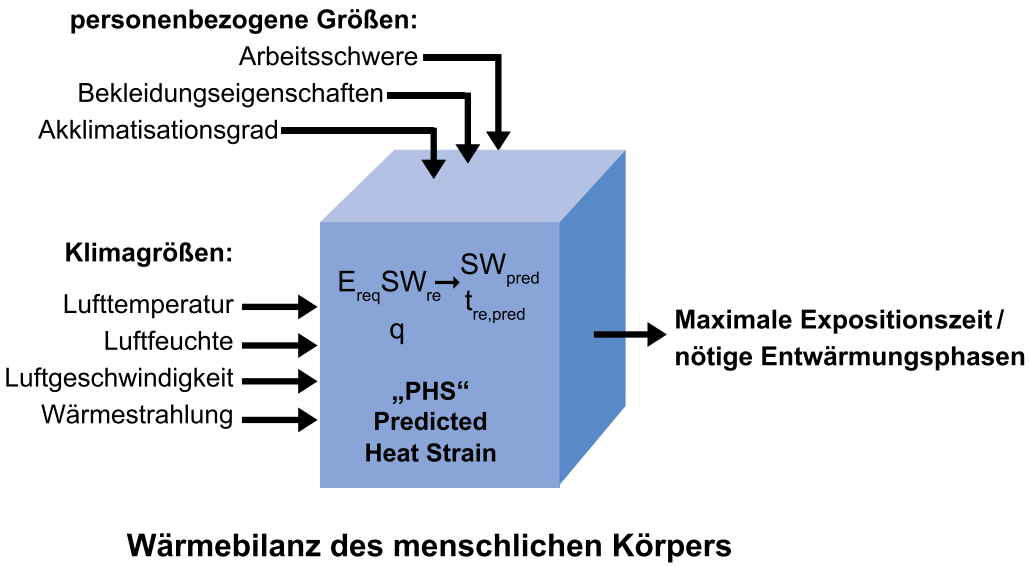


Abb. 1 PHS-Modell: Predicted Heat Strain – nach DIN ISO 7933. Vorhergesagte Wärmebeanspruchung des Menschen

8.2 Beleuchtung, Licht

Die Beleuchtung hat nicht nur direkten Einfluss auf das Sehvermögen, sondern beeinflusst auch das vegetative Nervensystem und physiologische Parameter wie Blutdruck, Herzrate, Körperkerntemperatur oder Hormonhaushalt. Neben den visuellen Wirkungen auf Sehleistung und Sehkomfort haben medizinische und biologische Studien der letzten Jahre gezeigt, dass die Beleuchtung die innere Uhr und damit verbundene circadiane Rhythmen beeinflusst. Demnach können Lichtintensität, spektrale Zusammensetzung und Lichtverteilung einen biologischen Effekt auf Psyche, Verhalten und Physiologie ausüben.

Konzentration und Aufmerksamkeit werden durch höhere Beleuchtungsstärken gesteigert und die Wahrnehmung verbessert. Die Leistungsbereitschaft des Menschen nimmt zu. Der Einfluss der Beleuchtungsstärke ist umso größer, je höher der Anteil der visuellen Anforderungen und je schwieriger die Sehaufgabe ist. Durch höhere Beleuchtungsstärken können die Fehler- sowie Unfallhäufigkeit gesenkt werden.

8.2.1 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen

Mangelhafte Beleuchtung

Bei übermäßigen und langdauernden Belastungen des Sehapparates sowie ungenügenden Beleuchtungsbedingungen können Augenermüdung (Augenbeschwerden und Kopfschmerzen) als auch allgemeine Ermüdung (zum Beispiel Mattigkeit, herabgesetzte Aufmerksamkeit und Leistungsfähigkeit) auftreten.

Tageslicht ist der künstlichen Beleuchtung vorzuziehen. Die Sehaufgabe kann mit Tageslicht bei gleichem Niveau der lichttechnischen Parameter leichter bewältigt werden. Arbeitsplätze sollten deshalb fensternah und unter Berücksichtigung der Sehaufgabe angeordnet werden.

Merkmale einer guten Beleuchtung

Die Qualität einer Beleuchtungsanlage für Arbeitsstätten kann durch Gütemerkmale gekennzeichnet werden, die sowohl in der Technischen Regel für Arbeitsstätten ASR A3.4 als auch in DIN EN 12665 und DIN EN 12464 beschrieben sind:

- Beleuchtungsstärke
- Leuchtdichteverteilung
- Begrenzung der Blendung
- Lichtrichtung und Schattigkeit
- Lichtfarbe und Farbwiedergabe
- Flimmern.

Diese Merkmale sollten in ihrer Gesamtheit beachtet werden. Schon die Verletzung eines Gütemerkmals kann zu einer Unfallgefahr führen beziehungsweise die Erfüllung der Sehaufgabe beeinträchtigen.

Unfallgefahren

Unfallgefahren können beispielsweise entstehen durch:

- unangemessene Beleuchtungsstärke; dadurch ist beispielsweise
  - die Erfüllung der Sehaufgabe gefährdet
  - nicht rechtzeitiges Erkennen von Stolperstellen
  - Anstoßen von Personen an Gegenstände im Raum
- zu große Beleuchtungsstärkeunterschiede innerhalb des Bereiches der Sehaufgabe oder zwischen Arbeitsplatz und Umgebung oder im weiteren Umfeld
- Direktblendung, zum Beispiel unmittelbares Sehen in eine Lichtquelle
- Reflexblendung, zum Beispiel spiegelnde Oberflächen
- Beleuchtung, die Schlagschatten und Gefahrenquellen überdecken, zum Beispiel auf Treppen (räumliche Erstreckung der Stufen ist nicht klar bestimmbar)
- zu weiche oder zu große Kontraste
- unangepasste Lichtrichtung, führt zum Beispiel zu mangelnder Erkennbarkeit von Feinheiten und eventuell zur Blendung
- Farbverfälschung, zum Beispiel Erkennbarkeit von Sicherheitsfarben
- optische Täuschung durch stroboskopischen Effekt (scheinbarer Stillstand oder scheinbar langsamere Bewegung rotierender Teile bei der Beleuchtung mit Leuchtstofflampen)

8.2.2 Beurteilungskriterien

Die Beurteilung der Beleuchtung beziehungsweise Beleuchtungsanlagen kann erforderlich sein aus
- gesetzlichen Gründen (Vorschriften durch Gesetzeswerke, örtliche Auflagen von Behörden, Auflagen der Sachversicherer oder Ähnliches),
- ergonomischen Gründen (Beanstandungen der Beschäftigten, Umsetzung neuer Erkenntnisse oder Ähnliches),
- technischen Gründen (Alterung von Lampen, Verschmutzungen von Leuchten, Austausch von Schaltnetzen oder Ähnlichem),
- bei Neubau, Umbau, Modernisierung, Rekonstruktion der Arbeitsstätte.

Für die Beurteilung und Planung der Beleuchtung von Arbeitsstätten sollten die oben genannten Gütemerkmale berücksichtigt werden. Dazu können beispielsweise herangezogen werden:
- die Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) und Technischen Regeln für Arbeitsstätten (ASR), zum Beispiel ASR A3.4 und ASR A3.4/3
- die Europäischen DIN EN 12665 (2011) und DIN EN 12464-1 (2011)

Die einzelnen Merkmale werden durch **lichttechnische Größen** (DIN EN 12665) gekennzeichnet, für die zahlenmäßige Angaben in der ASR A3.4 sowie ASR A3.4/3, DIN EN 12464-1 und 2 enthalten sind.

In den nachfolgenden Ausführungen werden die wichtigsten für erforderlich gehaltenen Angaben zur Beurteilung der Qualität der Beleuchtung dargestellt:

1. Beleuchtungsstärke

Die Beurteilung der Beleuchtungsstärke erfolgt nach ASR A3.4, ASR A3.4/3 sowie nach DIN EN 12464-1 und -2.

Nach ASR A3.4 gelten folgende Kriterien:

Mindestwert der Beleuchtungsstärke
- Die Angabe der Beleuchtungsstärken für Arbeitsstätten in Innenräumen und im Freien erfolgt als Mindestwert der Beleuchtungsstärke**.**
- Beispiele für Mindestwerte der Beleuchtungsstärke in Innenräumen (ASR A3.4, Anhang 1):
  - Büroarbeitsplätze (Schreiben, Lesen, Datenverarbeitung): 500 lx
  - Sanitärräume (Wasch-, Sanitär-, Umkleideräume): 200 lx
  - Treppen: 100 lx
  - Verkehrswege, Flure (ohne Fahrzeugverkehr): 100 lx
  - Lagerräume mit Leseaufgaben: 200 lx
- Beispiele für Mindestwerte der Beleuchtungsstärke im Freien (ASR A3.4, Punkt 8(2) Tabelle 2 und Anhang 2):
  - Baustellen, anspruchsvolle Montage, Oberflächenbehandlung, Verbindung von Tragwerkselementen: 200 lx
  - Gleisanlagen, Bahnbereiche, Laderampen: 150 lx
  - Tankstellen: 100 lx
  - Baustellen, Erdarbeiten, Hilfs- und Lagerarbeiten, Transport, Verlegen von Entwässerungsanlagen: 50 lx
  - Verkehrswege (Fußwege): 5 lx

Not- und Sicherheitsbeleuchtung

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

Sicherheitsbeleuchtung, Sicherheitsleitsysteme und Sicherheitszeichen ermöglichen, bei Ausfall der Allgemeinbeleuchtung den Gefahrenbereich schnell zu verlassen oder gefährliche Arbeitsabläufe sicher zu beenden. Für Fluchtwege werden sie wie folgt eingesetzt:

Planung und Bau von Notbeleuchtungssystemen

Bei Planung und Bau von Notbeleuchtungssystemen sollte die Europäische Norm DIN EN 1838 (2011) mit beachtet werden.

Messung und Bewertung

In DIN 5035-6 und ASR A3.4 (Punkt 7) sind Angaben zur Messung und Bewertung der Beleuchtung enthalten. Danach ist die **Beleuchtungsstärke** mittels Beleuchtungsstärkemessgerät an mehreren Punkten zu messen.

Die Messung und Berechnung von Tageslicht in Innenräumen kann nach DIN 5034 erfolgen.

Zur Charakterisierung des Tageslichtes im Innenraum wird der messtechnisch ermittelte Tageslichtquotient herangezogen. Sofern die Raumgeometrie und die Anordnung der Fenster bekannt sind, kann der Tageslichtquotient auch rechnerisch ermittelt werden.

2. Leuchtdichteverteilung

Leuchtdichte

Die Leuchtdichte L in Candela/m² (cd/m²) ist ein Maß für den Helligkeitseindruck, den das Auge von einer Fläche hat. Sie ist abhängig von der Beleuchtungsstärke und vom Reflexionsgrad der Oberfläche.

Um eine ausgewogene Leuchtdichteverteilung im Gesichtsfeld zu erreichen, ist die Abstimmung der Beleuchtungsstärke des unmittelbaren Umgebungsbereiches auf die Beleuchtungsstärke der Sehaufgaben erforderlich. Dieses Verhältnis der Beleuchtungsstärkewerte ist in DIN EN 12464-1 und DIN EN 12464-2, jeweils in Tabelle 1, angegeben. Die Beleuchtungsstärke im Hintergrundbereich sollte 1/3 der Beleuchtungsstärke für den unmittelbaren Umgebungsbereich betragen.

Nach DIN EN 12464-1 werden für die wichtigsten diffus reflektierten Raumoberflächen folgende Reflexionsgrade empfohlen:
- Decke von 0,7 bis 0,9
- Wände von 0,5 bis 0,8
- Boden von 0,2 bis 0,4

Empfohlen wird, dass der Reflexionsgrad von Oberflächen großer Objekte, z.B. Möbel, Maschinen, im Bereich von 0,2 bis 0,7 liegen soll.

Messung und Bewertung

Die Leuchtdichten sind mit einem Leuchtdichtemessgerät oder einem Beleuchtungsstärkemessgerät (mit Leuchtdichtevorsatz) bestimmbar.

3. Blendungsbegrenzung

Direktblendung und Reflexblendung vermeiden

Blendung wird durch eine ungünstige Leuchtdichteverteilung beziehungsweise durch zu hohe Leuchtdichten hervorgerufen.

Blendung darf weder durch Lampen oder Leuchten (Direktblendung) noch durch Spiegelung hoher Leuchtdichten auf reflektierenden Flächen (Reflexblendung) auftreten.

Messung und Bewertung

Die Bewertung der Direktblendung durch Leuchten einer Beleuchtungsanlage kann in Innenräumen nach dem Unified Glare-Rating-Verfahren (UGR) und im Freien nach der GR-Methode vorgenommen werden.

Die UGR-Werte beziehungsweise GR-Werte sind in DIN EN 12464-1 und DIN EN 12464-2, jeweils in Tabelle 5, Spalte 4 beziehungsweise 5, für Art des Raumes/Bereiches, Aufgabe und Tätigkeit angegeben.

Mindestabschirmwinkel einhalten

Bei Leuchten müssen bei festgelegten Lampenleuchtdichten die zugehörigen Mindestabschirmwinkel nach DIN EN 12464-1, Tabelle 2 eingehalten werden.

4. Lichtrichtung und Schattigkeit

Für eine gute Erkennbarkeit von Formen und Strukturen ist eine angemessene Schattenwirkung Voraussetzung.

Die Schattigkeit wird beeinflusst durch die Anzahl, Verteilung und Anordnung der Leuchten im Raum.

5. Lichtfarbe, Farbwiedergabe

Lichtfarbe

Die Lichtfarbe künstlicher Lichtquellen wird in drei Gruppen eingeteilt:
- warmweiß (ww)
- neutralweiß (nw)
- tageslichtweiß (tw)

In DIN EN 12464-1, Tabelle 5, Spalte Spezifische Bedingungen, ist teilweise die Farbtemperatur (T_{cp}) als Bewertungsgröße für die Lichtfarbe von Lampen angeben.

Die Anforderungen hinsichtlich der Farbwiedergabe lassen sich durch die Wahl von Lampen mit geeigneten Farbwiedergabeeigenschaften erfüllen.

Farbwiedergabe-Index

Nach ASR A3.4 sowie DIN EN 12464-1 und -2 wird die Farbwiedergabe von Lichtquellen durch den Farbwiedergabe-Index (R_a) charakterisiert. R_a ist eine Kennzahl von 0 bis 100, die beste Farbwiedergabe ist bei $R_a = 100$.

Die Mindestwerte für Farbwiedergabe-Indizes sind in der ASR A3.4 in den Anhängen 1 und 2 (Spalte 4) sowie für Art der Räume/Bereiche, Aufgaben beziehungsweise Tätigkeiten in DIN EN 12464-1 und -2, jeweils Tabelle 5, Spalte 6, angegeben.

6. Flimmern

Bei Wechselstrombetrieb von Lampen kommt es zu periodischen Lichtstromschwankungen, die im Allgemeinen kaum wahrnehmbar sind, aber den Sehkomfort der Beschäftigten beeinträchtigen können.

Stroboskopischer Effekt

Die zeitliche Gleichmäßigkeit (Flimmern) spielt bei der Beleuchtung vorwiegend dort eine Rolle, wo es sich um Maschinenteile handelt, deren Drehung oder Bewegung deutlich erkannt werden müssen. Hier können diese Schwankungen (Pulsation, Flimmern) den stroboskopischen Effekt erzeugen, der zu Unfällen führen kann. Beim stroboskopischen Effekt handelt es sich um eine optische Täuschung, z. B. scheinbarer Stillstand bewegter Objekte oder scheinbare Änderungen der Bewegungsrichtung (Umkehr der Drehrichtung bei rotierenden Teilen).

Durch den Einsatz elektronischer Vorschaltgeräte mit hohen Frequenzen, z. B. bei Leuchtstofflampen und Kompaktleuchtstofflampen, oder Dreiphasenschaltung lassen sich diese Schwankungen vermeiden.

Beim Einsatz von LEDs können Stroboskopeffekt sowie der sog. Perlschnureffekt auftreten. Dabei können pulsweitenmoduliert angesteuerte LEDs zu Störungen in der Wahrnehmung führen. Besonders RGB-LEDs ohne Leuchtstoff sind davon betroffen. Erst ab Frequenzen oberhalb von 400 Hz kann das Problem verbessert werden.

In der europäischen Normung, z. B. DIN EN 12464 Teil 1, und in der ASR A3.4 werden Flimmern und daraus entstehende stroboskopische Effekte diskutiert, ohne Grenzwerte vorzugeben.

8.2.3 Arbeitsschutzmaßnahmen

Anforderungen an die Beleuchtung

In Anhang Nummer 3.4 der Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) werden die Anforderungen an die Beleuchtung von Arbeitsstätten genannt. Danach 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. Des Weiteren müssen Arbeitsstätten, in denen die Beschäftigten bei Ausfall der Allgemeinbeleuchtung Unfallgefahren ausgesetzt sind, eine ausreichende Sicherheitsbeleuchtung haben. Im Anhang Nummer 3.5, ArbStättV werden unter anderem Anforderungen zur Vermeidung von Blendungen genannt. Danach müssen Fenster, Oberlichter und Glaswände je nach Art der Arbeitsstätte Abschirmungen gegen übermäßige Sonneneinstrahlung ermöglichen.

Die Literatur (siehe "Vorschriften, Regelwerk") enthält eine Reihe von Empfehlungen zur Beleuchtung, unter anderem zu folgenden Themen:

Tageslicht

Zur Berücksichtigung von Tageslicht sollten Arbeitsräume so errichtet werden, dass möglichst ausreichend Tageslicht durch Fenster, Türen oder Oberlichter einfällt. Voraussetzung dafür ist ein ausreichender Abstand zu benachbarten Gebäuden. Der Mindestabstand wird durch das Bauordnungsrecht der Länder geregelt.

Zur Beleuchtung mit Tageslicht enthält die ASR A3.4 Anforderungen für ausreichendes Tageslicht. Dies ist gegeben, wenn:

- am Arbeitsplatz ein Tageslichtquotient größer als 2%,, bei Dachoberlichtern größer als 4% erreicht wird,
- mindestens ein Verhältnis von lichtdurchlässiger Fenster-, Tür- oder Wandfläche zur Raumgrundfläche von 1:10 (entspricht 1:8 Rohbaumaße) eingehalten ist.

Empfohlen wird, dass die Einrichtung fensternaher Arbeitsplätze zu bevorzugen ist.

Auswahl des Beleuchtungssystems

Nach ASR A3.4 kann die Beleuchtung raumbezogen oder auf den Bereich des Arbeitsplatzes bezogen gestaltet werden. Bei besonderen Sehaufgaben ist eine zusätzliche Beleuchtung erforderlich, um die Mindestbeleuchtungsstärken entsprechend den Sehaufgaben sicherzustellen. Folgende Beleuchtungskonzepte werden empfohlen:

- Raumbezogene Beleuchtung, 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.
- Auf den Bereich des Arbeitsplatzes bezogene Beleuchtung kann angewendet werden, wenn die Anordnung der Arbeitsplätze und deren Umgebungsbereiche bekannt sind bzw. wenn an bestimmten Arbeitsplätzen unterschiedliche Beleuchtungsbedingungen erforderlich sind.
- Teilflächenbezogene Beleuchtung zur Beleuchtung einer speziellen Sehaufgabe oder zur Anpassung an das individuelle Sehvermögen der Beschäftigten. Hierzu können zusätzlich Arbeitsplatzleuchten verwendet werden.

Beleuchtungsgestaltung

Zur Gestaltung der Beleuchtung gelten die folgenden Grundsätze:

- Sicherung einer ausreichend hohen Beleuchtungsstärke nach Art der Sehaufgabe oder Tätigkeit beziehungsweise des Raumes oder Bereiches.
- 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.
- Flächenhelligkeiten in den häufigsten Blickrichtungen sollten durch Farb- und Lichtgebung ausgeglichen werden.
- Im Gesichtsfeld eines Beschäftigten, das heißt dem Teil der Umgebung, der mit ruhendem Kopf und ruhenden Augen überblickt werden kann, soll sich kein Leuchtkörper befinden.

- Bei allen Leuchten sollte durch geeignete Maßnahmen die Blendwirkung begrenzt werden, zum Beispiel Abschirmung durch Reflektoren, Raster beziehungsweise Einbauten.
- Zur Vermeidung von Blendungen durch Spiegelungen sollte der Arbeitsplatz zur Lichtquelle (oder Lichtquelle zum Arbeitsplatz) so angeordnet sein, dass die häufigste Blickrichtung nicht mit reflektiertem Licht zusammenfällt.
- Auf reflektierende Farben und Materialien an Maschinen, Apparaten, Tischflächen, Schalttafeln und so weiter sollte zur Vermeidung von Spiegelungen verzichtet werden.
- Schattigkeit sollte entsprechend der Sehaufgabe bemessen sein, z.B. sind für Büroarbeit weiche Schatten mit geringem Kontrast empfehlenswert.

Reduktion des Flimmerns

- Leuchtstofflampen mit sichtbarem Flimmern oder Flackern sind zu ersetzen.
- Gegen den stroboskopischen Effekt sind Maßnahmen zu treffen, zum Beispiel Dreiphasenschaltung, elektronische Vorschaltgeräte mit hohen Frequenzen.

Arbeitsplatzbeleuchtung

Für die Gestaltung der Arbeitsplatzbeleuchtung gilt:

- bevorzugt Tageslichtbeleuchtung vorsehen
- ausgewogene Verhältnisse zwischen Allgemein-/Arbeitsplatzbeleuchtung und diffuser/direkter Beleuchtung vorsehen
- Bei der Auswahl der Arbeitsplatzbeleuchtung auf sicherheitstechnische, ergonomische und lichttechnische Erfordernisse achten
- Blendung durch geeignete Maßnahmen der Leuchten vermeiden

Sonnenschutz

Gegen Blendung durch Sonnenlicht und Wärmestrahlung ist ein wirksamer Sonnenschutz vorzusehen beziehungsweise zu planen:

- primär durch entsprechende Gestaltung des Gebäudes und Anordnung des Arbeitsplatzes, zum Beispiel Gebäudeorientierung, Vordächer, Sonnenschutzglas
- sekundär durch mit dem Gebäude verbundene einstellbare Einrichtungen, zum Beispiel Außenjalousien, Markisen oder mittels Verschattung durch Bäume
- tertiär durch nachträgliche Maßnahmen, zum Beispiel Rollos, Jalousien, Textillamellen

8.2.4 Vorschriften, Regelwerk

Gesetze, Verordnungen

– Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)

Technisches Regelwerk zu den Arbeitsschutzverordnungen

– ASR A3.4: Beleuchtung
– ASR A3.4/3: Sicherheitsbeleuchtung, optische Sicherheitsleitsysteme

Weitere Regeln der Technik

– DIN 5034-1: Tageslicht in Innenräumen : Allgemeine Anforderungen
– DIN 5034-2: Tageslicht in Innenräumen : Grundlagen
– DIN 5034-3:Tageslicht in Innenräumen : Berechnung
– DIN 5034-3: Tageslicht in Innenräumen : Vereinfachte Bestimmung von Mindestfenstergrößen für Wohnräume

– DIN 5034-5: Tageslicht in Innenräumen : Messung
– DIN 5034-6: Tageslicht in Innenräumen : Vereinfachte Bestimmung zweckmäßiger Abmessungen von Oberlichtöffnungen in Dachflächen
– DIN 5035-3: Beleuchtung mit künstlichem Licht : Beleuchtung im Gesundheitswesen
– DIN 5035-6: Beleuchtung mit künstlichem Licht : Messung und Bewertung
– DIN 5035-7: Beleuchtung mit künstlichem Licht: Beleuchtung von Räumen mit Bildschirmarbeitsplätzen
– DIN 5035-8: Beleuchtung mit künstlichem Licht : Arbeitsplatzleuchten – Anforderungen, Empfehlungen und Prüfung
– DIN EN 12464-1: Licht und Beleuchtung - Beleuchtung von Arbeitsstätten : Arbeitsstätten in Innenräumen
– DIN EN 12464-2: Licht und Beleuchtung - Beleuchtung von Arbeitsstätten : Arbeitsplätze im Freien
– DIN EN 12665: Licht und Beleuchtung - Grundlegende Begriffe und Kriterien für die Festlegung von Anforderungen an die Beleuchtung
– DIN EN 13032-1: Licht und Beleuchtung - Messung und Darstellung photometrischer Daten von Lampen und Leuchten : Messung und Datenformat
– DIN EN 13032-2: Licht und Beleuchtung - Messung und Darstellung photometrischer Daten von Lampen und Leuchten : Darstellung der Daten für Arbeitsstätten in Innenräumen und im Freien
– DIN EN 13032-2 Berichtigung 1: Licht und Beleuchtung - Messung und Darstellung photometrischer Daten von Lampen und Leuchten : Darstellung der Daten für Arbeitsstätten in Innenräumen und im Freien
– DIN EN 13032-3: Licht und Beleuchtung - Messung und Darstellung photometrischer Daten von Lampen und Leuchten : Darstellung von Daten für die Notbeleuchtung von Arbeitsstätten
– DIN EN 1838: Angewandte Lichttechnik : Notbeleuchtung
– 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
– 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.

8.2.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

– Erfolgt eine angemessene Nutzung des Tageslichtes in Innenräumen?
– Sind die Arbeitsplätze fensternah angeordnet?
– Ist das Beleuchtungssystem zweckmäßig ausgelegt beziehungsweise angeordnet?
– Sind die Arbeitsplätze durch eine künstliche Beleuchtung ausreichend hell (Beleuchtungsstärke) beleuchtet?
– Ist die Arbeitsstätte durch eine Allgemeinbeleuchtung ausreichend gleichmäßig beleuchtet (Kontraste)?
– Sind die Beleuchtungsanlagen ausreichend gegen Blendung geschützt?
– Werden Blendung und Reflexionen auf reflektierenden Flächen vermieden?
– Ist eine angemessene Schattenwirkung gewährleistet?
– Wird Flimmern / Flackern bei Leuchten vermieden?
– Ist die Lichtfarbe der Beleuchtungsanlage für die entsprechende Raum- und Tätigkeitsart geeignet?
– Ist die erforderliche Stufe der Farbwiedergabeeigenschaften der Lampen eingehalten?
– Sind die Arbeitsplätze gegen unzuträgliche Blendung und Wärmestrahlung durch direkte Sonneneinstrahlung geschützt?
– Ist eine ausreichende Sicherheitsbeleuchtung für Rettungswege und Arbeitsplätze mit besonderer Gefährdung vorhanden?

Festgestellte Gefährdungen/Mängel

– Tageslicht in Innenräumen wird nicht angemessen genutzt
– Beleuchtungssystem ist unzweckmäßig ausgelegt / angeordnet
– Beleuchtungsstärke ist unzureichend
– bei Ausfall der Allgemeinbeleuchtung besteht Unfallgefahr
– Kontraste sind zu groß oder zu klein (Leuchtdichteverteilung im Gesichtsfeld ist unausgewogen)
– Direktblendung durch nicht abgeschirmte Lampen oder Leuchten
– Reflexblendung durch Spiegelung hoher Leuchtdichten auf reflektierenden Flächen
– zu geringe oder zu tiefe Schattigkeit (Formen und Oberflächenstrukturen werden schlecht erkannt durch nicht angemessene Schattenwirkung)
– Flimmern / Flackern bei Leuchtstofflampen
– Stroboskopischer Effekt bei der Beobachtung bewegter Teile
– Lichtfarbe beziehungsweise Farbwiedergabeeigenschaft der Lampen ist ungeeignet
– Sonnenschutz ist nicht ausreichend / fehlt
– Sicherheitsbeleuchtung ist nicht ausreichend / fehlt

Maßnahmen

– Fachleute konsultieren
– 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 Blendquellen)
– 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

8.2.6 Autoren und Ansprechpartner

Autoren:
- Dipl.-Chem. B. Görner
- Dipl.-Ing. J. Krüger

Ansprechpartner
- Dipl.-Ing. J. Krüger
  BAuA, Gruppe 2.4, Dresden

8.3 Ersticken, Ertrinken

Eine Reduzierung der Sauerstoffkonzentration in Räumen durch Verdrängung oder Verbrauch kann zum Ersticken von Beschäftigen führen.

Beim Sturz in Gewässer oder in offene Becken besteht die Gefahr des Ertrinkens.

8.3.1 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen

Ersticken

Ersticken ist die tödliche Wirkung unterschiedlicher wirksam gewordener Gefährdungen:
- mangelnde Sauerstoffzufuhr beim verschüttet werden
- 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 und Dämpfe
- 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 sogar 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 (zum Beispiel Bestandteile des Essens) zu groß, kann es beim Verschlucken und Verklemmen am Kehlkopf durch eine Nervenreizung zum Herzstillstand (Bolustod) kommen. Es handelt sich dabei nicht um Ersticken.

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

Mangelnde Sauerstoffkonzentration

Die mangelnde Sauerstoffkonzentration ist eine Folge des abnehmenden Luftdrucks, insbesondere in Höhen über 3000 Metern. Diese Gefährdung wird im Abschnitt "Unter- oder Überdruck" behandelt.

In engen oder abgeschlossenen Räumen kann es bei unzureichender Frischluftzufuhr zu einem Verbrauch von Sauerstoff kommen. Gefahrquellen sind:
- Der Mensch durch seine eigene Atmung
- Offenes Feuer, zum Beispiel bei Schweißarbeiten
- Chemische Reaktionen, zum Beispiel Oxidationen

Es erfolgt bei diesen Prozessen eine Bindung des Sauerstoffs in Oxidationsprodukten, oft in Form von Kohlendioxid CO_2. Die Gefährdungen bestehen im Sauerstoffmangel und im Einatmen von Gefahrstoffen.

Sauerstoffverdrängung durch andere Gase

Durch die Freisetzung von anderen Gasen kann die atmosphärische Luft verdrängt werden, damit sinkt der Sauerstoffanteil in der Atemluft. Eine besondere Gefährdung 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 tiefkalt-verflüssigten oder unter Druck verflüssigten Gasen. Wenn verflüssigte Gase (zum Beispiel tief kalt verflüssigter Stickstoff, der zu Kühlungszwecken 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, zum Beispiel 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 unter anderem eingesetzt in EDV-Räumen, Telekommunikationsanlagen, Lebensmittellagern, Kühlhäusern, Bibliotheken und Archiven, in denen Beschäftigte regelmäßig Kontroll-, Reparatur- und Wartungsarbeiten mit Aufenthaltsdauern von 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 "Grenzwerte, Beurteilungskriterien" und "Arbeitsschutzmaßnahmen").

Blockierung der Atmung durch giftige Gase und Dämpfe

Kohlenmonoxid (CO) sowie Blausäure (Cyanwasserstoff HCN) blockieren durch ihre starke Bindung am Hämoglobin den Sauerstofftransport im Blut. Nach Einatmen von Dichlormethan-Dämpfen wird im Körper als Abbauprodukt Kohlenmonoxid gebildet, dass wiederum am Hämoglobin gebunden wird. Schwefelwasserstoff (H_2S) hemmt wichtige Enzyme der Atmungskette, dadurch werden vor allem Gewebe mit hohem Sauerstoffverbrauch (Nerven, Herz) geschädigt.

Schon nach wenigen Atemzügen ist Bewusstlosigkeit und Tod durch Ersticken möglich. Aufgrund dieser Wirkungen als innerer Erstickung (Vergiftung) sind diese Stoffe als Gefahrstoffe zu betrachten. Die Gefährdung Einatmen von Gefahrstoffen wird im Abschnitt "Einatmen von Gefahrstoffen (Gase, Dämpfe, Nebel, Stäube, Rauche)" behandelt.

Einatmen von höheren Konzentrationen von Kohlendioxid

Kohlendioxid (CO_2) ist nicht als gefährlicher Stoff (nach § 3a Chemikaliengesetz (ChemG)) eingestuft. Ab einer Raumluftkonzentration von circa 4 Vol.-% wird aber das Abatmen vom im Köper gebildeten CO_2 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 (Technische Regel für Gefahrstoffe (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 Kühlungszwecken
- Einatmen von Motorabgasen, zum Beispiel 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 und 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 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 Atemwegskrampf (Verschluss der Stimmritze im Bereich des Kehlkopfes durch die Stimmbänder) kommen, wodurch die Atmung unterbunden wird. Hält dieser Krampf zum Beispiel bei Bewusstlosigkeit an, führt dies innerhalb von fünf bis zehn Minuten zum Tod, dem sogenannten "trockenem" 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 (zum Beispiel 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

Als unmittelbare Gefährdung ist der Sturz in eine Flüssigkeit anzusehen, wobei vorrangig ein Sturz in einen Wasserbehälter, ein Wasserbecken oder in ein Gewässer zu betrachten ist.

Insbesondere sind folgende Situationen zu betrachten (DGUV Regel 112-201):
- 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 beziehungsweise 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 Gewässern

Weitere gefahrbringende Bedingungen

Es können auch mehrere Situationen 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; sie sind deshalb in die Gefährdungsermittlung mit einzubeziehen, zum Beispiel:
- unzureichende oder fehlende Absturzsicherungen
- Stürzen oder Stolpern
- Ausrutschen auf Verunreinigungen oder Eis
- austretende Flüssigkeiten oder Gase
- mechanische Einwirkungen, zum Beispiel Getroffen werden von bewegten Gegenständen
- optische Einwirkungen, Blendung, Spiegelungen, unzureichende Beleuchtung
- chemische Einwirkungen

– thermische Einwirkungen

Gefährdende Tätigkeiten

Tätigkeiten mit einer Gefährdung des Sturzes in Flüssigkeiten oder Gewässer sind zum Beispiel:
– Tätigkeiten auf Deck von Binnen- oder Hochseeschiffen, insbesondere auf Fischereifahrzeugen beim Ausbringen und Einholen der Fischernetze
– Bootsübergänge zum Beispiel 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
– Hilfseinsätze 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 Bohrungen, insbesondere bei Arbeiten unterhalb der Grundwasserlinie
– bei Inspektionen und Arbeiten in Kanalisationsanlagen, insbesondere bei starken Gewitterregen, die zu einem kurzzeitigen, starken Anstieg des Wasserspiegel führen

Taucherarbeiten

Gefährdend sind auch 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 einer Gefährdung ausgesetzt. Sie können vom wild um sich schlagenden Verunfallten getroffen werden oder der Verunfallte klammerte sich an den Retter und zieht ihn unter Wasser.

8.3.2 Grenzwerte, Beurteilungskriterien

Der Arbeitgeber hat im Rahmen der Beurteilung der Arbeitsbedingungen nach § 5 ArbSchG für alle Tätigkeiten zu ermitteln, ob

– Ersticken durch Sauerstoffmangel, Gefahrstoffe oder beides die Atemluft möglich ist,
– Beschäftigte ertrinken können.

Ersticken

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 ist die reale Höhe und die Äquivalenzhöhe, die die Anlage produziert, zu addieren. Die baulichen, technischen, organisatorischen und arbeitsmedizinischen Maßnahmen sind in der Gefährdungsbeurteilung (dem betriebsspezifischen Sicherheitskonzept) zu dokumentieren (DGUV Information 205-006, bisher: BGI/GUV-I 5162).

Nach DGUV Regel 113-004 sind Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen gefährliche Arbeiten nach § 8 DGUV Vorschrift 1 und § 22 Jugendarbeitsschutzgesetz (JArbSchG). Auch Bereiche, die nur teilweise von festen Wandungen umgeben sind, in denen sich aber Gefahrstoffe ansammeln können beziehungsweise Sauerstoffmangel entstehen kann, sind enge Räume im Sinne der DGUV Regel 113-004.

Gefährdungen durch Sauerstoffmangel

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)).

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. Einatmen erhöhter Sauerstoffkonzentrationen unterhalb 50 bis 60 Vol.-% bei Normaldruck sind für Erwachsene unbedenklich.

Mit abnehmendem Sauerstoffgehalt in der Luft treten schwerere Folgen ein [1]:

Tabelle 8.3-1 Gefährdung und Auswirkung bei abnehmender Sauerstoffkonzentration

O_2-Anteil in der Atemluft	Gefährdung und Auswirkung bei abnehmender Sauerstoffkonzentration
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.

DGUV Information 205-006 (bisher BGI/GUV-I 5162) legt Risikobereiche mit Sauerstoffkonzentrationen in der Luft fest [2]:

– Risikoklasse 0: > 17 Vol.-% O_2 in der Luft: unbedenklich
– Risikoklasse 1: < 17 und > 15 Vol.-% O_2 in der Luft: Leistungseinschränkungen
– Risikoklasse 2: < 15 und > 13 Vol.-% O_2 in der Luft: gesundheitsschädlich
– Risikoklasse 3: < 13 Vol._% O_2 in der Luft: Bewusstlosigkeit, irreversible Schäden, Tod

Nach DGUV Regel 101-007 (bisher BGR 160) müssen Arbeitsplätze und Verkehrswege unter Tage so belüftet sein, dass an jeder Arbeitsstelle ein Sauerstoffgehalt von mehr als 19 Vol.-% vorhanden ist.

Gefährdungen durch Kohlendioxid (CO_2)

Für Kohlendioxid besteht ein Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) von 5000 ml/m³ (ppm), dies entspricht 0,5 Vol.-%. 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.

In der DGUV Regel 110-007 (bisher BGR/GUV-R 228) werden folgende Wirkungen in unterschiedlichen Konzentrationsbereichen genannt:

Tabelle 8.3-2 Gefährdung und Auswirkung bei zunehmender CO_2-Einwirkung

CO_2-Anteil in der Atemluft	Gefährdung und Auswirkung bei zunehmender Kohlenstoffdioxid-Einwirkung
circa 0,5 - 1 Vol.-%	bei nur kurzzeitiger Einatmung generell noch keine besonderen Beeinträchtigungen der Körperfunktionen.
circa 2 - 3 Vol.-%	zunehmende Reizung des Atemzentrums mit Aktivierung der Atmung und Erhöhung der Pulsfrequenz.
circa 4 – 7 Vol.-%	Verstärkung der vorgenannten Beschwerden; zusätzlich Durchblutungsprobleme im Gehirn, Aufkommen von Schwindelgefühl, Brechreiz und Ohrensausen.
circa 8 – 10 Vol.-%	Verstärkung der vorgenannten Beschwerden bis zu Krämpfen und Bewusstlosigkeit mit kurzfristig folgendem Tod.
über 10 Vol.-%	Tod tritt kurzfristig ein

Ertrinken

Beurteilungskriterien

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

- Eine unmittelbare Gefahr des Ertrinkens in Sinne der BaustellV besteht dann, wenn Tätigkeiten an, auf oder über Flüssigkeit, insbesondere Wasser, in einem Abstand von weniger als 2,00 Metern von der Absturzkante ohne technische Schutzmaßnahmen stattfinden.
- Brunnenbauarbeiten im Sinne der BaustellV sind 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 Verpuffungsgefahr aufgrund eines explosiven Gas-Luft-Gemisches besteht.
- Arbeiten mit Tauchgeräten sind Arbeiten 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, siehe 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.

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 eingeblasene Luft wird die Dichte des Wasser 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.

Wechselwirkungen

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

8.3.3 Arbeitsschutzmaßnahmen

Ersticken

Die Maßnahmen sind vorrangig darauf auszurichten, das eine ausreichend gesundheitlich zuträgliche Atemluft vorhanden ist (Anhang, Nr. 3.6 ArbStättV).

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 Anforderungen und erforderliche Maßnahmen für Tätigkeiten in **Behältern, Silos und engen Räumen** fest, bzgl. möglichem Sauerstoffmangel u.a.:

- 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
- Planung des Arbeitsablaufs mit Bestimmung eines Aufsichtsführenden, von Sicherungsposten und für Freimessungen Zuständigen
- Unterweisung aller beteiligten Personen (mit praktischen Übungen einschließlich Rettungsübungen) auf der Grundlage der Gefährdungsbeurteilung vor Aufnahme der Arbeiten
- Erstellung eines Erlaubnisscheins (oder Betriebsanleitung) mit festgelegten Maßnahmen durch den Unternehmer oder Aufsichtsführenden mit Unterschriften von Aufsichtsführendem, Sicherheitsposten und ggf. Fremdfirmenverantwortlichen (siehe Mustererlaubnisschein in DGUV Regel 113-004, Anhang 1)
- Sicherung der Arbeitsstelle zum Fernhalten nicht beteiligter Personen
- Entleeren, Reinigung und Abtrennen der Behälter, Silos und engen Räume
- Lüftung mit Frischluft und Freimessen
- Atemschutz (Isoliergeräte, nicht Filtergeräte: vgl. DGUV Regel 112-190, bisher BGR/GUV-R 190), wenn ein Sauerstoffgehalt von mindestens 17 Vol.-% Sauerstoff nicht zuverlässig sichergestellt ist
- Bereitstellung geeignetere Sicherungs- und Rettungsgeräte

Für Arbeiten in umschlossenen Räumen von **abwassertechnischen Anlagen** sind entsprechende Maßnahmen in DGUV Regel 103-003 (bisher BGR 126) beschrieben.

Tätigkeiten in sauerstoffreduzierter Atmosphäre

Vor der Einführung der neuen 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 (bisher BGI/GUV-I 5162) bestimmt Anforderungen und erforderliche Maßnahmen für Bereiche mit sauerstoffreduzierter Atmosphäre und Tätigkeiten darin, u.a.:

– In sauerstoffreduzierten Bereichen dürfen keine ständigen Arbeitsplätze eingerichtet werden. Der Aufenthalt soll möglichst kurz gehalten werden.
– Alle Zugänge sind mit Warnzeichen gem. ASR A 1.3 zu kennzeichnen, die auf sauerstoffreduzierte Atmosphäre und Zugangsbeschränkungen hinweisen, siehe Abbildung 8.3–1.

Abb. 8.3-1. Beispielkennzeichnung am Zugang zu einem sauerstoffreduzierten Bereich

– Regelmäßige Messung der Sauerstoffkonzentration (mindestens alle zehn Minuten).
– Bei zu niedriger Sauerstoffkonzentration akustische Alarmierung mit Leuchttableau.
– Organisatorische Maßnahmen des Betreibers (u.a. Betriebsanweisung, schriftliche Festlegung der zugangsberechtigten Personen, Zutrittskonzept, Unterweisung dieser Personen)
– Regelmäßige Prüfungen der Sauerstoffreduzierungsanlage sowie der Messung- und Alarmierungseinrichtungen
– Abhängig von der niedrigstmöglichen Sauerstoffkonzentration sind weitere Maßnahmen erforderlich:

Tabelle 8.3-3 Erforderliche Maßnahmen bei Tätigkeiten in Räumen mit reduziertem Sauerstoffgehalt

Risikoklasse	Sauerstoffkonzentration c in Vol.-% O_2	Sicherheitsmaßnahmen
Klasse 0	20,9 > c ≥ 17,0	Unterweisung der Mitarbeiter
Klasse 1	17,0 > c ≥ 15,0	– arbeitsmedizinische Untersuchung gemäß Grundsatz G 28 "Arbeiten in sauerstoffreduzierter Atmosphäre" – Unterweisung der Mitarbeiter – nach vier Stunden Aufenthalt Pause von 30 Minuten außerhalb der sauerstoffreduzierten Bereiche
Klasse 2	15,0 > c ≥ 13,0	– Arbeitsmedizinische Untersuchung gemäß Grundsatz G 28 "Arbeiten in sauerstoffreduzierter Atmosphäre" – Unterweisung der Mitarbeiter – nach zwei Stunden Aufenthalt Pause von mindestens 30 Minuten außerhalb der sauerstoffreduzierten Bereiche
Klasse 3	< 13,0	Betreten ohne spezifische Zusatzmaßnahmen nicht zulässig

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

Freimessen

Freimessen ist das Ermitteln einer möglichen Gefahrstoffkonzentration beziehungsweise des Sauerstoffgehaltes vor und während der Arbeiten in Behältern oder engen Räumen mit dem Ziel der Feststellung, ob die Atmosphäre im Behälter oder engen Raum ein gefahrloses Arbeiten ermöglicht (DGUV Regel 113-004).

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 (bisher BGR 126) und DGUV Regel 112-199 (bisher BGR/GUV-R 199) beschrieben, dabei handelt es sich zum Beispiel 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 beziehungsweise 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, bisher BGR 126).

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, zum Beispiel öffentliche Feuerwehren, in die Rettungsmaßnahmen mit einzubeziehen, sind diese an den Übungen zu beteiligen.

Kohlendioxid in Getränkeschankanlagen

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, zum Beispiel durch

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

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

Im Umgang mit Druckbehältern dürfen nur Personen tätig werden, die unterwiesen sind und von denen zu erwarten ist, dass sie ihre Aufgabe zuverlässig erfüllen.

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.

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, zum Beispiel durch Fangnetze oder einer geeigneten Persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz nach DGUV Regel 112-198 (bisher

BGR/GUV-R 198), ermöglicht werden.

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 (DIN EN ISO 12402-3 „Persönliche Auftriebsmittel; Teil 3: Rettungswesten, Stufe 150; Sicherheitstechnische Anforderungen“) bereitzustellen. 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.

PSA-Prüfungen

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).

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 Abs. 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 (bisher BGR 126) Anforderungen an Schutzmaßnahmen gegen Gefahren bei starker Wasserführung.

Betriebsanweisung und Unterweisung

Für den Einsatz der persönlichen Schutzausrüstungen gegen Ertrinken ist eine Betriebsanweisung zu erstellen (DGUV Information 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. 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.

8.3.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur - Ersticken

Gesetze, Verordnungen

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

Technische Regelwerke zu den Arbeitsschutzverordnungen

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

Berufsgenossenschaftliche Vorschriften

- DGUV Vorschrift 1: Grundsätze der Prävention
- DGUV Vorschrift 21 (bisher BGV C5): Abwassertechnische Anlagen (mit Durchführungsanweisungen)
- DGUV Vorschrift 79 (bisher BGV D34): Verwendung von Flüssiggas (mit Durchführungsanweisungen)

Weitere Regeln der Technik

- DGUV Information 205-006 (bisher BGI/GUV-I 5162): Arbeiten in sauerstoffreduzierter Atmosphäre
- DGUV Regel 110-001 (bisher BGR 110): Arbeiten in Gaststätten
- 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 (bisher BGR 121): Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen
- DGUV Regel 103-003 (bisher BGR 126): Arbeiten in umschlossenen Räumen von abwassertechnischen Anlagen
- DGUV Regel 101-007 (bisher BGR 160): Sicherheitsregeln für Bauarbeiten unter Tage
- DGUV Regel 112-190 (bisher BGR/GUV-R 190): Benutzung von Atemschutzgeräten
- DGUV Regel 112-199 (bisher BGR/GUV-R 199): Retten aus Höhen und Tiefen mit persönlichen Schutzausrüstungen
- DGUV Regel 110-007 (bisher BGR/GUV-R 228): Einrichtung und Betrieb von Getränkeschankanlagen
- DGUV Information 213-001 (bisher BGI 534): 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.)

Literatur

- [1] European Industrial Gases Association:
  Kampagne gegen den Erstickungstod.
  Safety Newsletter, Extraausgabe SAG NL 77/03/D.

Internetangebote/Links

- [2] **Arbeiten in sauerstoffreduzierter Atmosphäre.**
  Schweizer Unfallversicherungsanstalt (SUVA)

8.3.5 Vorschriften, Regelwerk, Literatur - Ertrinken

Gesetze, Verordnungen

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

Technische Regelwerke zu den Arbeitsschutzverordnungen

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

Berufsgenossenschaftliche Vorschriften

- DGUV Vorschrift 1: Grundsätze der Prävention
- DGUV Vorschrift 21: Abwassertechnische Anlagen (mit Durchführungsanweisungen)
- DGUV Vorschrift 38: Bauarbeiten (mit Durchführungsanweisungen)
- DGUV Vorschrift 40: Taucharbeiten
- DGUV Vorschrift 45 (bisher BGV C28): Schiffbau
- DGUV Vorschrift 49: Feuerwehren und DGUV Regel 105-049 Feuerwehren
- DGUV Vorschrift 60 (bisher BGV D19): Wasserfahrzeuge mit Betriebserlaubnis auf Binnengewässern (mit Durchführungsanweisungen)

Weitere Regeln der Technik

- DIN EN ISO 12402 Teile 1-10: Persönliche Auftriebsmittel
- DGUV Regel 100-001: Grundsätze der Prävention
- DGUV Regel 103-003 (bisher BGR 126): Arbeiten in umschlossenen Räumen von abwassertechnischen Anlagen
- DGUV Regel 103-009 (bisher BGR/GUV-R 240): Wärmekraftwerke und Heizwerke
- DGUV Regel 112-198 (bisher BGR/GUV-R 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 212-515 (bisher BGI 515): Persönliche Schutzausrüstungen
- DGUV Information 213-001 (bisher BGI 534): 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.)
- DGUV Information 208-007 (bisher BGI/GUV-I 588-1): Roste - Auswahl und Betrieb
- DGUV Information 201-022: Sicherheitshinweise für die Arbeit mit Gräten zur provisorischen Rohrabsperrung
- DGUV Information 205-010 (bisher BGI/GUV-I 8651): Sicherheit im Feuerwehrdienst

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

- [3] U. Dechmann, B. Holtmann, J. Liesenfeld, B. Zigic:
  Sicherheits- und Gesundheitsschutzkonzepte für Polizeiboote
  BAuA Dortmund (Projektnummer: F 2094)

Internetangebote/Links

- [4] **Checkliste für PSA gegen Ertrinken.**
  Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV)

8.3.6 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Ersticken

Prüffragen

- Kann es in engen Räumen durch ... zum Verbrauch von Sauerstoff kommen? (zum Beispiel durch Feuer, chemische Reaktionen)
- Kann Sauerstoff durch biologische Reaktionen, zum Beispiel Gärung oder Verrottungsvorgänge, verbraucht werden?
- Kann in engen Räumen Sauerstoff durch andere Gase verdrängt werden?
- Werden tiefkalt-verflüssigte Gase oder tiefkalt-verfestigtes Kohlendioxid (Trockeneis) offen verwendet?
- Bestehen Undichtigkeiten an Druckgasflaschen oder Gasflaschen, zum Beispiel 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 Kameratechnik).
- Gewährleistung einer ausreichenden natürlichen Be- und Entlüftung der Arbeitsbereiche
- Installation einer technischen Lüftung
- Aufstellung eines Alarm- und Rettungsplans
- Erlaubnisschein mit erforderlichen Maßnahmen
- Bereitstellung geeigneter Rettungs- und Transportmittel
- vollständige Entleerung von Behältern, Silos und engen Räumen und anschließende Lüftung
- Freimessen
- Bereitstellung und Benutzung von Atemschutzgeräten
- Festlegung der Mindestsauerstoffkonzentration
- Beschränkung der Aufenthaltsdauer
- Sicherstellung einer ständigen Überwachung
- 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

- Ist bei Arbeiten am oder auf dem Wasser die Gefahr des Hineinfallens, Abdriftens und Ertrinkens gegeben?
- Ist ein Sturz in eine Flüssigkeit möglich, zum Beispiel in Tank, Behälter, Gruben?
- Ist ein Sturz von Deck eines Wasserfahrzeugs möglich?
- Ist zum Beispiel bei Bau- oder Abbrucharbeiten ein Sturz in ein Gewässer möglich?
- Ist durch Ausrutschen auf glatten Flächen oder Eis ein Sturz in ein Gewässer möglich?

– Besteht die Gefahr, 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?

Festgestellte Gefährdungen/Mängel

– Gefährdung des Ertrinkens durch Sturz in Flüssigkeiten
– Gefährdung des Ertrinkens durch Sturz in Gewässer
– Gefährdung des Ertrinkens durch schnellen Anstieg von Wasserspiegeln zum Beispiel in Kanalisationsanlagen, Baugruben, Bohrungen
– Gefährdung des Ertrinkens bei der Wasserrettung
– Gefährdung des Ertrinkens bei Taucherarbeiten

Maßnahmen

– Absturzsicherungen zum Beispiel Abdeckungen, Geländer oder Seitenschutz anbringen
– Auffangeinrichtungen zum Beispiel Schutznetze, Schutzwände oder Schutzgerüste aufstellen
– Persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz bereitstellen und benutzen
– Persönliche Schutzausrüstung gegen Ertrinken bereitstellen und benutzen
– bei Arbeiten am oder auf dem Wasser, bei denen die Gefahr des Hineinfallens, Abdriftens und Ertrinkens gegeben ist, entsprechende Rettungsmittel verwenden
– automatisch aufblasbare Rettungsweste tragen
– 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

8.3.7 Autoren und Ansprechpartner

Autoren:
– Dipl.-Ing. Ch. Barth

Ansprechpartner:
– Dipl.-Ing. Ch. Barth
Systemkonzept GmbH, Köln

8.4 Unzureichende Fluchtwege

In der Praxis werden die Begriffe Fluchtweg und Rettungsweg verwendet. Während der Begriff Rettungsweg aus dem Bauordnungsrecht stammt, hat Fluchtweg seinen Ursprung in der EG Arbeitsstättenrichtlinie. Die Verwendung dieses Begriffes erfolgt im Arbeitsstättenrecht, da hier Anforderungen für das gefahrlose Verlassen der Beschäftigten aus der Arbeitsstätte getroffen werden, während sich die Anforderungen an Rettungswege auch auf den Einsatz der Rettungskräfte beziehen. Beide Wege können über weite Strecken identisch sein.

8.4.1 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen

Die Selbstrettung der Beschäftigten und sonstiger Personen, die sich in der Arbeitsstätte befinden, steht im Arbeitsstättenrecht im Vordergrund. Fluchtwege müssen im Gegensatz zum Bauordnungsrecht immer selbständig begangen werden können.

Die unzureichende Anzahl, Anordnung, Abmessung und Beleuchtung sowie die unzureichende Kennzeichnung und die Nichtfreihaltung der Fluchtwege können dazu führen, dass im Gefahrfall die erforderliche Personensicherheit nicht gewährleistet ist.

8.4.2 Grenzwerte, Beurteilungskriterien

Fluchtweglänge

Die Festlegung der Fluchtwege erfolgt in Abhängigkeit
– der Gefährdungen
– von Lage und Größe des Raumes

auf der Grundlage einer Gefährdungsbeurteilung unter Berücksichtigung
– der Höchstzahl der Personen und
– des Anteils an ortsunkundigen Personen.

Die Fluchtweglänge muss möglichst kurz sein und darf die in Tabelle 8.4-0 aufgeführten Werte nicht überschreiten (siehe ASR A2.3).

Tabelle 8.4-0 Fluchtweglänge

Raumart	Fluchtweglänge
a) für Räume, ausgenommen b) bis f)	bis zu 35 m
b) für brandgefährdete Räume mit selbsttätigen Feuerlöscheinrichtungen	bis zu 35 m
c) für brandgefährdete Räume ohne selbsttätige Feuerlöscheinrichtungen	bis zu 25 m
d) für giftstoffgefährdete Räume	bis zu 20 m
e) für explosionsgefährdete Räume, ausgenommen Räume nach f)	bis zu 20 m
f) für explosivstoffgefährdete Räume	bis zu 10 m

Die tatsächliche Lauflänge darf nicht mehr als das **1,5-Fache** der Fluchtweglänge betragen.

Fluchtwegbreite

Die Festlegung der Mindestbreite der Fluchtwege richtet sich nach der Höchstzahl der Personen, die im Bedarfsfall den Fluchtweg benutzen (siehe ASR A2.3).

Tabelle 8.4-1 Mindestbreite für Fluchtwege

Anzahl der Personen (Einzugsgebiet)	lichte Breite (in m)
bis 5	0,875
bis 20	1,00
bis 200	1,20
bis 300	1,80
bis 400	2,40

Fluchtweghöhe

Die lichte Höhe über Fluchtwegen muss **mindestens 2,00 m** betragen, an Türen ist eine Reduzierung um 0,05 m zulässig.

8.4.3 Arbeitsschutzmaßnahmen

Anlegen von Fluchtwegen

Festlegung der erforderlichen Fluchtwege (Anzahl, Anordnung, Abmessung). Wichtiges Hilfsmittel ist hierbei die Gefährdungsbeurteilung.

Kennzeichnung

Dauerhafte Kennzeichnung von Fluchtwegen und Notausgängen sicherstellen. Erforderlichenfalls Sicherheitsleitsystem bei erhöhten Gefährdungen einrichten (zum Beispiel bei großen zusammenhängenden oder mehrgeschossigen Gebäudekomplexen, bei einem hohen Anteil ortsunkundiger Personen oder einem hohen Anteil an Personen mit eingeschränkter Mobilität).

Freihalten der Fluchtwege

Freihalten der Fluchtwege und Notausgänge (zum Beispiel Notausgänge nicht verstellen).

Sicherheitsbeleuchtung

Ausrüstung der Fluchtwege mit einer Sicherheitsbeleuchtung, wenn bei Ausfall der allgemeinen Beleuchtung das gefahrlose Verlassen der Arbeitsstätte nicht gewährleistet ist.

Flucht- und Rettungsplan

Aufstellung eines Flucht- und Rettungsplanes (zum Beispiel bei unübersichtlicher Flucht- und Rettungswegführung, Arbeitsstätten mit Publikumsverkehr, Bereichen mit erhöhter Gefährdung wie explosions- und brandgefährdete Anlagen).

Räumungsübungen

Durchführung von Räumungsübungen auf der Grundlage der Flucht- und Rettungspläne.

8.4.4 Vorschriften, Regelwerk

Gesetze, Verordnungen

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

Technische Regelwerke zu den Arbeitsschutzverordnungen

- ASR A1.3: Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung
- ASR A2.3: Fluchtwege und Notausgänge, Flucht- und Rettungsplan
- ASR A3.4/7: Sicherheitsbeleuchtung, optische Sicherheitsleitsysteme
- ASR V3a/2: Barrierefreie Gestaltung von Arbeitsstätten
  (insbesondere Anhänge A1.3, A2.3 und A3.4/4)

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)

8.4.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

- Sind Fluchtwege ausreichend vorhanden und gekennzeichnet?
- Sind Fluchtwege und Notausgänge ständig freigehalten?
- Führen Fluchtwege auf möglichst kurzem Weg ins Freie oder in einen gesicherten Bereich?
- Lassen sich Türen im Verlauf von Fluchtwegen und Türen von Notausgängen jederzeit leicht öffnen?
- Lassen sich Türen von Notausgängen in Fluchtrichtung aufschlagen?
- Ist eine Sicherheitsbeleuchtung vorhanden?
- Gibt es einen Flucht- und Rettungsplan?
- Wird entsprechend dem Flucht- und Rettungsplan geübt, wie sich die Beschäftigten bei Gefahr in Sicherheit bringen können? Werden dabei Personen mit eingeschränkter Mobilität einbezogen?

Festgestellte Gefährdungen/Mängel

- unzureichende Fluchtwege (Anzahl, Anordnung, Abmessung)
- fehlende Kennzeichnungen
- verstellte Fluchtwege und Notausgänge
- verschlossene Fluchttüren und Notausgänge
- fehlende Sicherheitsbeleuchtung
- mangelhafte Flucht- und Rettungspläne

Maßnahmen

- Regelmäßiges Begehen der Fluchtwege
- Regelmäßige Prüfung vorhandener Sicherheitsbeleuchtungen
- Regelmäßige Information der Beschäftigten zum Inhalt des Flucht- und Rettungsplanes und zum Verhalten im Gefahrfall
- Räumungsübungen durchführen

8.4.6 Autoren und Ansprechpartner

Autoren:

- Dr.-Ing. K. Bux
- Dipl.-Chem. G. Lohse

Ansprechpartner

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

8.5 Unzureichende Bewegungsfläche

Zur Gestaltung des Arbeitsplatzes hinsichtlich Anordnung und Bewegungsflächen für die Beschäftigten sowie der Pausen- und Sanitätsräume enthält die Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV, BGBl. I Nr. 44 vom 24. August 2004, S. 2.179) Mindestanforderungen. Damit werden allgemeine Schutzziele anstatt konkreter Maßzahlen und Detailanforderungen vorgegeben.

Ein wesentliches Hilfsmittel für die praktische Umsetzung der ArbStättV sind die Technischen Regeln für Arbeitsstätten (ASR).

Auf eine ausführliche Darstellung der Gefährdungen durch unzureichende Bewegungsfläche am Arbeitsplatz, ungünstige Anordnung des Arbeitsplatzes sowie unzureichende Pausen- und Sanitärräume wird aufgrund der zurzeit laufenden Anpassung des Technischen Regelwerkes an die 2016 geänderte Arbeitsstättenverordnung bezügliche der Begriffsbestimmung des „Arbeitsplatz“ (jetzt ohne Zeitbezug) verzichtet.

Das Bundesministerium für Arbeit und Soziales gibt auf der Grundlage des § 7 Abs. 4 der ArbStättV neu ermittelte Regeln für Arbeitsstätten im Gemeinsamen Ministerialblatt bekannt (online verfügbar auf der BAuA-Homepage unter: Technische Regeln für Arbeitsstätten).

8.5.1 Vorschriften, Regelwerk, Literatur

Gesetze, Verordnungen

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

Technische Regelwerke zu den Arbeitsschutzverordnungen

- ASR A1.2: Raumabmessungen und Bewegungsflächen
- ASR A4.1: Sanitärräume
- ASR A4.2: Pausen- und Bereitschaftsräume

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)

8.5.2 Autoren und Ansprechpartner

Autoren:

- Dr.-Ing. K. Bux
- Dipl.-Chem. G. Lohse

Ansprechpartner

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

8.6 Mensch-Maschine/Rechner-Schnittstelle

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

8.6.1 Einführung

Hardware und Software

Die Komponenten der Mensch-Maschine/Rechner-Schnittstellekönnen können in Hardware und Software unterschieden werden. Stellteile, Bildschirme und so weiter lassen sich unter dem Begriff Hardware zusammenfassen. Software betrachtet dagegen die Wechselwirkungen zwischen den Menschen und der Maschine beziehungsweise dem Rechner. Das heißt, die Informationsübertragung vorrangig mittels Computerdialogen, aber auch die dialogbezogenen Kriterien zur Anzeigengestaltung (zum Beispiel Farbgestaltung) werden unter dem Aspekt Software betrachtet.

Informationsaustausch

Informationsaustausch ist die Grundlage der Mensch-Maschine/Rechner-Kommunikation. In jedem Arbeitsprozess muss der Mensch Informationen aufnehmen, verarbeiten und in Handlungen umsetzen. Die aufzunehmenden Informationen können aus dem Arbeitsprozess direkt oder vermittelt hervorgehen (Tabelle 8.6-1):

Tabelle 8.6-1 Informationen und angesprochene Sinnesbereiche

aufzunehmende Informationen	angesprochene Sinnesbereiche
direkt über Anlagen- und Prozessmerkmale, zum Beispiel: – Laufgeräusch eines Motors – Werkstücke und Werkstoffe – Arbeitsstoffe und Verschleißteile – Stellung von Bedienteilen – Gerüche – Vibrieren und Schlagen einer Anlage	nahezu alle: – Sehen – Hören – Riechen – Bewegungswahrnehmung – Fühlen, ...
vermittelt durch Signale, zum Beispiel: – Gefahrensignale (zum Beispiel Hupe, Sirene, Warnblinken) – Sicherheitskennzeichnung – Anzeige von Betriebszuständen (zum Beispiel über Monitor, Lichtzeichen, Digitalanzeige, Zeigerstand auf Skala) – sprachliche Informationen (mündlich oder schriftlich) – rechner(software)gestützte Prozesssteuerung	im Wesentlichen: – Sehen – Hören

Der Austausch von Informationen kann beispielsweise über das Betätigen von Hardware erfolgen. Darunter fallen neben den Stellteilen ebenfalls Eingabe- und Ausgabegeräte für die Mensch-Rechner-Kommunikation (zum Beispiel Bildschirm, Drucker, Tastatur).

8.6.2 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen

Die Informationsaufnahme, -verarbeitung und -umsetzung wird maßgeblich von der Gestaltung der Hardware sowie der Software beeinflusst. Darüber hinaus sind weitere Faktoren, zum Beispiel Umgebungsbedingungen, Arbeitsorganisation, Beeinträchtigungen durch persönliche Schutzausrüstungen und Einschränkungen der individuellen Leistungsvoraussetzungen, zu berücksichtigen (siehe TRBS 1151 und Abschnitt "Grenzwerte, Beurteilungskriterien" und "Arbeitsschutzmaßnahmen").

Psychische Fehlbeanspruchungen

Durch häufige Über- oder Unterforderungen bei der Informationsaufnahme und -verarbeitung sowie durch den Einsatz ungeeigneter Hardware und Software können psychische und physische Fehlbeanspruchungen mit entsprechenden Gesundheitsbeeinträchtigungen (siehe Abschnitt "Psychische Faktoren" sowie TRBS 1151) auftreten. Besonders kritisch sind in diesem Zusammenhang Abweichungen vom Normalbetrieb (Inbetriebnahme, ggf. Außerbetriebnahme, Instandhaltung und Störungen) wegen des erhöhten Bedarfs an kognitiven Kapazitäten zur Informationsaufnahme und -verarbeitung.

Begünstigung von Fehlhandlungen

Wenn Informationen objektiv fehlen, übersehen bzw. überhört, verwechselt oder falsch wahrgenommen werden, kann dies sicherheitskritische Situationen hervorrufen. Hardware, vor allem Stellteile oder deren Software-Repräsentation, die verwechselt, falsch oder unbeabsichtigt betätigt werden, können zusätzlich weitere Fehlhandlungen begünstigen (siehe TRBS 1151).

Belastungen durch Umgebungsbedingungen

Ebenso kann es durch eine ungünstige Auswahl und Aufstellung von Hardware zu einer höheren Belastung durch Emissionen, höhere Lärmpegel, ungünstige Beleuchtung oder Zwangshaltung kommen.

8.6.3 Grenzwerte, Beurteilungskriterien

Hardware und Software sollten nach den folgenden Kriterien geprüft werden (siehe auch TRBS 1151):

Informationsaufnahme Hardware

Kriterien für die Aufnahme der erforderlichen Informationen:
- Vorhandensein und Wahrnehmbarkeit von Signalen und Prozessmerkmalen, die kritische Situationen anzeigen - aber auf das notwendige Maß beschränken
- sicherheitsrelevante Anzeigen, die eine hohe Aufmerksamkeit erfordern, im zentralen Blickfeld anordnen
- Hörbarkeit beziehungsweise Sichtbarkeit von Informationen
- Unterscheidbarkeit von Informationen
- Verständlichkeit von Zeichen, Symbolen, Piktogrammen mit eindeutiger Codierung
- Sinnfälligkeit zwischen Gestaltung der Informationsmittel und Inhalt der Information

(vergleiche DIN EN ISO 9241-12 und TRBS 1151)

Informationsaufnahme Software

Kriterien für die Aufnahme von Informationen durch die Software:
- übersichtliche, strukturierte und informatorisch nicht überladene Masken
- einheitliche Oberflächen für unterschiedliche Anwendungen
- Verfügbarkeit aller für einen bestimmten Arbeitsschritt benötigten Informationen, ohne Masken/Anwendungen wechseln zu müssen
- zuverlässige, zutreffende und verständliche Fehlermeldungen
- aktuelle und fehlerfreie Daten
- klare Systemmeldungen bzw. Systemzustände, ggf. mit -entwicklungen (Trendcharts)

(vergleiche DIN EN ISO 9241 Teile 12 bis 16 und 143)

Fehlertolerante, motorisch-unterstützende Software

Kriterien für fehlertolerante, motorisch-unterstützende Software:
- Berücksichtigung der Leistungsgrenzen zur Informationsaufnahme
- Priorisierung und Strukturierung von Meldungen
- Gruppierung von Informationselementen
- aufgabenangemessene und erwartungskonforme Bedienerführung (Menüführung, Maskenanordnung, Support, direkter Zugriff, Cursorpositionierung etc.)
- fehlertolerante Eingabe (Support, Überprüfung, Korrektur)
- Individualisierbarkeit der Anzeige (Schriftgröße, Zwischenspeicherung)
- Möglichkeiten der Zwischenspeicherung
- Möglichkeit des unmittelbaren Zugriffs auf häufig benötigte Masken
- angemessene automatische Cursorpositionierung
- kein umständlicher Wechsel zwischen unterschiedlichen Anwendungen

(vergleiche WCAG, DIN EN ISO 9241 Teile 110, 11 bis 20)

Anforderungen an Stellteile

Kriterien für reale und virtuelle Stellteile, die die Umsetzung der Information gewährleisten:
- körperliche Fehlbelastung (Genauigkeit des Positionierens, Stellgeschwindigkeit, Kraftbetätigung und Zwangshaltung) wird vermieden
- Benutzer erhält klare Rückmeldung über getätigte Eingaben (Mausklick, klar definierter Druckpunkt der Tastatur oder von Schaltern, eindeutiges Anzeigen des Aktivierungszustandes virtueller Stellteile)
- Griffigkeit und Bedienbarkeit ggf. auch mit Handschuhen
- Erwartungskonforme Funktion und Betätigungsrichtung von Stellteilen sowie zwischen der Bewegung von Stellteilen und korrespondierenden Anzeigen
- Gruppierung der Anordnung, auch in Verbindung mit Anzeigeelementen

- Erkennbarkeit der Stellgröße
- unbeabsichtigte Betätigung wird vermieden beziehungsweise führt nicht zu irreversiblen Eingaben

(vergleiche DIN EN ISO 6682, DIN EN ISO 11064-5, DIN EN 894-3)

Störungen vermeiden / Beeinträchtigungen berücksichtigen

Faktoren, die die Informationsaufnahme und deren Verarbeitung beziehungsweise Umsetzung beeinträchtigen können, sind ebenfalls zu berücksichtigen (vergleiche [1], [2]), zum Beispiel:

- Signalverdeckungen auf Grund ungünstiger Arbeitsumgebungsbedingungen wie Lärm, unzureichende Beleuchtung, Hitze, mechanische Schwingungen, austretende Dämpfe/Nebel, Witterungseinflüsse
- Überangebot aufzunehmender Informationen
- zeitliche Dichte der Informationsverarbeitung
- Zwang zur Daueraufmerksamkeit
- Monotonie durch einförmige Arbeitsbedingungen: Aufgabengestaltung, Akustik, Raumklima, Farben
- besondere Bedingungen bei Abweichungen vom Normalbetrieb
- Behinderung der Informationsübertragung und -umsetzung durch das Tragen von persönlichen Schutzausrüstungen, zum Beispiel
    - durch Handschuhe oder Schutzbekleidung erschwerte Betätigung von Stellteilen
    - durch Gesichtsschutz eingeschränkte Sicht
    - durch Tragen von Gehörschutz eingeschränktes Hören
- eingeschränkte individuelle Leistungsvoraussetzungen, zum Beispiel
    - Schwerhörigkeit
    - altersbedingte Veränderungen des Sehvermögens ab dem 40. Lebensjahr und körperliche Belastbarkeit
- eingeschränkte Kenntnisse bei Auszubildenden oder neueingestellten Beschäftigten.

8.6.4 Arbeitsschutzmaßnahmen - Gestaltung von Hardware

Auswahl und Gestaltung von Stellteilen

Die ergonomische Auswahl beziehungsweise Gestaltung von Stellteilen erfordert eine Analyse der Arbeitsaufgabe, da das Stellteil die Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine/Rechner bildet.

Wichtige Parameter für die Stellteilauswahl sind beobachtbar:
- Schnelligkeit,
- Häufigkeit und
- Genauigkeit von notwendigen Handlungen.

Weitere Parameter wie
- Arbeitswiderstand,
- Kraftrichtung,
- Bewegungsform und
- Bewegungsrichtung

können durch physikalische Messungen von Kräften oder Geschwindigkeiten ermittelt werden.

Anhand dieser Merkmale können anschließend geeignete Stellteile ausgewählt (oder konstruiert) werden. So wird sichergestellt, dass die erforderlichen Arbeitsschritte optimal auf die Körperstellung des Benutzers, dessen Handhaltung, Greifart oder auch Kopplungsart zwischen Benutzer und Stellteil abgestimmt sind.

Körperliche Überbelastung vermeiden

Körperliche Überbelastungen bei der Handhabung von mechanischen Stellteilen, zum Beispiel durch lang andauernde statische Haltearbeit, zu große Stellwege oder zu schnelle Bewegungsabläufe, sind zu vermeiden, vergleiche DIN EN 894-3, [2], [3], [4].

Rückmeldung gewährleisten

Eine ausreichende Rückmeldung nach Betätigung von Stellteilen ist zu gewährleisten, zum Beispiel durch:
- Betätigungsmindestwiderstand bei manuell betätigten Stellteilen
- (zusätzliche) Anzeigen bei motorisch angetriebenen Stellteilen

Sinnfälliges Zusammenspiel zwischen Hard- und Software

Auf die Sinnfälligkeit zwischen der Bewegung von Hardware, insbesondere Stellteilen, und der ausgelösten Wirkung beziehungsweise zwischen Hard- und Software (zum Beispiel Stellteilen und Anzeigen) ist zu achten:
- Sinnfälligkeit zwischen Funktion und Bewegungsrichtung von Hardware (Stellteile und Rechner-Hardware) (siehe Tabelle 8.6-2)
- sinnfällige Bewegung von Stellteilen und Anzeigen (siehe Abbildung 8.6-1)

Tabelle 8.6-2 Betätigungssinn und Anordnung von Stellteilen [3]

Funktion	Bewegungsrichtung
ein	aufwärts, nach rechts, vorwärts, im Uhrzeigersinn, ziehen (Zug- und Druckschalter)
aus	abwärts, nach links, rückwärts, gegen den Uhrzeigersinn, drücken
rechts	im Uhrzeigersinn, nach rechts
links	gegen den Uhrzeigersinn, nach links
heben	aufwärts, rückwärts
senken	abwärts, vorwärts
einziehen	aufwärts, rückwärts, ziehen
ausfahren	abwärts, vorwärts, drücken
verstärken	vorwärts, aufwärts, nach rechts, im Uhrzeigersinn
vermindern	rückwärts, abwärts, nach links, gegen den Uhrzeigersinn
Ausnahme	
Ventil öffnen	gegen den Uhrzeigersinn
Ventil schließen	im Uhrzeigersinn

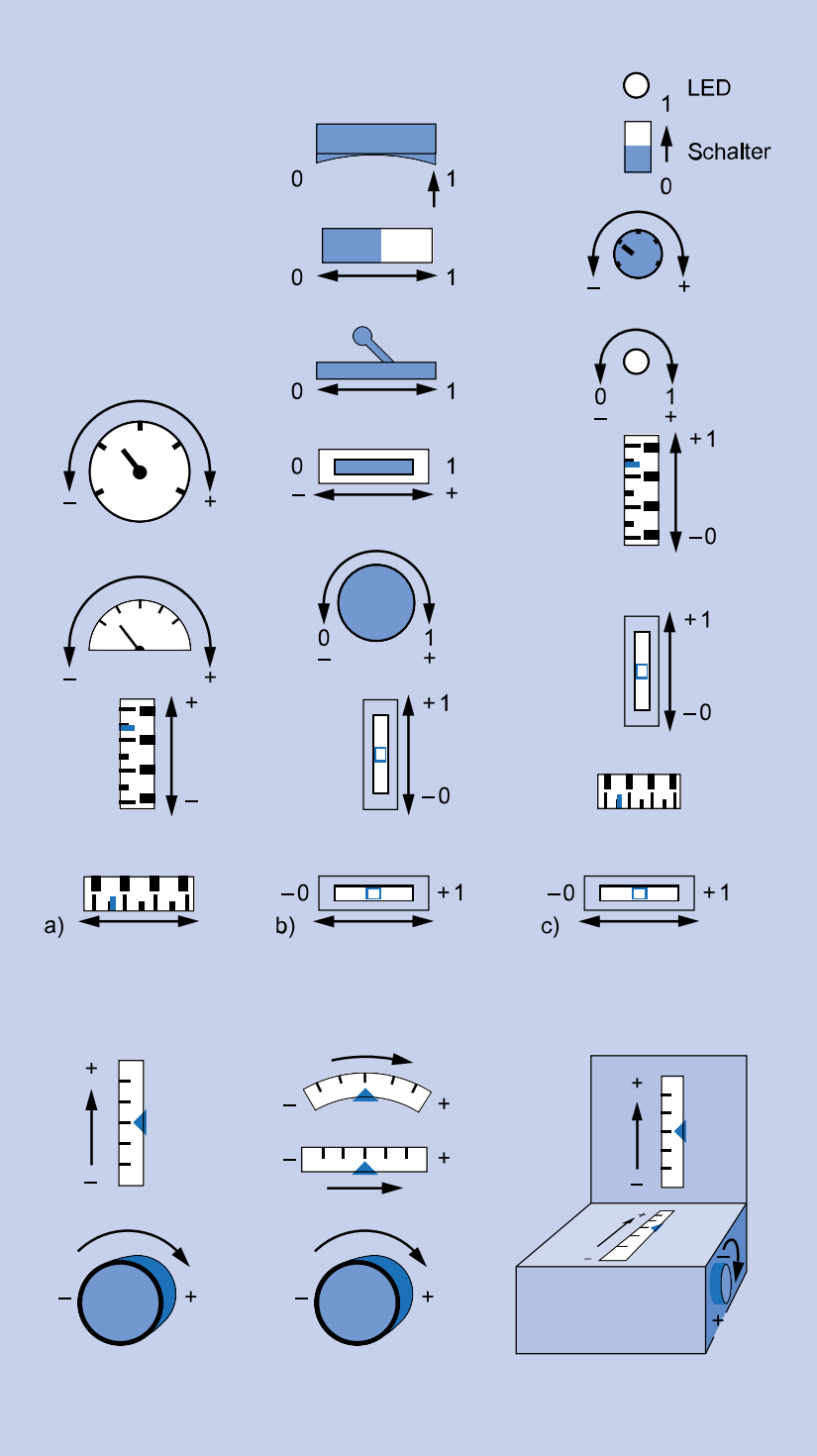


Abbildung 8.6-1. Sinnfällige Zuordnungen der Bewegungsrichtung von Drehknöpfen zur Zeigerbewegung bei Anzeigen mit fester Skala (BGHM-Information 101 und [3])

Anordnung von Stellteilen

Die Anordnung von Stellteilen muss den Handhabungsanforderungen entsprechen:

- häufig zu betätigende sowie von ihrer Funktion her wichtige Stellteile (zum Beispiel NOT-AUS-Schalter) innerhalb des zentralen Greifraumes beziehungsweise Fußraumes anordnen
- Stellteile, die entweder in ihrer Funktion (zum Beispiel alle Ventile) oder im Ablauf (zum Beispiel Inbetriebnahme eines Motors) zusammengehören, in Gruppen anordnen

– bei Mehrmaschinenbedienung einheitliche Anordnung von Funktionen in den Bedienfeldern und in den Anzeigedisplays der zu bedienenden Maschinen anstreben

(vergleiche DIN EN ISO 6682, DIN EN 894-3, DIN EN 61310-3/VDE 0113-103, [4])

Kennzeichnung der Stellgrößen

Die zu verstellende Größe sowie die jeweilige Einstellung müssen eindeutig erkennbar und verständlich sein:
– Kennzeichnung der Stellgröße durch Form, Größe, Oberflächenstruktur, Lage, Beschriftung, Farbe und Bildzeichen
– Kennzeichnung der Einstellung durch Lage, Zeiger, Skalen beziehungsweise Weganfangs- und -endmarken, Stellwiderstand, zusätzliche optische und akustische Signale

Unbeabsichtigte Betätigung vermeiden

Ein unbeabsichtigtes Betätigen von Stellteilen ist zu verhindern, zum Beispiel durch:
– hinreichenden Stellwiderstand (Stellkraft)
– eine vor dem Stellen zu lösende Sperre
– versenkten Einbau des Stellteils
– Stellrichtung verschieden von der Berührungsrichtung
– Einbau an Stellen geringer Berührungswahrscheinlichkeit
– hinreichenden Abstand von anderen Stellteilen
– Abdeckung des Stellteils
– Verschließen des Stellteils

Anzeigen

Für die Interaktion des Menschen mit der (haptischen / greifbaren) Hardware sind akustische und optische Anzeigen für den Informationsaustausch wichtig. Weitere Kriterien zur Gestaltung virtueller Anzeigen befinden sich im Abschnitt "Arbeitsschutzmaßnahmen - Gestaltung von Software".

Akustische Informationen

Akustische Informationen müssen sich ausreichend von Umgebungsgeräuschen abheben:
– Schallpegel von Gefahrensignalen (Warnsignalen, Notsignalen):
  • A-Schallpegel des Signals: mindestens 15 dB höher als der A Schallpegel des Störgeräusches
  • A-Schallpegel des Gefahrensignals sollte nicht kleiner als 65 dB sein

(vergleiche auch DIN EN 981, DIN EN ISO 7731)
– Schallpegel zur Sprachverständigung:
  • A-Schallpegel der Sprache (beim Hörer) sollte 2 dB(A) (befriedigend) bis 10 dB(A) (gut) höher sein als der A-Schallpegel des Umgebungsgeräusches
  • Nachhallzeit sollte für Büroräume 0,5 bis 1,0 Sekunden und für Fertigungsräume 2,0 Sekunden unterschreiten

(vergleiche auch DIN EN ISO 7731, DIN EN ISO 9921, DIN 33404-3)

Optische Informationen

Optische Informationen müssen ausreichend sichtbar sein:
– Gefahrensignale (Warnsignale, Notsignale):
  • Leuchtdichte des Warnsignals bei Leuchtflächen ≥ 5 x Leuchtdichte des Hintergrundes
  • Leuchtdichte des Notsignals bei Leuchtflächen ≥ 2 x Leuchtdichte des Warnsignals
  • bei punktartigen Strahlungsquellen ist die erforderliche Beleuchtungsstärke in Abhängigkeit vom Hintergrund festzulegen (vergleiche DIN EN 842)
  • störende Umgebungsfaktoren, zum Beispiel Dämpfe, Rauche, Nebel, beachten
– Anordnung:
  • nahe der Gefahrenquelle
  • direkt gegebene Signale möglichst im Gesichtsfeld
  • Auftreten von Blendung, Spiegelung, Abschattung vermeiden
– Anordnung von Anzeigeeinrichtungen:
  möglichst im Gesichtsfeld, gruppiert nach

- Wichtigkeit der Anzeige
- Häufigkeit der Benutzung
- Ablesefolge

(vergleiche auch DIN EN 981, DIN EN 842, DIN EN 894-2, DIN EN 61310-1/VDE 0113-101, DIN 67510 Teile 2 bis 4, DIN EN ISO 10075-2)

Grafische Symbole

Graphische Symbole für Sicherheitszeichen am Arbeitsplatz: siehe ASR A1.3, § 10 Abs. 2 Nr. 2 und Anhang I Nr. 4 Gefahrstoffverordnung (GefStoffV). Weitere Hinweise zur Gestaltung von grafischen Symbolen siehe DIN EN 80416, Teile 1 bis 4.

Farbgestaltung

Farbliche Gestaltung als Informationsträger nach [5], [6], zum Beispiel:

- psychologische Wirkung von Farben beachten, zum Beispiel
  - bei monotonen reizarmen Tätigkeiten sowie bei großen Räumen mit wenig Tageslicht und bei niedrigen Temperaturen und Geräuschpegeln warme und anregende Farben einsetzen;
  - bei schwerer körperlicher Arbeit, bei betriebsamen, eher hektischen Tätigkeiten in kleinen Räumen mit viel Tageslicht (zum Beispiel mit Südfenstern), bei hohen Temperaturen und bei hohem Geräuschpegel kühle und beruhigende Farben einsetzen (Wirkung von Farben im Abschnitt "Arbeitsschutzmaßnahmen - Gestaltung von Software")
  - Farbgebung von Maschinen und Anlagen: farbliche Abhebung wichtiger Elemente der Maschinen/Anlagen, zum Beispiel Bedienteile oder Not-Halt-Stellteile, vom Hintergrund (Kontrastverhältnis maximieren) (vergleiche auch DIN EN 61310-1/VDE 0113-101, DIN 2403)

Näheres zur Farbgestaltung im Abschnitt "Arbeitsschutzmaßnahmen - Gestaltung von Software".

Verständlichkeit und Unterscheidbarkeit von Informationen

Die Informationen müssen verständlich und voneinander unterscheidbar sein.

Gefahrensignale

Kriterien für Gefahrensignale (Warnsignale, Notsignale):

- Gefahrensignale müssen eindeutig sein
- Gefahrensignale müssen deutlich von anderen Signalen und voneinander unterscheidbar sein - nach Möglichkeit Kopplung von zwei Wahrnehmungskanälen (Zwei-Kanal-Prinzip)
- Gestaltungsempfehlungen zur Lichtfarbe:
  - Warnsignal: gelb oder rot, je nach Dringlichkeit
  - Notsignal: rot; wenn gleichzeitig Warnsignal rot auftritt Anforderungen an Notsignal gemäß DIN EN 842:
    - mindestens doppelte Intensität
    - Blinken
    - Verdopplung in der gleichen Signaleinrichtung
    - nach Möglichkeit Kopplung mit akustischen Signalen
- Gestaltungsempfehlungen zur Anordnung:
  - relative Position der Leuchte, wenn mehrere Signalleuchten in einer Signalrichtung angeordnet sind:
    - rotes Signal über gelbem Signal anordnen
    - zwei rote Signale horizontal anordnen

(vergleiche auch DIN EN 981, DIN EN ISO 7731, DIN EN 842, DIN 33404-3)

Sinnfälligkeit bei der Anzeige von Informationen

Die Sinnfälligkeit zwischen der Gestaltung von Anzeigen und erwarteter Information muss ausreichend sein, so dass der Decodierungsaufwand bei der Informationsverarbeitung gering ist [3], siehe z.B. Abbildung 8.6-2.

Anordnung von Stellteilen

Die Anordnung von Stellteilen muss den Handhabungsanforderungen entsprechen:

- häufig zu betätigende sowie von ihrer Funktion her wichtige Stellteile (z. B. NOT-AUS-Schalter) innerhalb des zentralen Greifraumes bzw. Fußraumes anordnen

– Stellteile, die entweder in ihrer Funktion (z. B. alle Ventile) oder im Ablauf (z. B. Inbetriebnahme eines Motors) zusammengehören, in Gruppen anordnen
– bei Mehrmaschinenbedienung einheitliche Anordnung von Funktionen in den Bedienfeldern und in den Anzeigedisplays der zu bedienenden Maschinen anstreben

(vergleiche DIN EN ISO 6682, DIN EN 894-3, DIN EN 61310-3/VDE 0113-103, [4])

Kennzeichnung der Stellgrößen

Die zu verstellende Größe sowie die jeweilige Einstellung müssen eindeutig erkennbar und verständlich sein:
– Kennzeichnung der Stellgröße durch Form, Größe, Oberflächenstruktur, Lage, Beschriftung, Farbe und Bildzeichen
– Kennzeichnung der Einstellung durch Lage, Zeiger, Skalen bzw. Weganfangs- und -endmarken, Stellwiderstand, zusätzliche optische und akustische Signale

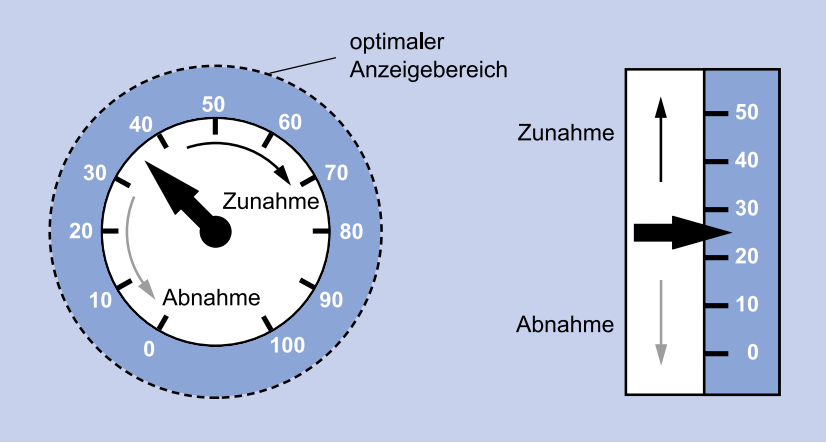


Abbildung 8.6-2. Sinnfällige Zuordnung von Zeigerbewegung zu Funktionsänderung bei Anzeigen mit fester Skala und bewegtem Zeiger [3]

Tab. 8.6 – 3 Eignung gebräuchlicher Analog- und Digitalanzeigen [7]

		Analoganzeigen				Digitalanzeigen		
Bezeichnung		Rund-skalen-anzeige	Sektor-skalen-anzeige	Lanfeld-skalen-anzeige	Fester-skalen-anzeige	Leucht-balken-anzeige	eletron. Ziffer-nazeige	Bild-schirm
aktives Element		Zeiger	Zeiger	Zeiger	Skala	Balken	Ziffer	Zeichen
Abbildung								
Auswahlkriterien	sicheres Ablesen	+	+	0	+	+	++	++
	qualitatives Ablesen	+	+	+	-	+	-	-
	quanti-tatives Ablesen	++	+	0	-	+	++	++
	Vergleichen von Anzei-gen	0	0	+	0	++	0	+
	Einstellen von Werten	+	+	+	--	+	++	++
	Regeln	+	+	0	--	++	-	-

-- ungeeignet
- bedingt geeignet
0 geeignet
+ gut geeignet
++ sehr gut geeignet

Sicherheitskritische Prozessmerkmale

Sicherheitskritische Prozessmerkmale sollten den Beschäftigten in ihrer Bedeutung und hinsichtlich der erforderlichen Handlungen besonders erläutert werden (zum Beispiel Gerüche, Beschleunigungen, Schwingungen als Anzeichen von Überlastung von Maschinen oder von undichten Rohrleitungen).

Rechner-Hardware: Bildschirm

Als besondere Schnittstelle wird nachfolgend die Rechner-Hardware betrachtet. Sie findet sich nicht nur an klassischen Bildschirmarbeitsplätzen in herkömmlichen Büros, sondern in vielen anderen Arbeitsbereichen, zum Beispiel an CNC-Maschinen, an medizinischen Geräten wie CT und MRT, zur Prozessüberwachung und -steuerung und so weiter.

Bildschirmgröße

Bei Flachbildschirmen (LCD oder LED) entspricht die sichtbare Bildschirmdiagonale der angegebenen. Daher dürfen LCD-Monitore bis zu 2 Zoll kleiner sein (siehe Abschnitt Bildschirmgehäuse).

Die Bildschirmgröße ist in Abhängigkeit von der zu bearbeitenden Aufgabe zu wählen. Beispielsweise wird empfohlen, für Schreibarbeiten in bedeutendem Umfang, Monitore zu verwenden, welche DIN A4 Seiten in 100% als ganze Seite darstellen können. Bei Monitoren kleiner 27 Zoll kann dies auch durch Verdrehen des Monitors auf Hochformat erreicht werden. Hierfür empfiehlt es sich, einen zweiten Monitor am Arbeitsplatz bereitzustellen (siehe DGUV Information 215-410).

Schriftgröße

Die Schriftgröße dem Sehabstand (mindestens 50 cm) zum Bildschirm anpassen:

Die Zeichenhöhe (Großbuchstaben ohne Oberlänge) sollte einem Sehwinkel von mindestens 22 Bogenminuten (Erkennbarkeit) und max. 31 Bogenminuten (flüssiges Lesen) entsprechen. Bei angenommener Zeichenhöhe von 27 Bogenminuten ergibt sich eine Näherung von:

Zeichenhöhe = Sehabstand x 8
(in mm) (in m)

Die ausreichende Schriftgröße darf nicht über die Auflösung des Monitors erreicht werden, sondern sollte über die Software einstellbar sein (entweder Betriebssystem oder programmspezifisch).

Die Verwendung einer Lupenfunktion ist nicht für das kontinuierliche Arbeiten empfohlen, sondern nur in Ausnahmen oder bei entsprechenden Sehbehinderungen zu verwenden.

Farbverschiebungen, Verzerrungen

Mittels Farbtemperaturauswahl kann das dargestellte Farbspektrum nach Rot oder Blau verschoben werden. Die Farbtemperatur des Monitors sollte eine natürliche Farbwiedergabe ermöglichen.

– Farbbildschirme mit CRT-Technologie weisen zudem oft Konvergenzfehler (Farbverschiebungen, farbige Ränder) und Linearitätsfehler (Verzerrungen) auf, die die Zeichenschärfe negativ beeinflussen (siehe Abschnitt "Arbeitsschutzmaßnahmen - Gestaltung von Software").

Flimmern

LCD Geräte sind aufgrund ihrer technisch-baulichen Eigenschaften immer flimmerfrei.

– Bei CRT-Geräten ist die Flimmerfreiheit durch geeignete Bildschirmauflösung und Bildwiederholfrequenz zu erreichen. Nach der DGUV Information 215-410 ist dazu eine Bildwiederholfrequenz von mindestens 100 Hz empfehlenswert, 85 Hz sollten nicht unterschritten werden.

Besonderheiten von Flachbildschirmen

Bei Flachbildschirmen auf Folgendes achten:

– Aktivmatrixbildschirme (TFT) verwenden, die Nachleuchtspuren (ghosting) und die dadurch verursachte schlechte Erkennbarkeit von Zeichen konstruktionsbedingt reduzieren
– Je nach Anwendungsfall sollte auf eine geringe Reaktionszeit geachtet werden, um bei schnellen Bildwechseln das Verwischen von Bildelementen zu vermeiden (ghosting).
– Geräte wählen, bei denen die Bildgüte nicht oder nur gering vom Blickwinkel beeinflusst wird (horizontal und vertikal)
– Nur die native Auflösung verwenden, da Zeichen sonst unscharf werden. Diese Unschärfe führt zu ständigen Akkomodationen der Augen und trägt somit zur Erhöhung der visuellen Belastung bei.
– bei hochauflösenden Monitoren auf ausreichende Zeichengröße achten (Zeichengröße nicht über Auflösung einstellen, sondern über Auswahl größerer Zeichendarstellung mittels Software)
– Bildschirmhelligkeit nicht zu hoch wählen (Kontrastverhältnis zwischen Bildschirmhintergrund und Bildschirm zwischen 1/3 bis 1/10, siehe DIN 5035-7)
– geeignete Farbtemperatur wählen, um Natürlichkeit der Farbwiedergabe zu unterstützen
– Monitore bevorzugt mit höhenverstellbarem und neigbarem Stand wählen

Besonderheiten von CRT-Monitoren

Bei CRT-Geräten auf Folgendes achten:

– hohe Bildstabilität (kein Zittern, kein Springen von Bildpunkten)
– gute Zeichengeometrie auf dem gesamten Bildschirm und insbesondere in den Eckbereichen

Entspiegelung

– bei Flachbildschirmen Modelle ohne glänzende Vorsatzscheiben wählen (z. B: High Gloss LCD, Ultra Bright LCD, usw.)
– glänzende oder spiegelnde Stellen des Bildschirmgehäuses vermeiden (vor allem des sichtbaren Rahmens)
– regelmäßige Reinigung der Bildschirmoberfläche durchführen
– Gleiches gilt für CRT-Modelle, bei Büroanwendungen nur Bildschirme der Klasse-1-Entspiegelung verwenden

(vergleiche Normenreihe DIN EN ISO 9241 Teile 300, 302-307)

Nicht zu empfehlen:
- aufgeraute Oberflächen verringern Zeichenschärfe und Kontrast
- Polarisationsfilter vor dem Bildschirm führen zu Doppelbildern
- feine Gitter (Micromesh-Filter) vermindern die Leuchtdichte

Spiegelungen und Blendungen werden durch richtige Aufstellung des Bildschirms und Beleuchtung am Arbeitsplatz (siehe Abschnitt "Beleuchtung, Licht") vermieden. Dabei sollten
- die Blickrichtung parallel zur Fensterfläche und zur künstlichen Beleuchtung verlaufen,
- Tageslicht und künstliche Beleuchtung seitlich auf die Arbeitsfläche fallen,
- die Beleuchtungsstärken und Kontrastverhältnisse am Arbeitsplatz beachtet werden,
- der Sehabstand entsprechend den obigen Empfehlungen eingehalten werden,
- die Bildschirmpositionierung der Körperhaltung des Nutzers angepasst sein (siehe Abschnitt Zwangshaltungen),

(vergleiche ArbStättV Anhang 6, DIN 5035-7, DIN EN ISO 9241 Teile 300 bis 307)

Positionierung des Bildschirms

Bei häufiger Nutzung sollte der Bildschirm im Blickfeld stehen (direkter Blick auf den Monitor, ohne den Kopf drehen zu müssen). Wird der Bildschirm nur gelegentlich genutzt, kann er auch am Rande des Blickfeldes (Blickwinkel maximal 15° nach rechts oder links) platziert werden. Hier sind oftmals Ständer oder Bildschirmschwenkarme nützlich (vgl. DIN EN ISO 9241-5, DGUV Information 215-410).

Vorlagenhalter

Wenn Vorlagenhalter zur Vermeidung von ermüdender Arbeitshaltung hilfreich sind, sollten diese folgenden Kriterien entsprechen:
- ausreichend groß und stabil, entsprechend den verwendeten Vorlagen
- in Höhe und Neigung verstellbar
- freie Anordnung auf der Arbeitsfläche ermöglichen
- reflexionsarm
- Sehentfernung Vorlage-Auge entspricht Bildschirm-Auge
- zusätzlich Papierklemmen und Zeilenlineal verwenden

Vergleiche DGUV Information 215-410

Strahlung

LCD-Geräte emittieren aufgrund des technischen Funktionsprinzips keine ionisierende Strahlung.

Kriterien für strahlungsarme CRT-Bildschirme:
- CRT-Geräte wählen, die strahlungsarm entsprechend schwedischer Grenzwerte nach MRP II sind, vergleiche ArbStättV Anhang 6, StrlSchV, RöV, EMVG, DIN EN ISO 9241 Teile 6, 300-307, DGUV Vorschrift 16, DGUV Regel 103-014, DGUVInformation 215-410

Vorteile von Flachbildschirmen
- flimmerfrei mit (Aktivmatrix-)TFT-Technologie
- platzsparend empfohlener Sehabstand und Hand- und Unterarmauflage einhaltbar, flexibles Positionieren möglich
- geringes Gewicht
- stromsparend
- geringe Wärmeentwicklung durch niedrigen Energieverbrauch
- scharfes und kontrastreiches Bild
- keine Verzerrungen in den Bildschirmecken
- nur geringe Reflexionen (wenn es sich nicht um ein Multimedia- bzw. Hochglanzdisplay handelt) weniger ermüdend

Nachteile von Flachbildschirmen
- eingeschränkter Ablesewinkel für gute Bildqualität (bei günstigeren Geräten)

– bei älteren Modellen: längere Reaktionszeit / Nachleuchtspuren (ghosting)
– bauartbedingt nur eine optimale (native) Bildauflösung (bei häufigem Wechsel der Auflösungen nicht empfehlenswert)

Gestaltung des Bildschirmgehäuses

– halb- bis seidenmatt und beige bis kieselgrau (geringe Kontraste im Blickfeld)
– keine scharfen Ecken und Kanten, um Verletzungen auszuschließen
– frei und leicht dreh- und neigbar, um optimales Sehen ohne Reflexe und Zwangshaltungen zu ermöglichen (ohne Kraftaufwand; Neigbarkeit von 5° nach vorn bis mindestens 20° nach hinten)
– Schwenkarme oder Spezialfuß (bei Flachbildschirmen) für Höhenverstellung müssen standsicher, vibrationsfrei und sollten arretierbar sein
– Bildschirme nicht zu hoch stehend, der Blick sollte leicht gesenkt sein (oberste Zeichenzeile unterhalb der Augenhöhe)

Pivot-Funktion

Drehbare Flachbildschirme (um 90°) ermöglichen die Darstellung einer DIN A4 Seite im Hochformat (Pivot-Funktion) und sind somit vorteilhaft für die Textverarbeitung.

Rechner-Hardware: mobile Endgeräte (Notebooks, Netbooks, Convertibles, Tablets, Smartphones, etc.)

Touchdisplays

Viele moderne mobile Endgeräte sind mit Touchfunktionen ausgerüstet. Die Verwendung von Touchdisplays mit oder ohne Stift (Pen), Multitouch, etc. kann eine ergonomisch sinnvolle Ergänzung stationärer oder mobiler Arbeitsplätze darstellen. Bei der Verwendung von Touchdisplays mit oder ohne Stift im Rahmen einer dauerhaften, wiederkehrenden und nicht untergeordneten Verwendung wird eine Trennung von Bildschirm und alternativem Eingabegerät (Touchdisplay) empfohlen.

Touchdisplays sind nur für ausgewählte Tätigkeiten zu empfehlen. Sie sind verschmutzungsanfällig oder bei der Verwendung von persönlicher Schutzausrüstung nur eingeschränkt verwendbar.
Bei der Auswahl sind z. B. zu beachten:

– der Arbeitsaufgabe angemessene Displaygröße und Interaktionsform wählen (filigraner Stift und Handschuhe)
– verschmutzungsanfällig
– im Außeneinsatz können Reflexblendung und mangelnde Helligkeit die Handhabung erschweren
– Gefahr zusätzlicher Belastungen/Zwangshaltungen durch Gewicht und Bedienung vor allem handgehaltener Touchdisplays
– Sperrung der Eingabe über Touchdisplay, um Fehlbedienungen oder versehentliche Eingabe zu vermeiden
– ältere Systeme haben Probleme bei der Erkennung der Handschrift und mit der Sensibilität in den Bildschirmecken
– für flexiblen Einsatz ist neben der Erkennung der Handschrift eine virtuelle Tastatur empfehlenswert
– sensumotorische Rückmeldungen (z. B. leichte Vibrationen) kann Zwei-Kanal-Prinzip (visuell, akustisch) ergänzen

Für die dauerhafte, wiederkehrende und nicht untergeordnete Benutzung an festen Arbeitsplätzen sind mobile Endgeräte ohne Zusatzausstattung nicht geeignet. Dies gilt auch für Telearbeit.

(vergleiche Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) Anhang 6 und Hinweis zu deren Auslegung)

Erforderliche Zusatzausstattung

– Notebookständer ohne integrierte Tastatur mit flexibler Höheneinstellung für eine optimale Körper- und Kopfhaltung; geeignet zur Nutzung ohne externen Monitor, wenn die LCD-Anzeige des Endgerätes ausreichend groß ist (siehe Abschnitt Monitor)
– Docking-Station als Ladestation oder zum Anschluss an ein Netzwerk, von Peripherie (wie Bildschirme, Drucker, Tastatur, Maus und so weiter)
– getrennt aufstellbarer, ausreichend großer Bildschirm bei kleinen LCD-Anzeigen, um unnötige Belastungen z.B. der Augen oder Fehlhaltungen zu vermeiden
– getrennt und frei aufstellbare Tastatur und Maus - ausreichend Platz zur Aufstellung der Peripherie

– für rückenschonenden Transport: Notebooktrolleys und -rucksäcke für schwere Notebooks (> 3 kg), Notebooktaschen nur für kurze Wege

(vergleiche ArbStättV Anhang 6, DIN EN ISO 9241 Teile 400, 410 und 420, DIN 2137 Teil 1 und 2, DGUV Information 215-410)

Rechner-Hardware: Drucker, Kopierer, Scanner, Faxgeräte, Multifunktionsgeräte

Anforderungen

Alle Geräte sollten
- günstigerweise nicht am Arbeitstisch stehen, sondern in einem separaten, gut durchgelüfteten Raum (Schutz vor Lärm, Papierstaub, Tonerpartikel und Ozon und Forderung der Bewegung am Arbeitsplatz)
- von vorn zu bedienen sein (Ein-Aus-Schaltung, Papiereinzug und so weiter)
- ein mattes bis seidenmattes helles Gehäuse besitzen (Reflexionsgrad: 20-50%)
- auch für Recyclingpapier verwendbar sein (Prüfsiegel "Blauer Engel")
- lärmarm sein (< 30 dB(A) im Standby, maximal 63 dB(A)), zum Beispiel S/W-Laserdrucker, keine Matrixdrucker (gegebenenfalls nur mit Schallschutzhaube)
- hinsichtlich Emissionen, Verbrauch, Geräuschentwicklung (im eingeschalteten Zustand und beim Ausdrucken), Energieverbrauch (Wärmeentwicklung beachten) und Tonerverbrauch schon bei der Beschaffung begutachtet werden
- ein Prüfsiegel (Blauer Engel, BG PRÜFZERT, Eco-Kreis) besitzen (siehe "Prüfzeichen")
- regelmäßig von Fachpersonal gewartet und ordnungsgemäß bedient werden

Weitere Kriterien:
- geschulte Mitarbeiter mit Wechsel der Tonerkartuschen und Beseitigung kleiner Störungen betrauen
- geschlossene Tonersysteme verwenden
- Betriebsanweisung erstellen und Mitarbeiter unterweisen

(vergleiche ArbStättV Anhang 6, Anhang Nr. 17, ArbStättV Anhang 3.7, 2002/96/EG, Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten (ElektroG), DIN EN ISO 7779, DIN 33870-1, [8])

Rechner-Eingabe: Tastatur

Unergonomische Arbeitshaltungen vermeiden

Zur Vermeidung ergonomisch ungünstiger Arbeitshaltungen oder Zwangshaltungen sollte die Tastatur
- getrennt vom Bildschirm aufstellbar und frei anzuordnen sein,
- neigbar sein,
- eine Bauhöhe von höchstens 30 mm aufweisen (gemessen an der mittleren Tastenreihe),
- die Möglichkeit zur Handauflage mit einer Tiefe von 50 bis 100 mm bestehen,
- um eine zusätzliche Handgelenkauflage (zum Beispiel Gel) ergänzt werden.

Technische Anforderungen an die Tastatur

Um ein fehlerfreies und ergonomisches Betätigen der Tastatur zu gewährleisten, sollte
- die Tastatur rutschfest und standsicher sein,
- die Beschriftung der Tastatur der Anzeigenart entsprechen, das heißt Positivdarstellung ist zu empfehlen,
- die Beschriftung abriebfest sein,
- die Tastatur einen Reflexionsgrad von 20 bis 50 % aufweisen (reflexionsarme Oberfläche),
- der Tastenbetätigungsdruck bei 0,25 bis 1,5 N liegen,
- die Form der Tasten konkav sein, um die Griffigkeit zu erhöhen,
- der Tastenhub zwischen 2 und 4 mm liegen und einen eindeutigen Druckpunkt aufweisen,
- der Durchmesser der Tasten bei 12 bis 15 mm liegen,
- möglichst das Zehn-Finger-System genutzt werden,
- der Buchstabenbereich deutlich vom numerischen und dem Sonderfunktionsbereich getrennt sein,
- häufig benutze Tasten für Eingabe (Return), Rückwärtslöschen und Hochstellen (Shift) größer gestaltet sein,
- häufiger eine Betätigungspause eingelegt und Schreibgeschwindigkeit auch mal reduziert werden.

(vergleiche DIN 2137 Teile 1 und 2, DIN EN ISO 9241 Teile 400, 410, 420, DGUV Information 215-410)

Rechner-Eingabe: Maus

Anatomische Anpassung

Die Maus sollte der Anatomie der Hand angepasst sein, das heißt
- zum Handballen rund geformt, Mausoberseite in der Mitte gewölbt und der Größe der gewölbten Hand entsprechend
- zu den Fingern hin breiter auslaufend, so dass Finger gespreizt werden können
- vordere Maushälfte niedriger als hintere
- bei älteren Modellen, Platzierung der Rollkugel im vorderen unteren Gehäusebereich für bessere Feinmotorik
- Maustasten sollten leicht zu erreichen und ohne Kraftaufwand zu bedienen sein
- Handgelenk darf nicht bei der Bedienung verdreht werden müssen und nicht auf Tischkante drücken
- Unterscheidung nach Rechts- und Linkshändern

Anordnung der Maus
- neben der Tastatur möglichst körpernah zum Vermeiden von angespannten Haltungen und Belastungen im Arm-Schulter-Bereich
- Unterarm am besten ganz auf Arbeitstisch aufliegend
- Kabel zwischen Maus und Rechner ausreichend lang, um Bewegungen nicht einzuschränken
- optimal: optische Funkmäuse kein Kabel, prompte Reaktion, kaum Reinigung und je nach Untergrund kein Mousepad notwendig
- Mousepad
  - guter Kontakt zwischen Maus und Unterlage ermöglichend
  - rutschfest, damit Kontrolle nicht verloren geht
  - nicht zu spröde, sonst erheblicher Kraftaufwand
  - nicht zu dick und nicht aus Oberflächenmaterialien, die sich kalt anfühlen

Anwendung der Maus
- Geschwindigkeitsregelungen und Einstellungsmöglichkeiten der Treiber-Software nutzen
  ausladende Bewegungen für Cursorbewegung über Bildschirm vermeiden
- Doppelklick weitgehend vermeiden (Klicksparfunktion im Treiber)
- Tastenkombinationen (Shortcuts) nutzen, zum Beispiel STRG + S für Speichern unter Word
- zwischen den Eingabegeräten Maus und Tastatur wechseln
- Hände nur an der Maus, wenn nötig
- kleine Pausen einlegen

Auch die Verwendung alternativer Eingabegeräte wie vertikale Maus, Trackball, Joystick, Tablett und Stift, Touchpad oder Pointer sollten den ergonomischen Anforderungen genügen.
(vergleiche DIN EN ISO 9241 Teile 400, 410 und 420, DGUV Information 215-410)

Rechner-Eingabe: Spracheingabe

Alternativ zu Tastatur und Maus können Bedienung und Informationseingabe am Computer mittels Spracheingabe erfolgen. Spracheingabesysteme zählen als Software, benötigen aber ein Mikrofon zur akustischen Befehlsgabe. Mittels dieser Technologie können Zwangshaltungen im Zusammenhang mit Tastatur und Maus vermieden werden.

Spracheingabesoftware kann neben der alleinigen Verwendung auch parallel zu Maus und Tastatur benutzt werden. Die größtenteils eingesetzte benutzerabhängige Spracheingabe muss vom Benutzer trainiert werden bevor sie verwendet werden kann. Potenzielle Verständigungsschwierigkeiten zwischen Software und Benutzer in der ersten Zeit der Benutzung können eine zusätzliche Belastung darstellen.

(vergleiche DIN EN ISO 9241-154)

Rechner-Hardware: Beschaffung und Entsorgung von Hardware

Beschaffung und Entsorgung

Zu beachtende Aspekte:

- Auswahl nach angestrebtem Einsatzzweck, zum Beispiel:
  - Arbeiten mit Texten und kleinen Datenmengen: kleinere Rechner weniger Energieverbrauch
  - Arbeiten mit Grafiken, Internet und großen Datenmengen: leistungsstarke Rechner und Anbindung

(vergleiche [9], [10], [11], [21], [22])

- einfaches und preiswertes Nachrüsten der Leistung durch den Anwender möglich Erhöhung der Lebensdauer
  - Prüfsiegel und/oder Umweltzeichen (siehe Tabelle 8.6-4)
  - Rücknahme des Altgerätes durch Hersteller oder Spende an gemeinnützige Einrichtungen (zum Beispiel Schulen, Vereine) schon bei der Beschaffung berücksichtigen
  - Multifunktionsgeräte anstatt vieler Einzelgeräte

Prüfzeichen

Prüfzeichen erteilen Auskunft über bestimmte Qualitätskriterien wie Strahlungsarmut, Ergonomie, Umweltverträglichkeit und so weiter (siehe auch Tabelle 8.6-4 Teil 1 und Teil 2)

Geräte weisen elektrische Sicherheit auf, wenn sie folgende Prüfzeichen haben und die Prüffristen eingehalten werden: GS, VDE, BG PRÜFZERT oder ENEC.

Während das CE-Zeichen in den europäischen Richtlinien für alle Geräte vorgeschrieben ist, gibt es zahlreiche freiwillige (private) Prüfzeichen.

(vergleiche 93/68/EWG, 2014/30/EU, 2006/95/EG, Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV), DGUV Vorschrift 3)

Tab. 8.6 – 4 Übersicht über die häufigsten privaten Prüfzeichen im Bereich Bildschirmarbeit, Stand 2008, [12], Teil 1

Zeichen	**TCO '99** gültig bis Ende 2008	**TCO '01**	**TCO '03** zuletzt ange-passt 2005	**TCO '04** Office Furniture		**TCO '05** Desk-tops	**TCO '05** Note-books	**TCO '06** Media Displays
Produktgruppen	CRT-/Flachbildschirme, Tastaturen, Drucker, Desk-top-/tragbare Computer	Mobiltelefone	CRT-/Flachbildschirme	Bürostühle	Steh-Sitz-Tische, elektrisch höhenverstellbar	Desktop-Computer	tragbare Computer	Multimedia-Bildschirme (gilt auch für Fernsehgeräte)
visuelle Ergonomie	üQ	bhQ	hQ			hQ	hQ	bhQ
Nutzungsergonomie	üQ	bhQ	hQ	hQ	hQ	hQ	hQ	hQ
Emissionen								
elektrische Felder	hQ	hQ SAR-Wert	hQ		hQ	hQ	hQ	hQ
magnetische Felder	hQ	hQ TCP-Wert	hQ		hQ	hQ	hQ	hQ
Geräusch	hQ		hQ		hQ	hQ	hQ	hQ
stoffliche Emissionen	hQ	hQ	hQ	hQ	hQ	hQ	hQ	hQ
Ökologie								
Umweltzertifizierung	hQ		hQ	hQ	hQ	hQ	hQ	hQ
Recycling-freundlichkeit	hQ	hQ	hQ		hQ	hQ	hQ	hQ
elektrische Sicherheit	hQ		hQ		hQ	hQ	hQ	
Energieverbrauch	üQ		hQ Ener-gy-Star			hQ Ener-gy-Star	hQ Ener-gy-Star	
Benutzerinformation	hQ	hQ	hQ			hQ	hQ	hQ
spezifische Aspekte	gerätespezifische Anforderungen an Drucker und Tastaturen	körpernahe Materialeigen-schaften, Anforderungen an Zubehör		körpernahe Materialeigen-schaften, Wartung, Körperhaltung		Produktangaben		hohe Qualität bei Farbwieder-gabe und bewegten Bildern

üQ – üblicher Qualitätsanspruch
hQ – hoher Qualitätsanspruch
bhQ – besonders hoher Qualitätsanspruch

Tab. 8.6 – 4 Übersicht über die häufigsten privaten Prüfzeichen im Bereich Bildschirmarbeit, Stand 2008, [12], Teil 2

Zeichen	**TCO '07** gültig bis Ende 2008	**BG-Prüfzert**	**TÜV Ergono-mie geprüft**	**TÜV ECO-Kreis 2006**	**Blauer Engel**	**Energy Star**	**Eco-Label/ Euro-Blume**
Produktgruppen	Headsets	Steh-/Sitzarbeitstische, Büroarbeitstische, Arbeitsflächen	Bildschirme, Bürostühle, höhenverstellbare Bürotische (sowie Software)	Bildschirme, Drucker, Faxgeräte, Notebooks, PCs	Drucker, Kopierer, Multi - funktionsgeräte,Bildschirme, Tastaturen, Computer	Computer (diverse Arten), Bildschirme, bildgebende Systeme	Computer, tragbare Computer
visuelle Ergonomie		hQ	hQ	hQ	üQ Tastaturen		
Nutzungsergonomie	bhQ	hQ	bhQ	hQ	üQ ISO 9241-4		
Emissionen							
elektrische Felder	hQ		hQ	hQ	hQ TCO '03		
magnetische Felder	hQ	hQ	hQ	hQ	hQ Bildschirme		hQ
Geräusch		hQ	hQ	hQ	hQ		bhQ
stoffliche Emisionen				hQ	bhQ		bhQ
Ökologie							
Umweltzertifizierung				hQ			
Recycling-freundlichkeit				hQ	bhQ		bhQ
elektrische Sicher-heit		hQ		hQ			
Energieverbrauch	bhQ			bhQ Blauer Engel	bhQ	hQ	bhQ
Benutzerinformation	hQ	hQ	hQ	hQ	hQ	hQ	bhQ
spezifische Aspekte	Spezif. akust. Merkmale, neuester EU-Energiestandard	Basis neben DIN EN 527 Teile 1–3 insbesondere DIN-Fachbericht 147	Sitzergonomie Container, CAD-Arbeitstische	Aufrüstbarkeit bei Druckern, Zertifikat kann aktualisiert werden	Anforderungen an Toner und Tinten inkl. Behälter, Wartung, Verpackung	detaillierte Anforderungen und Prüfbestimmungen, Benutzer-information	der gesamte Lebenszyklus wird berücksichtigt

üQ – üblicher Qualitätsanspruch
hQ – hoher Qualitätsanspruch
bhQ – besonders hoher Qualitätsanspruch

8.6.5 Arbeitsschutzmaßnahmen - Gestaltung von Software

Allgemeine Gestaltungsempfehlungen

Software ist die Gesamtheit von Informationen, die man der Hardware hinzufügen muss, damit ein softwaregesteuertes Gerät (Hardware) für ein definiertes Aufgabenspektrum nutzbar wird [19]. Die Software gestaltet zur Funktion der Hardware insbesondere die Dialog- bzw. Benutzerführung und somit auch die Informationsdarstellung bzw. die Anzeige. Insofern sind neben den bereits beschriebenen Anforderungen an Anzeigen (siehe Abschnitt "Arbeitsschutzmaßnahmen - Gestaltung von Hardware") zusätzlich die folgenden Empfehlungen zu geben.

Bewertung vornehmen

Um eine Software ausreichend bewerten und anschließend eventuell eine Entscheidung zur Beschaffung treffen zu können, bieten sich unter anderem Fragebögen an [13] und [14].

Für die Gestaltung von Webanwendungen und Multimedia gibt es ebenfalls Gestaltungskriterien, die an dieser Stelle nicht erfasst sind [13].

Barrierefreiheit/Zugänglichkeit (Accessibility)

Barrierefreie Software und barrierefreies Internet zeichnen sich dadurch aus, dass sie für eine möglichst weit gefasste Gruppe von in der allgemein üblichen Weise ohne besondere Erschwernis und grundsätzlich ohne fremde Hilfe zugänglich und nutzbar sind (siehe §4 BGG). Barrieren betreffen den gesamten Bereich der menschlichen Fähigkeiten und beschränken sich nicht nur auf Benutzer, die formal als behindert gelten (zum Beispiel siehe demografischer Wandel). Trotz der Barrieren soll ein hohes Ausmaß an Effektivität, Effizienz und Zufriedenstellung erreicht werden.

Wichtige Ansätze zur Verbesserung der Zugänglichkeit:
- Anwendung eines benutzerorientierten Ansatzes bei der Gestaltung
- Befolgen eines kontextbasierten Gestaltungsprozesses, das heißt Betrachtung der Arbeitsaufgabe, des Menschen, der Arbeitsmittel und der Umgebung bei der Gestaltung
- Vorsehen von Möglichkeiten zur Individualisierung (individueller Anpassung) (siehe DIN EN ISO 9241-110)
- Angebot von auf den individuellen Benutzer zugeschnittenen Anweisungen und Schulungen

(vergleiche DIN EN ISO 9241-171 und [15])

Visuelle Softwaregestaltung

Für die Informationsdarstellung sind zuerst fachliche Überlegungen unter Beteiligung der späteren Nutzer, bezogen auf die gesamte Software/Anwendung, notwendig:
- Welches mentales Modell des Prozesses ist für die Informationsdarstellung zu beachten?
- Welche Daten gehören zusammen?
- Welche Daten gehören in welche Reihenfolge?
- Welche Daten gehören zu welchen Vorgängen?
- Gibt es vorgangsübergreifende Daten und Ähnliches?
- Welche Daten sind Kerndaten, welche Zusatzinformationen?
- Welche Aufteilung innerhalb der Fenster?

Faustregeln:
- Gruppen von Datenblöcken bilden
- einheitliche Unterteilung des gesamten Bildschirms in Arbeitsinformationen, Status- beziehungsweise Systeminformationen und Steuerungsinformationen
- durchschnittliche Aufmerksamkeitsverteilung am Bildschirm in Abhängigkeit der Leserichtung beachten
- Bündigkeit als Gestaltungsprinzip benutzen (Zahlen linksbündig; Spaltenüberschriften wie Spalteninhalt)
- max. 30 bis 40% des zur Verfügung stehenden Platzes sinnvoll nutzen: so viel Information wie möglich und so viel wie nötig unterbringen
- pixelgenau arbeiten, aber relativ zur Auflösung: Gestaltungsraster für Masken erstellen mit Abständen (zu Rändern, der Elemente untereinander), damit Umbrechung des Inhalts und Anordnung der Struktur auflösungsunabhängig erfolgt

– sparsame Kodierungen (zum Beispiel Farbe, Fettschrift, Helligkeit, Form, Umrandung, Gestalt, Blinken, Feldinvertierung)
– Zahlen gliedern: numerische Zahlen mit mehr als 4 Ziffern in 2er-, 3er- oder 4er-Gruppen gliedern (zum Beispiel 66 234), Ausnahme: Postleitzahlen als 5er-Gruppe und Bankleitzahlen (zum Beispiel 250 100 30)
– bei Auflistung von Gegenständen, Eigenschaften und so weiter vorzugsweise Ziffern wählen
– Bezeichnungen einheitlich verwenden und positionieren, möglichst kurze Wörter
– Anwendung eines Styleguides als Qualitätssicherungsinstrument empfohlen, in dem Gestaltungsentscheidungen festgelegt sind

(vergleiche DIN EN ISO 9241-112 und -125)

Tastatursteuerung

Routinetätigkeiten sollten über die Tastatur gesteuert werden, um physiologische Belastungen ("Mausarm") zu minimieren.

Tastatursteuerung (Abbildung 8.6-3) möglich über:
– Zugriffstasten (Mnemonic) für alle Menüeinträge, Toolbar und Pushbuttons (zum Beispiel führt das Drücken der Taste "N" bei geöffnetem Kontextmenü "Datei" zum Ausführen des Befehls "Neu")
– Schnelltasten (Accelerator-Keys oder Shortcuts) nur in Pull down-Kaskadenmenüs (zum Beispiel Strg + C)

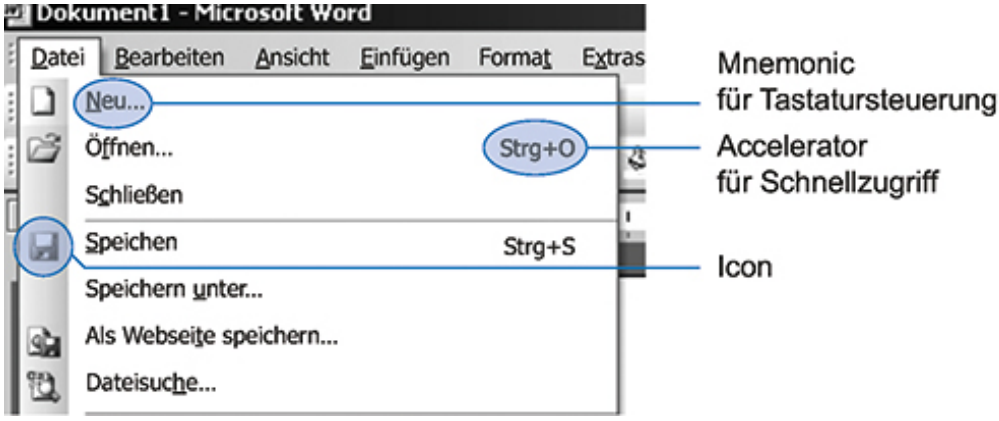


Abbildung 8.6-3. Tastatursteuerung über Zugriffstasten und Schnelltasten (in Anlehnung an [14]

Gestaltung der Grafischen Benutzungsoberfläche

Grafische Benutzungsoberflächen

Die grafische Benutzungsoberfläche (auch GUI: graphical user interface) ist für die visuelle Kommunikation von Informationen und Verhalten der Soft- oder Hardware essentiell. Die Elemente des GUI sind Interaktionsobjekte (z. B. Schaltflächen, Bildlaufleisten, Listen, Diagramme, Ein-/Ausgabefelder) und sollten somit erwartungskonform verwendet und zugänglich gestaltet werden. Das schließt z. B. eine schnelle visuelle Informationsaufnahme (wie Vergleich von Ist- und Sollwert) ein.

Da Benutzungsoberflächen softwarespezifisch sind, ist es wichtig, dass diese auch auf verschiedenen Endgeräten (meistens mit geringerer Auflösung als ein Standardmonitor) oder in anderen Darstellungsformen gut wahrnehmbar sind.

Für detaillierte Informationen siehe BITV; DIN EN ISO 9241 Teile 13 bis 16, 20, 110, 112, 125, 143, 151 und 171. Regeln für die Anwendung in [13] und [16].

Gestaltungsprinzipien

Zur belastungsarmen Gestaltung von GUIs sollten folgende Prinzipien Berücksichtigung finden:
– Benutzung visueller Eigenschaften um Objekte zu gruppieren und um eine klare Hierarchie zu erzeugen
– auf jeder Organisationsebene der Software vergleichbare visuelle Strukturen (und Informationsfluss) darstellen
– kontinuierliche sowie zweckmäßige Funktionszuweisung und Darstellung von Objekten und Informationen
– zusammenhängende, wiederkehrende und sinnvolle Visualisierungen nutzen

– nicht erforderliche Informationen und unstrukturierte Darstellung vermeiden

Dazu stehen folgende visuelle Eigenschaften als Gestaltungsvariablen des GUI Designs zur Verfügung:
– Form
– Größe
– Kontrast
– Farbe
– Lage
– Orientierung/Ausrichtung
– Textur/Struktur.

Lesbare Schrift

Die Lesbarkeit einer Schrift [13] ist abhängig von:
– Sehabstand
– Licht- und Kontrastverhältnisse im Umfeld des Monitors
– Schriftart (gut lesbar sind serifenlose Proportionalschriften)
– Schriftstil (Hervorhebungen, wie fett oder kursiv, sind für längere Textpassagen ungeeignet, Unterstreichungen können mit einem Link verwechselt werden)
– Pixelgröße beziehungsweise Pixelabstand
– Zeichengröße und -schärfe
– (innerer) Zeichenkontrast
– Groß- und Kleinschreibung verwenden
– vertikal und horizontal benachbarte Zeichen dürfen sich nicht berühren (einschließlich Ober- und Unterlängen)
– siehe auch Abschnitt "Arbeitsschutzmaßnahmen - Gestaltung von Hardware: Bildschirm und Barrierefreiheit"

Verwendung von Farben

Die Verwendung von mehr als sieben Farben in der Bildschirmdarstellung reduziert in der Regel den Hintergrund-Zeichenkontrast und verschlechtert somit die kontextuelle Zuordnung und Wahrnehmbarkeit [13].

Deshalb:
– Farben zurückhaltend verwenden, erst alle anderen Gestaltungsmöglichkeiten ausschöpfen (Farbunterscheidbarkeit muss auch in Schwarz-Weiß-Darstellung gegeben sein)
– zur sicheren Unterscheidbarkeit maximal schwarz/weiß und sechs Farben gleichzeitig verwenden
– gut voneinander unterscheidbare Farben verwenden
– konsistente Kodierung mit Farbe, das heißt, nie zwei Farben mit derselben Bedeutung und jede Farbe stets in derselben Bedeutung verwenden
– standardmäßig die vom Betriebssystem vorgegebenen Farben verwenden, Anpassung an individuelle Bedürfnisse nur in begründeten Ausnahmefällen
– keine gesättigten (rot, blau) und nur aufeinander abgestimmte Farben verwenden (kein rot auf blau oder grün, kein gelb auf grün oder weiß, kein schwarz auf blau oder rot beziehungsweise umgekehrt)
– relativ geringen Helligkeitskontrast (= Leuchtdichtekontrast) anstreben; besonders bei größeren Flächen auf dem Bildschirm, Farben mit ähnlicher Helligkeit verwenden (angenehm: helle Farben für große Flächen und dunkle Farben für kleine Flächen)
– Kodierungsplan erstellen, wenn Farbe zur Kodierung notwendig (in Anlehnung an Tabelle 8.6-5)

Tabelle 8.6-5 Bedeutung von Farben beachten [13]

Farbe	Bedeutung
Rot	"Alarm" - blinkend, falls sofortige Reaktion erforderlich
Gelb	"Vorsicht" - Grenzsituation, Vorsicht geboten
Grün	"in Ordnung" - volle Funktionsfähigkeit, Zustand korrekt
Weiß	"unbestimmt" - nicht definierbarer Zustand, Übergang, Darstellung von Alternativen
Blau	"Hilfsfarbe" - am besten vermeiden

Gestaltung von Masken

Prüfung der Maskengestaltung durch Benutzer:

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

Es wird empfohlen, zur Gestaltung von Masken die Tabelle 8.6-6 sowie die Abbildungen 8.6-4, 8.6-5 und 8.6-6 zu beachten.

Gestaltgesetze

Tabelle 8.6-6 Gestaltgesetze [13]

Gesetz	Beschreibung	Bedeutung für Informationsgestaltung
Gesetz der Nähe/Gleichheit	in einer Menge gleichartiger Elemente schließen sich in unserer Wahrnehmung die räumlich nahe beieinander liegenden zusammen (auch wenn sie sich in Form, Größe, Farbe unterscheiden)	logisch zusammengehörige Informationen auch örtlich zusammen gruppieren; Unterschiede in der Hierarchie oder Ähnliches durch räumliche Trennung
Gesetz der Gleichartigkeit	bei Darbietung verschiedener Elemente werden gleiche oder gleichartige Elemente in einer Gruppe zusammengefasst wahrgenommen	zusammengehörige Informationen gleichartig darstellen
Gesetz der guten Gestalt	der Mensch bevorzugt in seiner Wahrnehmung gute Gestalten (symmetrisch, ...)	Normalwerte als gute Gestalt darstellen; Abweichungen verzerrt darstellen

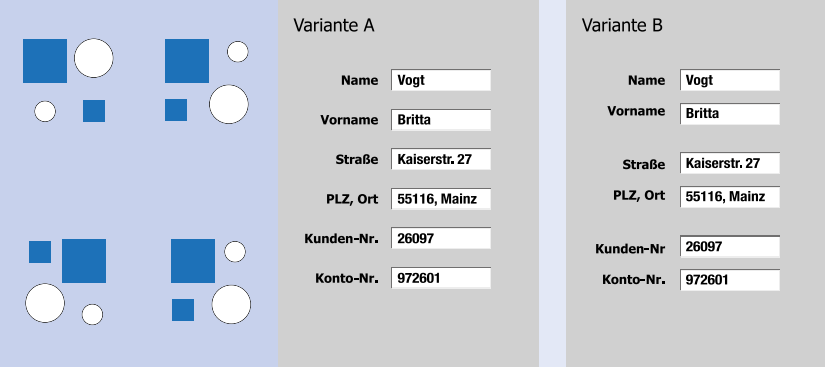


Abbildung 8.6-4. Gesetz der Nähe [14]

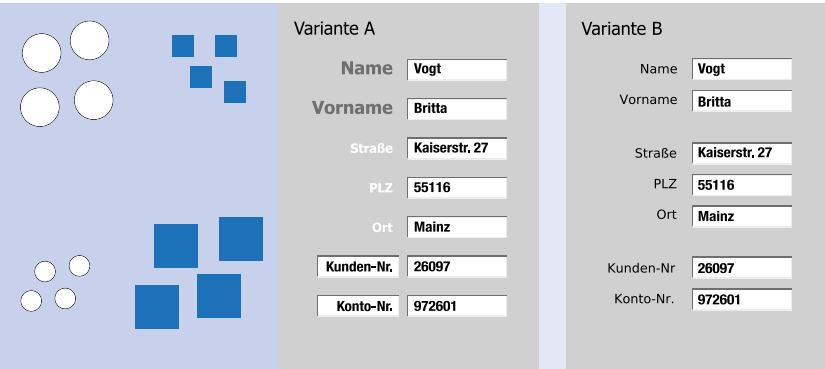


Abbildung 8.6-5. Gesetz der Gleichartigkeit [14]

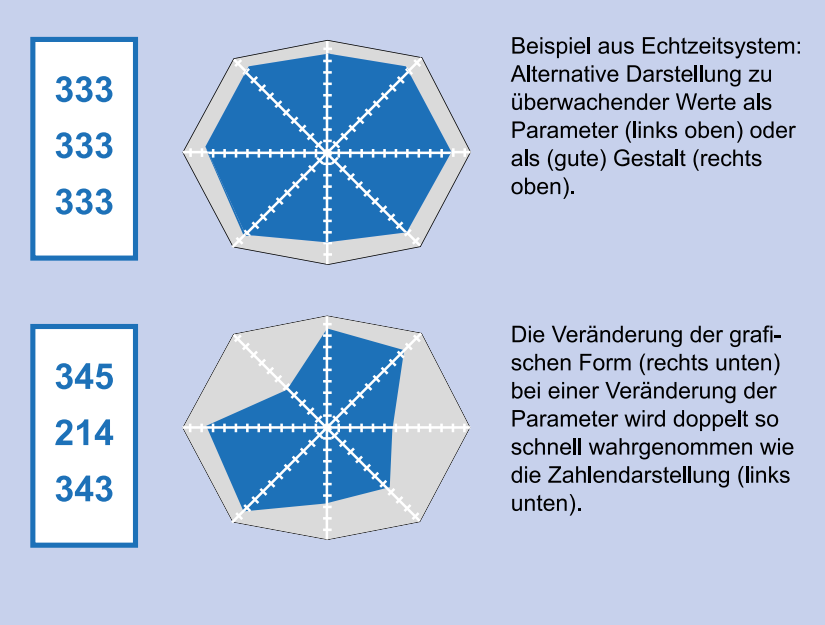


Abbildung 8.6-6. Gesetz der guten Gestalt [14]

Gestaltung von Icons

Bei der Gestaltung von Icons spielt das Design und/oder Corporate Design eine wichtige Rolle. Aus ergonomischer Sicht muss das Icon jedoch nicht gefallen, sondern nachweislich funktionieren. Das heißt, es muss ohne Erklärung verstanden werden und unverwechselbar sein [13].

Icons sollten unter anderem

- ein Referenzobjekt oder ein charakteristisches Merkmal in stark abstrahierter visueller Form darstellen (z. B. ein Globus für das Internet),
- kultur- und bildungsneutral sein,
- den Aktivierungszustand deutlich anzeigen,
- ebenfalls in der Toolbar unter dem Menü vorhanden sein
- mit einem Text (Quickinfo) versehen sein, der erscheint, wenn man mit der Maus über das Icon fährt.

Gestaltung von Texten

Bei der Verwendung von Texten sollte folgendes beachtet werden:

- Vokabular soll sich an der Aufgabe des Benutzers orientieren und für diesen verständlich sein (z. B. deutsche Begriffe)
- keine Abkürzungen verwenden, wenn genügend Platz vorhanden oder der Benutzer nur selten darauf zugreift, Abkürzung muss sprechbar sein (z. B. begründet durch Benutzung technischer Hilfsmittel), bei der Bedeutungszuweisung kann ein Mouseover-Text unterstützen
- Text in Frageform bejahend formulieren (zum Beispiel "Möchten Sie die Daten nicht sichern?" "Möchten Sie die Daten sichern?")
- kurze, einfache und klare Sätze verwenden (entsprechend dem Sprachgebrauch)
- Verben nicht substantivieren
- Nachrichten oder Meldungen sollten spezifische Informationen enthalten oder die Situation eindeutig beschreiben, nicht nur zum Beispiel "Eingabefehler"
- zuerst das Ergebnis angeben, dann auszuführende Aktion beschreiben (zum Beispiel "Zum Löschen von ... drücken Sie ...")
- Ton freundlich und positiv halten und nicht belehrend (nicht verwenden: "dürfen", "müssen", "sollen", "gehören", "falsch", "unzulässig", "unvollständig", "nicht erlaubt")

Gestaltung von Dialogen

Die ergonomische Dialoggestaltung kann durch folgende sieben Grundsätze bewertet werden. Diese Grundsätze sollen helfen zu vermeiden, dass der Benutzende typische Nutzungsprobleme erfährt (alle Punkte nach DIN EN ISO 9241-110):

1. Aufgabenangemessenheit

Ein interaktives System ist aufgabenangemessen, wenn es den Benutzer unterstützt, seine Arbeitsaufgabe zu erledigen, d. h. wenn Funktionalität und Dialog auf den charakteristischen Eigenschaften der Arbeitsaufgabe basieren, anstatt auf der zur Aufgabenerledigung eingesetzten Technologie.

2. Selbstbeschreibungsfähigkeit

Ein Dialog ist in dem Maße selbstbeschreibungsfähig, in dem für den Benutzer zu jeder Zeit offensichtlich ist, in welchem Dialog, an welcher Stelle im Dialog er sich befindet, welche Handlungen unternommen werden können und wie diese ausgeführt werden können.

3. Erwartungskonformität

Ein Dialog ist erwartungskonform, wenn er den aus dem Nutzungskontext heraus vorhersehbaren Benutzerbelangen sowie allgemein anerkannten Konventionen entspricht.

4. Lernförderlichkeit

Ein Dialog ist lernförderlich, wenn er den Benutzer beim Erlernen der Nutzung des interaktiven

5. Steuerbarkeit

Ein Dialog ist steuerbar, wenn der Benutzer in der Lage ist, den Dialogablauf zu starten sowie seine Richtung und Geschwindigkeit zu beeinflussen, bis das Ziel erreicht ist.

6. Fehlertoleranz

Ein Dialog ist fehlertolerant, wenn das beabsichtigte Arbeitsergebnis trotz erkennbar fehlerhafter Eingaben entweder mit keinem oder mit minimalem Korrekturaufwand seitens des Benutzers erreicht werden kann.

Fehlertoleranz wird mit den Mitteln erreicht:
- Fehlererkennung und -vermeidung (Schadensbegrenzung);
- Fehlerkorrektur oder
- Fehlermanagement, um mit Fehlern umzugehen, die sich ereignen.

7. Individualisierbarkeit

Ein Dialog ist individualisierbar, wenn Benutzer die Mensch-System-Interaktion und die Darstellung von Informationen ändern können, um diese an ihre individuellen Fähigkeiten und Bedürfnisse anzupassen.

Für detailliertere Informationen:
- ArbStättV Anhang Nr. 6
- Barrierefreie-Informationstechnik-Verordnung - BITV 2.0
- WCAG 2.0
- DGUV Information 215-410
- DGUV Information 215-450
- DIN EN ISO 9241 Teile 11, 13-16, 110, 112, 125, 129, 143, 154, 171, 210 und 302-305
- DIN EN ISO 10075-1
- [13], [17], [18], [22] und [23]

8.6.6 Vorschriften, Regelwerk, Literatur

Gesetze, Verordnungen

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
- Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)
- Barrierefreie-Informationstechnik-Verordnung - BITV 2.0
- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)
- Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten (ElektroG)
- Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Betriebsmitteln (EMVG)
- Gesetz zur Gleichstellung behinderter Menschen (BGG)
- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)
- Strahlenschutzverordnung (StrlSchV)

Technische Regeln zu den Arbeitsschutzvorschriften

- ASR A1.3: Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung
- TRBS 1151 Gefährdungen an der Schnittstelle Mensch - Arbeitsmittel – Ergonomische und menschliche Faktoren, Arbeitssystem –

Berufsgenossenschaftliche Vorschriften

- DGUV Vorschrift 3: Elektrische Anlagen und Betriebsmittel
- DGUV Vorschrift 16: Elektromagnetische Felder

Weitere Regeln der Technik

- DIN 461: Graphische Darstellung in Koordinatensystemen
- DIN EN 574: Sicherheit von Maschinen - Zweihandschaltungen - Funktionelle Aspekte - Gestaltungsleitsätze; Deutsche Fassung EN 574:1996+A1:2008
- DIN EN 842: Sicherheit von Maschinen - Optische Gefahrensignale - Allgemeine Anforderungen, Gestaltung und Prüfung; Deutsche Fassung EN 842:1996+A1:2008
- DIN EN 894-1: Sicherheit von Maschinen - Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen - Teil 1: Allgemeine Leitsätze für Benutzer-Interaktion mit Anzeigen und Stellteilen; Deutsche Fassung EN 894-1:1997+A1:2008
- DIN EN 894-2: Sicherheit von Maschinen - Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen - Teil 2: Anzeigen; Deutsche Fassung EN 894-2:1997+A1:2008
- DIN EN 894-3: Sicherheit von Maschinen - Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen - Teil 3: Stellteile; Deutsche Fassung EN 894-3:2000+A1:2008
- DIN EN 981: Sicherheit von Maschinen - System akustischer und optischer Gefahrensignale und Informationssignale; Deutsche Fassung EN 981:1996+A1:2008
- DIN 1450: Schriften - Leserlichkeit
- DIN 2137-1: Tastaturen für die Daten- und Texteingabe - Teil 1: Deutsche Tastaturbelegung; Text Deutsch und Englisch
- DIN 2137-2: Tastaturen für die Daten- und Texteingabe - Teil 2: Zusätzliche Anforderungen; Text Deutsch und Englisch
- DIN 2403: Kennzeichnung von Rohrleitungen nach dem Durchflussstoff
- DIN EN ISO 6385: Ergonomie – Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen (ISO/DIS 6385:2004)
- DIN EN ISO 6385: Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen (ISO/DIS 6385:2014); Deutsche Fassung prEN ISO 6385:2014 (Entwurf)
- DIN EN ISO 6682: Erdbaumaschinen - Stellteile - Bequemlichkeitsbereiche und Reichweitenbereiche
- DIN EN ISO 7731: Ergonomie - Gefahrensignale für öffentliche Bereiche und Arbeitsstätten – Akustische Gefahrensignale
- DIN EN ISO 7779: Akustik - Geräuschemissionsmessung an Geräten der Informations- und Telekommunikationstechnik
- DIN EN ISO 9241-1: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten Teil 1: Allgemeine Einführung

- DIN EN ISO 9241-5: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten - Teil 5: Anforderungen an Arbeitsplatzgestaltung und Körperhaltung
- DIN EN ISO 9241-6: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten - Teil 6: Leitsätze für die Arbeitsumgebung
- DIN EN ISO 9241-11: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 11: Gebrauchstauglichkeit: Begriffe und Konzepte
- DIN EN ISO 9241-13: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten - Teil 13: Benutzerführung
- DIN EN ISO 9241-14:Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten - Teil 14: Dialogführung mittels Menüs
- DIN EN ISO 9241-15: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten - Teil 15: Dialogführung mittels Kommandosprachen
- DIN EN ISO 9241-16: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten - Teil 16: Dialogführung mittels direkter Manipulation
- DIN EN ISO 9241-20: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 20: Leitlinien für die Zugänglichkeit der Geräte und Dienste in der Informations- und Kommunikationstechnologie
- DIN EN ISO 9241-110: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 110: Grundsätze der Dialoggestaltung
- DIN EN ISO 9241-112: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 112: Grundsätze der Informationsdarstellung
- DIN EN ISO 9241-125: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 125: Empfehlungen zur visuellen Informationsdarstellung
- DIN EN ISO 9241-129: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 129: Leitlinien für die Individualisierung von Software
- DIN EN ISO 9241-143: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 143: Formulardialoge
- DIN EN ISO 9241-151: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 151: Leitlinien zur Gestaltung von Benutzungsschnittstellen für das World Wide Web
- DIN EN ISO 9241-154: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 154: Sprachdialogsysteme
- DIN EN ISO 9241-171: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 171: Leitlinien für die Zugänglichkeit von Software
- DIN EN ISO 9241-210: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 210: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme
- DIN EN ISO 9241-300: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 300: Einführung in die Anforderungen an elektronische optische Anzeigen (ISO 9241-300:2008); Deutsche Fassung EN ISO 9241-300:2008
- DIN EN ISO 9241-302: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 302: Terminologie für elektronische optische Anzeigen (ISO 9241-302:2008); Deutsche Fassung EN ISO 9241-302:2008
- DIN EN ISO 9241-303: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 303: Anforderungen an elektronische optische Anzeigen (ISO 9241-303:2011); Deutsche Fassung EN ISO 9241-303:2011
- DIN EN ISO 9241-305: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 305: Optische Laborprüfverfahren für elektronische optische Anzeigen
- DIN EN ISO 9241-307: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 307: Analyse- und Konformitätsverfahren für elektronische optische Anzeigen
- DIN EN ISO 9241-400: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 400: Grundsätze und Anforderungen für physikalische Eingabegeräte
- DIN EN ISO 9241-410: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 410: Gestaltungskriterien für physikalische Eingabegeräte
- DIN EN ISO 9241-420: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 420: Auswahlverfahren für physikalische Eingabegeräte
- DIN EN ISO 9921: Ergonomie - Beurteilung der Sprachkommunikation
- DIN EN ISO 10075-1: Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung : Allgemeines und Begriffe
- DIN EN ISO 10075-2: Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung : Gestaltungsgrundsätze
- DIN EN ISO 11064-5: Ergonomische Gestaltung von Leitzentralen - Teil 5: Anzeigen und Stellteile
- DIN 33404-3: Gefahrensignale - Akustische Gefahrensignale - Teil 3: Einheitliches Notfallsignal
- DIN 33870-1: Bürogeräte - Anforderungen und Prüfungen für die Aufbereitung von gebrauchten Tonermodulen für elektrofotografische Drucker, Kopierer und Fernkopierer - Teil 1: Monochrome Druckgeräte (Schwarz/Weiß); mit CD-ROM

- DIN EN 61310-1/VDE 0113-101: Sicherheit von Maschinen : Anzeigen, Kennzeichen und Bedienen : Anforderungen an sichtbare, hörbare und tastbare Signale
- DIN EN 61310-3/VDE 0113-103: Sicherheit von Maschinen : Anzeigen, Kennzeichen und Bedienen : Anforderungen an die Anordnung und den Betrieb von Bedienteilen (Stellteilen)
- DIN 67510-2: Langnachleuchtende Pigmente und Produkte : Messung von langnachleuchtenden Produkten am Ort der Anwendung
- DIN 67510-3: Langnachleuchtende Pigmente und Produkte : Bodennahes langnachleuchtendes Sicherheitsleitsystem
- DIN 67510-4: Langnachleuchtende Pigmente und Produkte : Produkte für langnachleuchtende Sicherheitsleitsysteme : Markierungen und Kennzeichnungen
- DIN EN 80416-1: Allgemeine Grundlagen für graphische Symbole auf Einrichtungen - Teil 1: Gestaltung graphischer Symbole für die Registrierung
- DIN EN 80416-2: Allgemeine Grundlagen für graphische Symbole auf Einrichtungen - Teil 2: Form und Anwendung von Pfeilen
- DIN EN 80416-3: Allgemeine Grundlagen für graphische Symbole auf Einrichtungen - Teil 3: Leitfaden zur Anwendung graphischer Symbole
- DIN EN 80416-4: Allgemeine Grundlagen für graphische Symbole auf Einrichtungen - Teil 4: Leitlinien für das Anpassen graphischer Symbole zur Darstellung auf Bildschirmen und Anzeigen
- DGUV Arbeit & Gesundheit BASICS, Sasse,Peter: Umgang mit elektrischem Gerät. Universum 2012, ISBN 978-3-89869-372-1
- DGUV Regel 103-014: Elektromagnetische Felder
- DGUV Information 215-410: Bildschirm- und Büroarbeitplätze – Leitfaden für die Gestaltung
- DGUV Information 215-450: Software-Ergonomie
- BGHM Information 101: Mensch und Arbeitsplatz in der Holz- und Metallindustrie
- Richtlinie für barrierefreie Webinhalte - Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0

EU-Richtlinien

- **93/68/EWG** CE-Kennzeichnung
- **2002/96/EG** Europäische Richtlinie über Elektro- und Elektronik-Altgeräte
- **2014-35-EU** (vorher 2006-95-EG) Niederspannungsrichtlinie
- **2014/30/EU** (vorher 2004/108/EG) EMV-Richtlinie

Literatur

- [1] Schlick, C., Luczak, H., Bruder, R.:
  Arbeitswissenschaft.
  Heidelberg: Springer 2010
- [2] Nohl, J.:
  Verfahren zur Sicherheitsanalyse.
  Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag 1989
- [3] Schmidtke, H.:
  Ergonomie.
  München: Carl Hanser 1993
- [4] Dangelmaier, M.; Muntzinger, W. F.; Solf, J. J.:
  Eignung von handbetätigten Stellteilen für translatorische und rotatorische Stellbewegungen.
  Dortmund: BAUA 1990 (Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse, 83: Stellteile)
- [5] Neumann, J., Timpe, K.-P.:
  Psychologische Arbeitsgestaltung.
  VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften 1976
- [6] Frieling, E.; Sonntag, K.:
  Lehrbuch Arbeitspsychologie.
  2. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage
  Bern: Huber 1999
- [7] Kern, P.:
  Ergonomie. Seminarunterlagen, Universität Stuttgart, Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT), 1992.
  In: H.-J. Bullinger, : Ergonomie. Produkt- und Arbeitsplatzgestaltung. Stuttgart: Teubner 1994

- [8] Thüringer Ministerium für Soziales, Familie und Gesundheit:
  Gefahrstoff-Information Büro.
  Erfurt: TMSFG 2001
- [9] Keller Chandra, S.:
  Ergonomische Anforderungen an Eingabemittel für Geräte und Informationstechnik.
  St. Augustin: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung 2008 (BGIA-Report, 3/2008)
- [10] Martin, P., Prümper, J., von Harten, G.:
  Ergonomie Prüfer zur Beurteilung von Büro- und Bildschirmarbeitsplätzen (mit Fragebogen und Prüflisten auf CD-ROM).
  Frankfurt/Main: Bund-Verlag 2008
- [11] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin:
  Wohlbefinden im Büro - Arbeits- und Gesundheitsschutz bei der Büroarbeit.
  7. Auflage. Dortmund: BAuA 2010.
- [12] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin:
  Qualitätszeichen für technische Produkte im Büro.
  Informationshilfe für die Beschaffung. Gd 33.
  Dortmund: BAuA 2008 (BAuA-Quartbroschüre)
- [13] Rudlof, C.:
  Handbuch Software-Ergonomie. Usability Engineering
  2. Auflage Tübingen: Unfallkasse Post und Telekom 2006.
- [14] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin:
  (K)Eine wie die andere? - Handlungshilfe zum Kauf von ergonomischer Software, inkl. CD-ROM.
  F2294. Dortmund 2010.
- [15] Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.):
  DIN Fachbericht 124 - Gestaltung barrierefreier Produkte.
  Berlin: Beuth 2002
- [16] Cooper, A., Reimann, R., Cronin, D.:
  About Face - The Essentials of Interaction Design.
  3. Auflage. Indianapolis: Wiley 2007
- [17] Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.):
  DIN-Taschenbuch 354 – Software-Ergonomie. Empfehlungen für die Programmierung und Auswahl von Software.
  Berlin: Beuth 2004 (CD-ROM)
- [18] Herczeg, M.:
  Software-Ergonomie. Grundlagen der Mensch-Maschine-Kommunikation.
  München: Oldenbourg 2004
- [19] Freund, T.:
  Software Engineering durch Modellierung wissensintensiver Entwicklungsprozesse.
  Berlin: GITO 2007.

Internetangebote/Links

- [20] **Gesundheitliche Bewertung Tonerstaub Nr. 014/2008**
  Berlin: Bundesamt für Risikobewertung 2008
- [21] **DGUV-Test Einkaufsführer "Zertifizierte Produkte"**
  Prüf- und Zertifizierungssystem der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung - DGUV Test
- [22] **"Bildschirm- und Büroarbeit - Praxishilfen für die Gestaltung."**, Verwaltungs-Berufsgenossenschaft
- [23] **INFO-MAP Software nutzerfreundlich einstellen und gestalten** - Version 2.2/2013-03, Verwaltungs-Berufsgenossenschaft

8.6.7 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen zur Hardware

- Werden körperliche Überlastungen und Zwangshaltungen bei der Handhabung von mechanischen Stellteilen vermieden?
- Ist eine ausreichende Rückmeldung nach der Betätigung von Stellteilen gewährleistet?
- Ist die Sinnfälligkeit zwischen der Bewegung von Stellteilen und der ausgelösten Wirkung gegeben?
- Entspricht die Griffigkeit von Stellteilen den Anforderungen der Tätigkeit?
- Entspricht die Anordnung der Stellteile den Handhabungsanforderungen?
- Ist die Sinnfälligkeit zwischen Stellteilen und Anzeigen gegeben?
- Sind die zu verstellenden Größen sowie die jeweilige Einstellung eindeutig erkennbar und verständlich?
- Wird die unbeabsichtigte Betätigung von Stellteilen vermieden?
- Sicherheitseinrichtungen an Stellteilen können nicht manipuliert werden?
- Persönliche Schutzausrüstung oder individuelle Leistungsmerkmale beeinträchtigen nicht die Wahrnehmung von Informationen oder die Betätigung von Stellteilen?
- Werden kritische Situationen durch Gefahrensignale rechtzeitig angezeigt und ist deren Wahrnehmung durch das Zwei-Kanal-Prinzip gesichert?
- Können aus Prozessmerkmalen (zum Beispiel 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, zum Beispiel wechseln digitale Anzeigen so langsam, dass diese lesbar sind?
- Sind Informationen verständlich und eindeutig voneinander unterscheidbar, z.B. durch unverwechselbare Bezeichnung?
- Ist die Sinnfälligkeit zwischen der Gestaltung von Anzeigen und der erwarteten Informationen gegeben?

Prüffragen zur Software

Allgemeine Gestaltung

- Sind die dargestellten Elemente scharf und klar zu identifizieren?
- Sind die Elemente und Informationen z.B. auch unter anderen Auflösungen gut wahrnehmbar?
- Wird die Positivdarstellung verwendet?
- Unterstützt die Software das mentale Modell der Aufgabenerledigung durch die Nutzenden?

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 Gestaltgrundsätze unterstützt?

Gestaltung von Icons

- Ein Icon repräsentiert nur eine Funktion?
- Ist 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 Dialogen

- Aufgabenangemessenheit: - z. B. "Die Software und deren Darstellung enthält alle für ihren Einsatz benötigten Funktionen und Informationen?"
- Selbstbeschreibungsfähigkeit: - z. B. "Rückmeldungen, Sicherheitsabfragen, Warnungen oder Fehlermeldungen sind in der Software und deren Darstellung eindeutig unterscheidbar?"
- Erwartungskonformität: - z. B. "Die Software interstützt 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

- Stellteilhandhabung erfordert zu hohe körperliche Belastung
- Rückmeldung nach Betätigung der Stellteile ist unzureichend
- Stellteile sind nicht griffig
- Bewegung der Stellteile ist nicht sinnfällig
- Anordnung der Stellteile und Anzeigen ist ungünstig
- Stellgrößen und Anzeigen sind schwer zu erkennen/unverständlich
- unbeabsichtigte Betätigung der Stellteile 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 (zum Beispiel Gefahrensignale, Sprachverständigung)
- optische Informationen sind schlecht zu erkennen (zum Beispiel Gefahrensignale, Anzeigen, Schriften, Symbole, Farben)
- Signale werden durch ungünstige Arbeitsumgebungsbedingungen verdeckt (zum Beispiel 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 (zum Beispiel Gerüche, Beschleunigungen, Laufgeräusche von Motoren)

Maßnahmen

- ergonomische Software und Hardware beschaffen
- Hardware richtig aufstellen und verwenden
- akustische Signale verstärken und Störgeräusche reduzieren
- optische Gefahrensignale besser sichtbar machen (zum Beispiel Leuchtdichte erhöhen; störende Umgebungsfaktoren [Dämpfe, Rauche, Nebel, Blendung, Abschattung] vermeiden; Gefahrensignale nahe der Gefahrenquelle anordnen; Gefahrensignale im Gesichtsfeld anordnen)
- 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
- Stellteile entsprechend den Handhabungsanforderungen anordnen
- unbeabsichtigte Betätigung von Stellteilen verhindern

– Griffigkeit von Stellteilen verbessern
– körperliche Belastungen bei der Handhabung von Stellteilen reduzieren

8.6.8 Autoren und Ansprechpartner

Autoren:
- P. Jeschke, M. Eng.
- Dr. A. Windel
- Dipl.-Ing. B. Lafrenz

Ansprechpartner
- Dipl.-Ing. B. Lafrenz
  BAuA, Gruppe 2.3, Dortmund

Handbuch – Gefährdungsfaktoren

9 Physische Belastung/Arbeitsschwere

baua:
Bundesanstalt für Arbeitsschutz
und Arbeitsmedizin

27.04.2020

9 Physische Belastungen / Arbeitsschwere

Physische Belastungen sind ein Teil des menschlichen Daseins und zum Erhalt der Gesundheit zwingend erforderlich. Ziel der Gestaltung der physischen Arbeit ist deshalb die Schaffung eines optimalen Verhältnisses zwischen Arbeitsbelastung und individueller Belastbarkeit. Langdauernde Überforderungen, Unterforderungen und einseitige Belastungen sind zu vermeiden.

Muskel-Skelett-Beschwerden liegen in den Statistiken der Krankheiten und Frührenten weit vorn und verursachen hohe volkswirtschaftliche Verluste.

Einführung

Präventionsansätze

Das Arbeitsschutzgesetz fordert eine Gefährdungsabschätzung. Die Ergebnisse sind die Grundlage für betriebliches Handeln. Bei erkannten Gefahren sind Präventionsmaßnahmen erforderlich. Das können technologische, ergonomische oder organisatorische Umgestaltungen und spezielle arbeitsmedizinische Vorsorge sein. Um wirksame und effiziente Maßnahmen zu begründen, sind sichere Gefährdungsanalysen die Grundvoraussetzung. Das erfordert die Beschreibung der Belastungsform, der Zeitdauer, der Häufigkeit und Abfolge sowie die Bewertung des möglichen Gefahrenpotenzials.

Formen der Arbeitsbelastung

Entsprechend DGUV Information 240-460 und DGUV Information 208-033 werden folgende Formen aktiver physischer Arbeitsbelastung unterschieden:

- Manuelle Lastenhandhabung
  - Heben, Halten, Tragen
  - Ziehen, Schieben
- Arbeit in erzwungenen Körperhaltungen (Zwangshaltungen)
  - Sitzen
  - Stehen
  - Rumpfbeuge
  - Hocken, Knien, Liegen
  - Arme über Schulterniveau
- Arbeit mit erhöhter Kraftanstrengung und/oder Krafteinwirkung
  - Tätigkeiten in schwer zugänglichen Arbeitsstellen (Steigen, Klettern)
  - Einsatz des Hand-/Arm-Systems als Werkzeug (Klopfen, Hämmern, Drehen, Drücken)
  - Kraft-/Druckeinwirkung bei der Bedienung von Arbeitsmitteln
- Repetitive Tätigkeiten mit hohen Handhabungsfrequenzen

Im Folgenden werden davon folgende sechs unterschiedliche Formen der aktiven physischen Arbeitsbelastungim Einzelnen behandelt:

- Heben, Halten, Tragen (Lastgewichte > 3 kg) Transport von Lasten
- Ziehen, Schieben (Aktionskräfte > 30 N) Transport von Lasten
- manuelle Arbeit (mit geringen Körperkräften)
- Zwangshaltungen (erzwungene Körperhaltungen)
- Steigen, Klettern
- Arbeiten mit erhöhten Kraftanstrengungen und/oder Krafteinwirkungen

Hinweis:
Im Projekt MEGAPHYS wurden die Formen körperlicher Anforderungen neu kategorisiert. Die Anpassung der Websites zur Gefährdungsbeurteilung bei physischer Belastung auf die neuen Begrifflichkeiten und Inhalte erfolgt demnächst. Im Projekt werden folgende sechs Belastungsarten differenziert:

- manuelles Heben, Halten und Tragen von Lasten (z.B. Auf-/Abladen von Säcken, Sortieren von Paketen, Beladung von Maschinen ohne Hebehilfen, Kommissionieren, Umladen palettierter Waren, Richtarbeiten am Dach von Hand, Kinderbetreuung in KITAs sowie manueller Krankentransport)
- manuelles Ziehen und Schieben von Lasten (Fortbewegen von Flurförderzeugen wie Karren oder Wagen, Hängebahnen oder Hängekräne sowie handbewegten Arbeitsmitteln, z.B. Farbmarkierungskarren oder Messrollen, mit Muskelkraft)
- manuelle Arbeitsprozesse (z.B. Montagetätigkeiten, Löten, Nähen, Sortieren, Ausschneiden, Kassieren, händisch Kontrollieren, Pipettieren, Mikroskopieren, Musizieren (z.B. Piano, Geige), Fügen, Drehen, Schneiden, Verschieben, Drücken, Anheben, Halten, Umsetzen, Wickeln)
- Ausübung von Ganzkörperkräften (z.B. Gussputzer bei Einzelfertigung, Bewegen von Absperrschiebern, Arbeiten mit Winden / Flaschenzügen, Arbeiten mit Hebeln, Arbeiten mit Drucklufthämmern, Patiententransfer/-lagerung (Pflegetätigkeiten), Schaufeln, Festmachen (in Häfen))
- Körperzwangshaltung (z.B. Fliesenlegen, Eisenflechten (Betonbau), Handschweißen, Arbeiten an Fließbändern, Deckenmontage, Trockenbau, Elektrik etc., Gurkenernte im Liegen, dauerhafte Arbeit am Mikroskop, Mikrochirurgie, Arbeiten im Inneren von Kesseln, Tanks, Schächten, Schiffsdoppelböden)

– Körperfortbewegung (Möbeltransport ohne Transporthilfen, Krankentransport, Besteigen von Turmdrehkranen, Sendeanlagen, Kontrollbegehungen in Kanälen, Gehen auf der Baustelle bzw. im Wasserbau, Wartungsarbeiten an Beleuchtungsanlagen, Wartungsarbeiten an Feuerstätten, Wartungsarbeiten in Schächten/Tanks/Kanälen

Beanspruchungsreaktionen

Jede Belastungsform führt zu speziellen Beanspruchungsreaktionen des menschlichen Körpers. Bei Überbeanspruchung durch hohe Intensität oder durch unzureichende Erholung besteht die Gefahr einer Schädigung. Eine Vorhersage des Ausmaßes der erwartbaren Schädigung ist nur pauschal möglich, da neben arbeitsbedingten Belastungen auch außerberufliche Belastungen und individuelle Faktoren wirken.

Fehlbeanspruchungen

Die Grenze der physischen Belastbarkeit ist individuell stark unterschiedlich und hängt von mehreren Einflussfaktoren wie Konstitution, Gesundheit, Alter, Geschlecht, Trainiertheit und Arbeitstechnik ab. Negative Folgen von physischen Fehlbeanspruchungen sind akute Ermüdungserscheinungen und längerfristig chronische degenerative Veränderungen und Beschwerden an den Gelenken, Muskeln, Sehnen und peripheren Nerven.

Hinzu kommen zahlreiche Verletzungen durch Unfälle. Diese passieren am häufigsten bei Lastenhandhabungen. Typische Beispiele sind plötzlicher Kontrollverlust über die Last, Stolpern oder Stürzen, angefahren werden. Folgen sind Verstauchungen, Zerrungen, Verhebungen, Blockieren von Wirbelgelenken oder Knochenbrüche.

Für die Belastung des Herz-Kreislauf-Systems wie auch für die Belastung des Muskel-Skelett-Systems gibt es **keine rechtsverbindlichen Grenzwerte**, jedoch gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse.

9.1 Heben, Halten, Tragen

Heben, Halten, Tragen (HHT) sind Formen der "manuellen Lastenhandhabung“ im Sinne der Lastenhandhabungsverordnung (LasthandhabV) und dieses Ratgebers.

9.1.1 Art der Gefährdung und deren Wirkungen

Definition

Heben, Halten, Tragen (HHT) kommen in der Arbeitswelt sehr häufig vor. Manchmal sind es nur Teile einer Tätigkeit, bei der ein Gegenstand zur Bearbeitung herangeholt beziehungsweise abgelegt wird. Manchmal sind sie jedoch auch ausschließlicher Arbeitsinhalt. Dabei geht es dann meist um den Transport der Last. Typische Beispiele sind Auspacken/Beladen von Containern, Ablegen auf Transportbänder, Heranholen von Material, Befüllen von Maschinen, Tragen von Möbeln oder Transport von gehunfähigen Personen.

Wirkung des Lastgewichts

Beim HHT wirken im Wesentlichen vertikale Kräfte zum Schwerkraftausgleich. Die erforderlichen Aktionskräfte werden beim HHT durch das Lastgewicht bestimmt. Beschleunigungskräfte beim schnellen Anheben beeinflussen die Aktionskräfte in vernachlässigbarem Umfang. Übersteigt das Lastgewicht die Körperkräfte, kann die Last nicht bewegt oder gehalten werden. Die denkbare Obergrenze des Lastgewichts liegt bei günstigen Bedingungen und körpernahem Heben bei 50 kg. Unter Berücksichtigung der individuell unterschiedlichen Leistungsfähigkeit und den mit der Last auszuführenden Bewegungen liegen die ungefährlichen Lastgewichte erheblich darunter und sind immer tätigkeitsbezogen zu ermitteln.

Muskel-Skelett-Beschwerden

Hohe Intensität und Dauer/Häufigkeit von Aktions- und Haltungskräften sowie ungünstige Körperhaltungen sind eine Gefahr für das Muskel-Skelett-System. Es können gesundheitliche Folgeerscheinungen auftreten:

- akute schmerzhafte Schädigungen durch kurzzeitige mechanische Fehlbelastung mit deutlicher Funktionseinschränkung (zum Beispiel Muskelzerrung beim Heben, Knochenbruch durch Sturz beim Tragen einer Last auf unebenem Boden, Blockierung eines Wirbelgelenkes beim Lastenanheben)
- chronische Schäden durch fortgesetzte mechanische Fehlbelastungen mit stetig zunehmenden Dauerbeschwerden (Bandscheibenverschleiß, Bänderdehnung, Sehnenscheidenentzündung, Muskelverspannung)

9.1.2 Grenzwerte, Beurteilungskriterien

Gefährdungen beurteilen

Für die manuelle Handhabung von Lasten, die aufgrund ihrer Merkmale oder ungünstiger ergonomischer Bedingungen für die Beschäftigten eine Gefährdung für Sicherheit und Gesundheit, insbesondere der Lendenwirbelsäule, mit sich bringt, gilt die Lastenhandhabungsverordnung (LasthandhabV). Nach § 2 LasthandhabV ist der Arbeitgeber unter anderem verpflichtet, die Arbeitsbedingungen hinsichtlich ihrer möglichen gesundheitsschädigenden Wirkungen zu beurteilen. Zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen gemäß LasthandhabV wird von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin und vom Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik die **Leitmerkmalmethode Heben, Halten, Tragen** empfohlen.

Grenzwerte und Belastungsfaktoren

Es gibt keine rechtsverbindlichen Grenzwerte für empfohlene Lastgewichte für alle Beschäftigten. Da die Beanspruchung des Muskel-Skelett-Systems von Zeitdauer/Häufigkeit, Körperhaltungen, Ausführungsbedingungen und Lastgewicht abhängt, sind diese Faktoren in ihrer Kombination zu beachten. Lasten größer als 40 kg für Männer und 25 kg für Frauen sind jedoch grundsätzlich als Risiko einzustufen.

Grenzwerte für besondere Personengruppen

Für besondere Personengruppen gelten folgende Regelungen:

- Für werdende Mütter sind Höchstgewichte im § 4 Abs. 2 Mutterschutzgesetz (MuSchG) festgelegt. Die Lastgewichte dürfen bei seltenem Heben und Tragen 10 kg und beim wiederholten Heben und Tragen 5 kg nicht überschreiten.
- Jugendliche dürfen nach § 22 Abs. 1 Jugendarbeitsschutzgesetz (JArbSchG) nicht mit Arbeiten beschäftigt werden, die ihre physische oder psychische Leistungsfähigkeit übersteigen.

9.1.3 Arbeitsschutzmaßnahmen

Vermeidung manueller Lastenhandhabung

Maßnahmen sind primär auf eine Vermeidung manueller Lastenhandhabungen mit Gefährdungen der Gesundheit der Beschäftigten zu richten (§ 2 Abs. 1 Lastenhandhabungsverordnung).

Wo dies nicht möglich ist, sind auf der Basis einer Beurteilung der Arbeitsbedingungen nach § 5 Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) durch den Arbeitgeber geeignete Maßnahmen zu treffen, um eine Gefährdung der Gesundheit der Beschäftigten möglichst gering zu halten (§ 2 Abs. 2 Lastenhandhabungsverordnung).

Gestaltung von Arbeitsplätzen und Arbeitsorganisation

Dabei sind technische und organisatorische Maßnahmen möglich:

- Vermeidung von sich ständig wiederholenden gleichartigen Lastenhandhabungen
- Automatisierung, Mechanisierung oder Tätigkeitswechsel und Vermeidung von Mechanisierungslücken Vermeidung von Lastgewichten, die die Belastbarkeit überfordern
- Gewichtsreduzierung
- Einsatz von Hebehilfen und Transportvorrichtungen
- Vermeidung von unnötigen Lastenhandhabungen
- optimale Logistik, wenig Zwischenlager
- günstige Körperhaltungen und effektive Bewegungen
- ergonomisch günstige Lastaufnahmebeziehungsweise. Absetzhöhe zwischen 70 cm und 110 cm zum Beispiel Hubtische, versenkbare Arbeitsbühnen
- körpernahe Lastenhandhabung
- genügend Fuß- und Beinraum
- sichere Arbeitsbedingungen
  - ausreichender Bewegungsraum
  - ebener, rutschfester und stabiler Boden, keine Schwellen, Absätze, Treppen bzw. Rampen
  - geeignete Arbeitsschuhe, Handschuhe
  - gute Sichtverhältnisse
  - extreme Temperaturen und Feuchtigkeit vermeiden
- sichere Lastaufnahme
  - wenn möglich: Keine unhandlichen oder sperrigen Lasten, sonst: ergonomische Griffgestaltung, Lastanschlagpunkte vorsehen, Tragegurte
  - Vermeidung gefährlicher Lasteigenschaften wie zum Beispiel scharfe Kanten, undichte Flüssigkeitsbehälter
  - wenn erforderlich: Kennzeichnung höherer Lastgewichte, die nicht verringert werden können, Angabe des Gewichts, Angabe des Schwerpunkts
- angemessenes Arbeitspensum
  - Verringerung des Arbeitstempos
  - Wechsel zwischen be- und entlastenden Tätigkeiten ausreichende Erholzeiten

Personenbezogene Maßnahmen

Folgende personenbezogene Maßnahmen sind zu empfehlen:

- **Unterweisung** der Beschäftigten mit Erläuterungen, die eigens auf die besonderen Gefährdungen durch manuelle Lastenhandhabung ausgerichtet sind:
  - vor Aufnahme der Tätigkeit der Beschäftigten
  - bei Veränderungen im Aufgabenbereich
  - der Einführung neuer Arbeitsmittel oder einer neuen Technologie
  - wenn besonders schutzbedürftige Beschäftigtengruppen derartige Tätigkeiten ausführen müssen (Berufseinsteiger, Jugendliche und junge Erwachsene, ältere Beschäftigte, Beschäftigte mit besonderer Konstitution oder Disposition)
- **tätigkeitsbezogenes Training** der Beschäftigten
  - verringern der Lastgewichte, korrekte Nutzung von Hilfsmitteln
  - richtige Körperhaltung
  - richtiges Verhalten bei der Lastenhandhabung

  - vernünftige Arbeitseinteilung
  - Ausgleichsübungen
- **individuelle Beratung** der Beschäftigten im Rahmen der arbeitsmedizinischen Vorsorge.
  Rechtsgrundlage nach der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) (Anhang Teil 3 (2) 4a) und nach §11 ArbSchG:
  - Wunschvorsorge: auf Wunsch des Beschäftigten bei nachgewiesener Gefährdungslage (ab 10 Punkten Gesamtpunktsumme bzw. Risikobereich 2 nach LMM Heben, Halten und Tragen von Lasten)
  - Angebotsvorsorge: bei Tätigkeiten mit wesentlich erhöhter körperlicher Belastung durch das Heben, Halten, Tragen von Lasten (ab 25 Punkten Gesamtpunktsumme bzw. Risikobereich 3 nach Leitmerkmalmethode (LMM) Heben, Halten und Tragen von Lasten)

9.1.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur

Gesetze, Verordnungen

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV)
- Mutterschutzgesetz (MuSchG)
- Jugendarbeitsschutzgesetz (JArbSchG)
- Lastenhandhabungsverordnung (LasthandhabV)
- Berufskrankheiten-Verordnung (BKV)

Regeln der Technik und der Arbeitsmedizin

- AMR 13.2 "Tätigkeiten mit wesentlich erhöhten körperlichen Belastungen mit Gesundheitsgefährdungen für das Muskel-Skelett-System" – Bek. d. BMAS v. 17.11.2014 – IIIb1-36628-15/9 -
- DGUV Information 240-460 (bisher BGI/GUV-I 504-46): Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 46 "Belastungen des Muskel- und Skelettsystems einschließlich Vibrationen"
- DGUV Information 208-033 (bisher BGI 7011): Gesunder Rücken – Gesunde Gelenke – noch Fragen?

Literatur

Hinweis: Die LASI-Veröffentlichung und die BAuA-Quartbroschüre enthalten die Leitmerkmalmethode aus dem Jahr 2001 (LMM-HHT). Achtung: neue Version von 2019 verfügbar

- [1] Jürgens, W.-W.; Mohr, D.; Pangert, R.; Pernack, E.-F.; Schultz, K.; Steinberg, U.:
  Handlungsanleitung zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen beim Heben und Tragen von Lasten.
  4. überarbeitete Auflage
  Potsdam: LASI 2001 (LASI-Veröffentlichungen, LV 9)
- [2] Steinberg, U; Windberg, H.-J.:
  Heben und Tragen ohne Schaden.
  3. unveränderte Auflage
  Dortmund: BAuA 2007 (BAuA-Quartbroschüre)
- [3] Bongwald, O.; Luttmann, A.; Laurig, W.:
  Leitfaden für die Beurteilung von Hebe- und Tragetätigkeiten.
  Sankt Augustin: HVBG 1995
- [4] Rüschenschmidt, H.; Reidt, U.; Rentel, A.:
  Ergonomie im Arbeitsschutz. **Menschengerechte Gestaltung der Arbeit.**
  Bochum: Technik & Information 2004
- [5] Schmidtke, H.:
  Ergonomie.
  München: Hanser 1993
- [6] Luczak, H.:
  Arbeitswissenschaft.
  Berlin: Springer 1998
- [7] **Grundsatz G46 - Belastungen des Muskel-Skelett-Systems einschließlich Vibrationen.**
  In: DGUV (Hrsg.): Berufsgenossenschaftliche Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen (Arbeitsmedizinische Vorsorge).
  6. Auflage, Stuttgart: Gentner Verlag 2014, S. 869ff. und S. 959ff.
- [8] Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V.:
  Leitlinie "Körperlicher Belastungen des Rückens durch Lastenhandhabung und Zwangshaltungen im Arbeitsprozess" (AWMF-Leitlinien-Register Nr. 002/029)

Internetangebote / Links

- **GDA-Arbeitsprogramm MSE "GDA-bewegt"**
  Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (BGW)
- **Präventionskampagne "Denk an mich. Dein Rücken."**
  gemeinsam getragen von Berufsgenossenschaften, Unfallkassen, der Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (SVLFG) und der Knappschaft

– **Physische Belastung - Gesundes Verhältnis zwischen Belastung und individueller Beanspruchung**
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)

9.1.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

- Kommt Heben, Halten, Tragen häufig und regelmäßig bei der Arbeit vor?
- Ist die Intensität hoch?
- Wird die Arbeit von den Beschäftigten als beanspruchend empfunden?
- Sind besonders geschützte Beschäftigte oder solche mit verringerter Belastbarkeit eingesetzt?

Wenn eine oder mehrere Fragen mit "ja" beantwortet werden, dann ist eine Beurteilung der Arbeitsbedingungen anhand der Leitmerkmalmethode vorzunehmen und gegebenenfalls Grenzwerte nach Abschnitt "Grenzwerte, Beurteilungskriterien" zu prüfen.

9.1.6 Autoren und Ansprechpartner

Autoren

- Dipl.-Ing. U. Steinberg
- Dr. sc. med. G. Caffier
- Dr. med. F. Liebers
- Dipl.-Ing. E. Tschöcke

Ansprechpartner

- BAuA, Gruppe 3.1, Berlin

9.2 Ziehen, Schieben

Ziehen und Schieben sind Formen der "manuellen Lastenhandhabung“ im Sinne der Lastenhandhabungsverordnung (LasthandhabV) und dieses Ratgebers.

9.2.1 Art der Gefährdung und deren Wirkungen

Definition

Beim Ziehen und Schieben (ZS) wirken überwiegend horizontale Kräfte zum Beschleunigen, Lenken und Abbremsen von Transportmitteln. Bei guten Bedingungen können auf Transportmitteln Lasten bis 2.000 kg bewegt werden. Zu bedenken ist dabei allerdings, dass beim schnellen Abbremsen, bei abrupten Richtungsänderungen oder auf Neigungen hohe Aktionskräfte entstehen, die die Maximalkraft des Beschäftigten weit übersteigen können. Die entscheidende Kenngröße ist deshalb nicht das Lastgewicht, sondern die erwartbare Horizontalkraft. Diese ist immer tätigkeitsbezogen zu ermitteln.

Wirkungen auf das Muskel-Skelett-System

Hohe Intensität und Dauer/Häufigkeit von Aktions- und Haltungskräften sowie ungünstige Körperhaltungen sind eine Gefahr für das Muskel-Skelett-System. Es können gesundheitliche Folgeerscheinungen auftreten:

- akute schmerzhafte Schädigungen durch kurzzeitige mechanische Fehlbelastung mit deutlicher Funktionseinschränkung (zum Beispiel Muskelzerrung bei hohem Kraftaufwand, Knochenbruch durch Anstoßen als Folge unkontrollierter Bewegung des Flurförderzeugs)
- chronische Schäden durch fortgesetzte mechanische Fehlbelastungen mit stetig zunehmenden Dauerbeschwerden (Bandscheibenverschleiß, Muskelverspannung)

9.2.2 Grenzwerte, Beurteilungskriterien

Gefährdungen beurteilen

Für die manuelle Handhabung von Lasten, die aufgrund ihrer Merkmale oder ungünstiger ergonomischer Bedingungen für die Beschäftigten eine Gefährdung für Sicherheit und Gesundheit, insbesondere der Lendenwirbelsäule, mit sich bringt, gilt die Lastenhandhabungsverordnung (LasthandhabV). Nach § 2 LasthandhabV ist der Arbeitgeber unter anderem verpflichtet, die Arbeitsbedingungen hinsichtlich ihrer möglichen gesundheitsschädigenden Wirkungen zu beurteilen.

Zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen gemäß LasthandhabV wird von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin und vom Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik die **Leitmerkmalmethode Ziehen, Schieben** empfohlen.

Grenzwerte und Belastungsfaktoren

Es gibt keine rechtsverbindlichen Grenzwerte für empfohlene Zug-/Druckkräfte. Da die Beanspruchung des Muskel-Skelett-Systems von Zeitdauer/Häufigkeit, Körperhaltungen, Lastgewicht, Bewegungsgeschwindigkeit und Ausführungsbedingungen abhängt, sind diese Faktoren in ihrer Kombination zu beachten.

9.2.3 Arbeitsschutzmaßnahmen

Vermeidung manueller Lastenhandhabung

Maßnahmen sind primär auf eine Vermeidung manueller Lastenhandhabungen mit Gefährdungen der Gesundheit der Beschäftigten zu richten (§ 2 Abs. 1 Lastenhandhabungsverordnung).

Wo dies nicht möglich ist, sind auf der Basis einer Beurteilung der Arbeitsbedingungen nach § 5 Arbeitsschutzgesetz durch den Arbeitgeber geeignete Maßnahmen zu treffen, um eine Gefährdung der Gesundheit der Beschäftigten möglichst gering zu halten (§ 2 Abs. 2 Lastenhandhabungsverordnung).

Gestaltung von Arbeitsplätzen und Arbeitsorganisation

Dabei sind technische und organisatorische Maßnahmen möglich:

- Vermeidung von sich ständig wiederholenden gleichen Transporten
- Automatisierung
- Mechanisierung oder Tätigkeitswechsel
- Vermeidung von Mechanisierungslücken
- Vermeidung von Transportgewichten, die die Belastbarkeit der Beschäftigten überfordern
  - Gewichtsreduzierung
  - Einsatz von Bremsen
  - Einsatz von Anfahrhilfen
  - Ersatz durch kraftbetriebene Flurförderzeuge
- Vermeidung von unnötigen Transporten
  - optimale Logistik, wenig Zwischenlager
- günstige Körperhaltungen und effektive Bewegungen
  - ergonomisch günstige Griffgestaltung
  - ergonomisch günstige/einstellbare Griffhöhe
  - genügend Fuß- und Beinraum
- sichere Arbeitsbedingungen
  - ausreichender Bewegungsraum
  - ebener, rutschfester und stabiler Boden
  - keine Schlaglöcher und andere Hindernisse im Boden
  - keine Rampen
  - geeignete Arbeitsschuhe
  - gute Sichtverhältnisse, extreme Temperaturen und Feuchtigkeit vermeiden
  - wenn erforderlich: Angabe des Gewichtes des Transportgutes, Angabe des Schwerpunktes
- angemessenes Arbeitspensum
  - Vermeidung von zu hohem Arbeitstempo
  - Wechsel zwischen be- und entlastenden Tätigkeiten
  - ausreichende Erholzeiten

Personenbezogene Maßnahmen

Folgende personenbezogene Maßnahmen sind zu empfehlen:

- **Unterweisung** der Beschäftigten mit Erläuterungen, die eigens auf die besonderen Gefährdungen durch manuelle Lastenhandhabung ausgerichtet sind:
  - vor Aufnahme der Tätigkeit der Beschäftigten
  - bei Veränderungen im Aufgabenbereich
  - der Einführung neuer Arbeitsmittel oder einer neuen Technologie
  - wenn besonders schutzbedürftige Beschäftigtengruppen derartige Tätigkeiten ausführen müssen (Berufseinsteiger, Jugendliche und junge Erwachsene, ältere Beschäftigte, Beschäftigte mit besonderer Konstitution oder Disposition)
- **tätigkeitsbezogenes** Training der Beschäftigten:
  - Auswahl und Umgang mit geeigneten Hilfsmitteln
  - Gestaltung günstiger Bedingungen
  - richtiges Verhalten beim Transport
  - Ausgleichsübungen

– **individuelle Beratung** der Beschäftigten im Rahmen der arbeitsmedizinischen Vorsorge.
  Rechtsgrundlage nach ArbMedVV (Anhang Teil 3 (2) 4a) und nach §11 ArbSchG:
  - Wunschvorsorge: auf Wunsch des Beschäftigten bei nachgewiesener Gefährdungslage (ab 10 Punkten Gesamtpunktsumme bzw. Risikobereich 2 nach LMM Ziehen und Schieben)
  - Angebotsvorsorge: bei Tätigkeiten mit wesentlich erhöhter körperlicher Belastung durch Ziehen oder Schieben von Lasten (ab 25 Punkten Gesamtpunktsumme bzw. Risikobereich 3 nach Leitmerkmalmethode (LMM) Ziehen und Schieben)

9.2.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur

Gesetze, Verordnungen, Richtlinien

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV)
- Mutterschutzgesetz (MuSchG)
- Jugendarbeitsschutzgesetz (JArbSchG)
- Lastenhandhabungsverordnung (LasthandhabV)
- Berufskrankheiten-Verordnung (BKV)

Regeln der Technik und der Arbeitsmedizin

- AMR 13.2 "Tätigkeiten mit wesentlich erhöhten körperlichen Belastungen mit Gesundheitsgefährdungen für das Muskel-Skelett-System" – Bek. d. BMAS v. 17.11.2014 – IIIb1-36628-15/9 -
- DGUV Information 240-460 (bisher BGI/GUV-I 504-46): Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 46 "Belastungen des Muskel- und Skelettsystems einschließlich Vibrationen"
- DGUV Information 208-033 (bisher BGI 7011): Gesunder Rücken – Gesunde Gelenke – noch Fragen?

Literatur

Hinweis: Die LASI-Veröffentlichung und die BAuA-Quartbroschüre enthalten die Leitmerkmalmethode aus dem Jahr 2002 (LMM-ZS). Achtung: neue Version von 2019 verfügbar

- [1] Jürgens, W.W.; Mohr, D.; Pangert, R.; Pernack, E.F.; Schultz, K.; Steinberg, U.:
- **Handlungsanleitung zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen beim Ziehen und Schieben von Lasten LV 29**.
  Länderausschuss für Arbeitssicherheit (LASI):Potsdam, 2002
  (LASI-Veröffentlichungen, LV 29)
- [2] Steinberg, U.; Caffier, G.; Liebers, F.; Behrendt, S.:
  Ziehen und Schieben ohne Schaden
  4. unveränderte Auflage
  Dortmund: BAuA 2008 (BAuA-Quartbroschüre)
- [3] Bongwald, O.; Luttmann, A.; Laurig, W.:
  Leitfaden für die Beurteilung von Hebe- und Tragetätigkeiten.
  Sankt Augustin: HVBG 1995
- [4] Rüschenschmidt, H.; Reidt, U.; Rentel, A.:
  Ergonomie im Arbeitsschutz. **Menschengerechte Gestaltung der Arbeit.**
  Bochum: Technik & Information 2004
- [5] Schmidtke, H.:
  Ergonomie.
  München: Hanser 1993
- [6] Luczak, H.:
  Arbeitswissenschaft.
  Berlin: Springer 1998
- [7] **Grundsatz G46 - Belastungen des Muskel-Skelett-Systems einschließlich Vibrationen.**
  In: DGUV (Hrsg.): Berufsgenossenschaftliche Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen (Arbeitsmedizinische Vorsorge).
  6. Auflage, Stuttgart: Gentner Verlag 2014, S. 869ff. und S. 959ff.

Internetangebote / Links

- **GDA-Arbeitsprogramm MSE "GDA-bewegt"**
  Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (BGW)
- **Präventionskampagne "Denk an mich. Dein Rücken."**
  gemeinsam getragen von Berufsgenossenschaften, Unfallkassen, der Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (SVLFG) und der Knappschaft
- **Physische Belastung - Gesundes Verhältnis zwischen Belastung und individueller Beanspruchung**
  Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)

9.2.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

- Kommt Heben, Halten, Tragen und/oder Ziehen, Schieben häufig und regelmäßig bei der Arbeit vor?
- Ist die Intensität hoch?
- Wird die Arbeit von den Beschäftigten als beanspruchend empfunden?
- Sind besonders geschützte Beschäftigte oder solche mit verringerter Belastbarkeit eingesetzt?

Wenn eine oder mehrere Fragen mit "ja" beantwortet werden, dann ist eine Beurteilung der Arbeitsbedingungen anhand der Leitmerkmalmethode vorzunehmen und gegebenenfalls Grenzwerte nach Abschnitt "Grenzwerte, Beurteilungskriterien" zu prüfen.

9.2.6 Autoren und Ansprechpartner

Autoren

- Dipl.-Ing. U. Steinberg
- Dr. sc. med. G. Caffier
- Dipl.-Ing. E. Tschöcke
- Dr. med. F. Liebers

Ansprechpartner

- BAuA, Gruppe 3.1, Berlin

9.3 Manuelle Arbeit (mit geringen Körperkräften)

Der Begriff "manuelle Arbeit" umschreibt berufliche Handarbeiten, die mit geringen Kraftanstrengungen und erhöhter Häufigkeit/Dauer in gleicher Art und Weise, wie z. B. bei der Feinmontage, ständig wiederholt werden. Ein Handgriff pro Sekunde ist eine übliche Häufigkeit. Die Anzahl der Teile, die innerhalb einer Schicht bearbeitet werden, kann bis zu 10.000 Stück reichen. Es können aber auch wenige Teile mit vielen unterschiedlichen Handgriffen sein. Das mögliche Spektrum ist breit.

9.3.1 Art der Gefährdung und deren Wirkungen

Kennzeichen manueller Arbeit

Manuelle Arbeiten kommen sehr häufig und in vielfältiger Form vor. Mit Fingergriff, Umfassungsgriff, Kontaktgriff werden die Handlungen Drücken, Fügen, Halten, Drehen, Führen ausgeführt.

Typische Beispiele sind: Handhabung kleiner Handwerkzeuge (Fräsen, Bohren, Schleifen), Montage von Uhren, Sortieren von Kleinteilen, Verlöten von Leiterplatten, Einlegen von Teilen in Maschinen, Verpacken, Glasbläserei, Bemalen von Porzellan, Nähen, Befüllen von Konserven, Fleischzerlegung und manuelle Briefsortierung.

Typische Kennzeichen sind fest vorgegebene Arbeitsinhalte und abläufe, Hand- und Fingeraktivitäten bei statischer Rumpfhaltung. Diese Tätigkeiten werden meist im Sitzen, seltener im Stehen ausgeführt. Fast immer bestehen auch hohe Anforderungen an die Geschicklichkeit und an das Detailsehen.

Zu diesen Tätigkeiten zählen auch Handlungen, die mit längerem Halten ohne Bewegung verbunden sind.

Wirkungen auf das Muskel-Skelett-System

Muskel-Skelett-Beschwerden im Hand-Arm-Schulter-Bereich sind in allen Industriestaaten häufig. Es gibt spezifische Erkrankungen (Gelenkarthrosen, Karpaltunnelsyndrom, Enthesopathien unter anderem) und eher unspezifische Syndromkomplexe (Repetitive-Strain-Injury-Syndrom, Cumulative Trauma Disorders). Die ökonomischen und sozialen Auswirkungen durch derartige Erkrankungen und Beschwerden sind beträchtlich. Im englischen Sprachgebrauch wird für diese Erkrankungsgruppe der Begriff "work-related upper extremity musculoskeletal disorders" (WRUEMSD) benutzt.

Beschwerden im Hand-Arm-Schulter-Bereich sind oftmals sehr langwierig und können zur Aufgabe der Tätigkeit führen. Frühzeichen dieser Beschwerden bestehen bei vielen Beschäftigten und werden unterschätzt.

Häufig gekoppelt sind die Beschwerden im Hand-Arm-Schulter-Bereich mit Beschwerden im Rückenbereich als Folge langdauernder statischer Haltungsarbeit. Präzise Handbewegungen setzen einen unbeweglichen Rumpf voraus. Andauernde hohe Haltungskraft in Verbindung mit Bewegungsmangel überfordert die Strukturen der Wirbelsäule.

9.3.2 Grenzwerte / Beurteilungskriterien

Gefährdungen beurteilen

Nach § 5 Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) ist der Arbeitgeber verpflichtet, die Arbeitsbedingungen hinsichtlich ihrer möglichen gesundheitsschädigenden Wirkungen zu beurteilen. Dazu kann die **"Leitmerkmalmethode manuelle Arbeitsprozesse"** verwendet werden.

Es gibt keine rechtsverbindlichen Grenzwerte für empfohlene Aktionskräfte. Da die Beanspruchung des Muskel-Skelett-Systems von Zeitdauer/Häufigkeit, Körperhaltungen, Aktionskraft und Ausführungsbedingungen abhängt, sind diese Faktoren in ihrer Kombination zu beachten.

Maximale isometrische Körperkräfte

Eine Zusammenstellung von maximalen isometrischen Körperkräften enthält die DIN 33 411-5 Körperkräfte des Menschen. Spezifische Werte für Hand- und Fingerkräfte sind darin jedoch nicht enthalten. Eine kleine Hilfestellung gibt ein Auszug aus Tabelle 1 der DIN EN 1005-3.

Tabelle 9.3-1 Beispiele für Aktionskräfte nach DIN EN 1005-3

Tätigkeit		Isometrische Maximalkraft
Handarbeit (einhändig)	Kraftgriff	250 N
Armarbeit (sitzend, einarmig)	aufwärts	50 N
	abwärts	75 N
	nach außen	55 N
	nach innen	75 N

Grundsätzlich ist zu bedenken, dass die Aktionskräfte, die im Hand-Finger-Bereich aufgebracht werden können, vergleichsweise gering sind. Aufgrund der schnelleren Ermüdbarkeit von kleinen Muskeln gilt die Regel, dass bei anhaltender oder häufiger Kraftaufwendung der gleichen Muskelgruppe 10 % der möglichen Maximalkraft nicht überschritten werden sollten.

9.3.3 Arbeitsschutzmaßnahmen

Beachtung des Regelwerks

Repetitive Tätigkeiten mit hohen Handhabungsfrequenzen/manuelle Arbeitsprozesse werden fast ausschließlich an speziell gestalteten Arbeitsplätzen in Innenräumen ausgeführt. Es gibt hierzu ein vollständiges Regelwerk zum Arbeitsstättenrecht, zu den Arbeitsumweltbedingungen und ergonomische Normen zur anthropometrischen Gestaltung. Im Kapitel "Zwangshaltung (erzwungene Körperhaltung)" sind die einschlägigen Regeln zur Vermeidung von ungünstigen Körperhaltungen dargestellt. Gestaltungsempfehlungen werden auch von der MTM-Vereinigung bereitgestellt.

Neben der anthropometrischen Gestaltung sind insbesondere die Körperkräfte der Beschäftigten und die Arbeitsorganisation zu beachten.

Die prinzipiellen Möglichkeiten sind:

- montagegerechte Konstruktion und Technologie
  - leichte Zugänglichkeit der Arbeitsstellen
  - Vermeidung von hohen Fügekräfte
  - Vermeidung von unnötigen Bewegungen
  - Vermeidung von ungünstigen Gelenkstellungen
- Verwendung geeigneter Hilfsmittel
  - ergonomische Werkzeuge
  - Halte- und Fügevorrichtungen
  - Armabstützungen
  - Sehhilfen
- gute Arbeitsumweltbedingungen
  - Anordnung der Bedienelemente, Handlungsstellen und Anzeigeelemente in günstigen Bereiche
  - Arbeitsdrehstühle
  - ausreichender Bewegungsraum ohne Hindernisse
  - gute Beleuchtungsverhältnisse, insbesondere ausreichend hohe Beleuchtungsstärke, guter Kontrast, Vermeidung von Blendung
  - Einhaltung von Optimaltemperaturen, keine Zugluft
  - sichere und zugfreie Absaugung von Stäuben, Dämpfen und Rauchen
- gute Körperschutzmittel
  - spezielle Auswahl von Handschuhen, die die Greifbarkeit nicht behindert
  - physiologische günstige Reinraumkleidung
  - spezielle Auswahl von Schutzbrillen, insbesondere für Brillenträge
- gute Gestaltung psychischer Anforderungen
  - Vermeidung von schwerwiegenden Folgen bei Handlungsfehler
  - Vermeidung der Überforderungen durch Dauerkonzentration
  - Vermeidung von Monotonie
  - sichere Detailerkennbarkeit
- Arbeitsorganisation
  - angemessenes Arbeitspensum
  - ausreichende Erholzeiten
  - Vermeidung von Zwangstaktungen
  - Wechsel zwischen be- und entlastenden Tätigkeiten
  - Vermeidung von Zeitdruck

Weitere Hinweise zur Gestaltung und Handhabung von Stellteilen finden Sie im Kapitel Mensch-Maschine/Rechner-Schnittstelle.

Personenbezogene Maßnahmen

Folgende personenbezogene Maßnahmen sind zu empfehlen:

- **Unterweisung** der Beschäftigten mit Erläuterungen, die eigens auf die besonderen Gefährdungen durch manuelle Lastenhandhabung ausgerichtet sind:
  - vor Aufnahme der Tätigkeit der Beschäftigten
  - bei Veränderungen im Aufgabenbereich

  - der Einführung neuer Arbeitsmittel oder einer neuen Technologie
  - wenn besonders schutzbedürftige Beschäftigtengruppen derartige Tätigkeiten ausführen müssen (Berufseinsteiger, Jugendliche und junge Erwachsene, ältere Beschäftigte, Beschäftigte mit besonderer Konstitution oder Disposition)
- **tätigkeitsbezogenes** Training der Beschäftigten:
  - Auswahl geeigneter Hilfsmittel
  - richtige Körperhaltung
  - Gestaltung günstiger Arbeitsbedingungen bei manueller Arbeit,
  - Ausgleichsübungen
- **individuelle Beratung** der Beschäftigten im Rahmen der arbeitsmedizinischen Vorsorge.

  Rechtsgrundlage nach ArbMedVV (Anhang Teil 3 (2) 4b) und nach § 11 ArbSchG:
  - Wunschvorsorge: auf Wunsch des Beschäftigten bei nachgewiesener Gefährdungslage (ab 10 Punkten Gesamtpunktsumme bzw. Risikobereich 2 nach LMM Manuelle Arbeitsprozesse),
  - Angebotsvorsorge: bei Tätigkeiten mit wesentlich erhöhter körperlicher Belastung durch manuelle Arbeitsprozesse (ab 25 Punkten Gesamtpunktsumme bzw. Risikobereich 3 nach LMM Manuelle Arbeitsprozesse)

9.3.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur

Gesetze, Verordnungen

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV)

Regeln der Technik und der Arbeitsmedizin

- DIN 33 401: Stellteile – Begriffe, Eignung, Gestaltungshinweise 1977-07
- DIN EN 1005, Teil 5: Sicherheit von Maschinen – Menschliche körperliche Leistung – Teil 5: Risikobewertung für kurzzyklische Tätigkeiten bei hohen Handhabungsfrequenzen, Deutsche Fassung EN 1005-5:2007
- Arbeitsmedizinische Regel AMR 13.2: Tätigkeiten mit wesentlich erhöhten körperlichen Belastungen mit Gesundheitsgefährdungen für das Muskel-Skelett-System – Bek. d. BMAS v. 17.11.2014 – IIIb1-36628-15/9 -
- DGUV Information 240-460 (bisher BGI/GUV-I 504-46): Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 46 "Belastungen des Muskel- und Skelettsystems einschließlich Vibrationen"
- DGUV Information 208-033 (bisher BGI 7011): Gesunder Rücken – Gesunde Gelenke – noch Fragen?

Literatur

Hinweis: Die LASI-Veröffentlichung und die BAuA-Quartbroschüre enthalten die Leitmerkmalmethode aus dem Jahr 2012 (LMM-MA). Achtung: neue Version von 2019 verfügbar

- [1] Käschel, I.; Kunze, J.; Liebers, F.; Schultz, K.; Steinberg, U.; Wendenburg, A.
  Handlungsanleitung zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen bei manuellen Arbeitsprozessen LV
  57. Länderausschuss für Arbeitssicherheit (LASI):Potsdam, 2013
  (LASI-Veröffentlichungen, LV 57)
- [2] Rüschenschmidt, H.; Reidt, U.; Rentel, A.:
  Ergonomie im Arbeitsschutz. Menschengerechte Gestaltung der Arbeit.
  Bochum: Technik & Information 2004
- [3] Strasser, H.; Lauber, M.; Koch, W.:
  Produkt-ergonomische Beurteilungsmethoden für handbetätigte Arbeitsmittel.
  Z. Arb.wiss. 44 (16 NF) 1990, 4, 205-213
- [4] U. Steinberg, F. Liebers, A. Klußmann:
  Manuelle Arbeit ohne Schaden
  4. Auflage, Dortmund: BAuA 2014. (BAuA-Quartbroschüre)
- [5] **BGIA-Report 2/2007. Muskel-Skelett-Erkrankungen der oberen Extremität - Entwicklung eines Systems zur Erfassung und arbeitswissenschaftlichen Bewertung von komplexen Bewegungen der oberen Extremität bei beruflichen Tätigkeiten.**
  HVBG 2007
- [6] **Grundsatz G46 - Belastungen des Muskel-Skelett-Systems einschließlich Vibrationen.**
  In: DGUV (Hrsg.): Berufsgenossenschaftliche Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen (Arbeitsmedizinische Vorsorge).
  6. Auflage, Stuttgart: Gentner Verlag 2014, S. 869ff. und S. 959ff.
- [7] Wakula, A.; Berg, K.; Schaub, K.; Bruder, R.; Glitsch, U.; Ellegast, R.:
  Der montagespezifische Kraftatlas.
  In: BGIA-Report 3/2009. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin 2009

Internetangebote / Links

- **GDA-Arbeitsprogramm MSE "GDA-bewegt"**
  Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (BGW)
- **Präventionskampagne "Denk an mich. Dein Rücken."**
  gemeinsam getragen von Berufsgenossenschaften, Unfallkassen, der Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (SVLFG) und der Knappschaft
- **Physische Belastung - Gesundes Verhältnis zwischen Belastung und individueller Beanspruchung**
  Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)

9.3.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

- Werden immer gleiche manuelle Arbeiten mit hoher Bewegungsfrequenz oder längeren statischen Anteilen ausgeführt?
- Ist die Intensität hoch?
- Wird die Arbeit von den Beschäftigten als beanspruchend empfunden?

Wenn eine oder mehrere Fragen mit "ja" beantwortet werden, dann ist eine Beurteilung der Arbeitsbedingungen anhand der Leitmerkmalmethode vorzunehmen und gegebenenfalls Grenzwerte nach Abschnitt "Grenzwerte, Beurteilungskriterien" zu prüfen.

9.3.6 Autoren und Ansprechpartner

Autoren

- Dipl.-Ing. U. Steinberg
- Dr. sc. med. G. Caffier
- Dr. med. F. Liebers

Ansprechpartner

- BAuA, Gruppe 3.1, Berlin

9.4 Zwangshaltung (erzwungene Körperhaltung)

Arbeiten in ungünstigen Körperhaltungen und einseitige Belastungen bestimmter Muskelgruppen kommen in verschiedenen Berufen vor. Beispiele sind das Knien beim Fliesenlegen, das Hocken beim Schweißen, die Überkopfarbeit beim Deckentapezieren, das Arbeiten im Inneren von Kesseln oder Behältern, aber auch die Dateneingabe am Computer oder die manuelle Leiterplattenbestückung.

9.4.1 Art der Gefährdung und deren Wirkungen

Gefährdungsart

Langandauernde und/oder häufige erzwungene Körperhaltung und/oder häufig wiederkehrender Einsatz kleiner Muskelgruppen können Gesundheitsschäden verursachen.

Wirkungen auf die Gesundheit

Mögliche Wirkungen sind:

- Überbelastung einzelner Muskelgruppen und Gelenke mit den Folgen rascher Ermüdung, Schmerzen und frühzeitigem Verschleiß, Entzündung von Sehnen, Muskeln, "Repetitive Strain Injury" (RSI; Schädigung durch wiederholte, schnelle, kraftlose Bewegungen)
- Überbelastung des Herz-Kreislauf-Systems; Behinderung der Durchblutung der Arme oder Beine durch abgedrückte Blutgefäße mit der Folge der Blutdruckerhöhung

9.4.2 Grenzwerte, Beurteilungskriterien

Ungünstige Arbeitsgestaltung und -organisation

Müssen über **längere Zeit** erzwungene beziehungsweise unveränderte Körperhaltungen eingenommen werden, besonders bei

- ausschließlichem Sitzarbeitsplatz ohne Wechsel der Körperhaltung,
- fehlendem Bein-/Fußraum,
- körperferner Anordnung der Arbeitsmittel und Stellteile,
- zu geringer oder zu großer Arbeitshöhe,
- eingeschränkter Bewegungsfreiheit,
- ungünstiger Kombination der Arbeitsmittel und –möbel,

so sollte

- der Arbeitsplatz nach den unter Abschnitt "Arbeitschutzmaßnahmen" gegebenen Empfehlungen umgestaltet werden und
- die Aufgabengestaltung so verändert werden, dass ein Wechsel der Körperhaltung möglich ist.
  Eine Bewertung der Körperhaltung erfolgt zusammen mit der jeweiligen Aufgabe beispielsweise im Rahmen der "Leitmerkmalmethode Körperzwangshaltung".

9.4.3 Arbeitsschutzmaßnahmen

Arbeitsplatzgestaltung

Um während der Arbeitstätigkeit natürliche Körperhaltungen und natürliche Bewegungsabläufe zu ermöglichen, ist eine Anpassung der Arbeitsplätze an die Körpermaße des Menschen und an die erforderlichen Arbeitsabläufe nötig. Kann die Arbeitstätigkeit sowohl im Sitzen als auch im Stehen ausgeübt werden, ist wechselnde (alternierende) Steh-Sitz-Arbeit ein sinnvoller Beitrag zur Prävention von Muskel- und Skeletterkrankungen: Im Stehen und im Sitzen werden dieselben Muskeln unterschiedlich stark beansprucht, so dass jeder Haltungswechsel zu einer dynamischen Beanspruchung der Muskulatur beiträgt.

Bei Steharbeit sollte vor allem auf eine angemessene Arbeitsplattenhöhe sowie die Bereitstellung einer Stehhilfe (siehe unten) geachtet werden. Bei Sitzarbeitsplätzen ist auch auf die Höhe, Breite und Tiefe des Beinfreiraums sowie geeignet gestaltete Sitzgelegenheiten zusammen mit eventuell erforderlichen Fußstützen zu achten.

Körpermaße

Mit der Anpassung der Arbeitsplätze an die Körpermaße des Menschen werden natürliche Körperhaltungen und damit natürliche Bewegungsabläufe gewährleistet.

- In DIN 33402-2 sind die Maße für Personen aus der Bundesrepublik Deutschland zusammengestellt. Diese Maße gelten aber für den unbekleideten Menschen, so dass für Arbeits- und Schutzkleidung Bekleidungszuschläge erforderlich sind.
- DIN EN ISO 15537 sowie DIN CEN ISO/TR 7250-2 enthalten wichtige Körpermaße der Weltbevölkerung.
- Als allgemeine Gestaltungsregel gilt: Innenmaße müssen sich an der größten, Außenmaße an der kleinsten Person orientieren.
- Bei der Gestaltung von Arbeitsplätzen, Maschinen und Werkzeugen nach ergonomischen Gesichtspunkten sollten Körpergrößenbereiche und nicht konkrete Körpermaße einer einzelnen Person verwendet werden.

Bewegungsraum

Der Bewegungsraum ist abhängig von der auszuführenden Tätigkeit und den Körpermaßen und muss dem Menschen angepasst sein. Dadurch können gesundheitsgefährdende oder ermüdende Körperhaltungen weitgehend vermieden werden.

Richtmaße finden sich in Abbildung 9.4-1, DIN 33402-2 und -3, DIN EN 1005-4 und DIN EN ISO 14738.

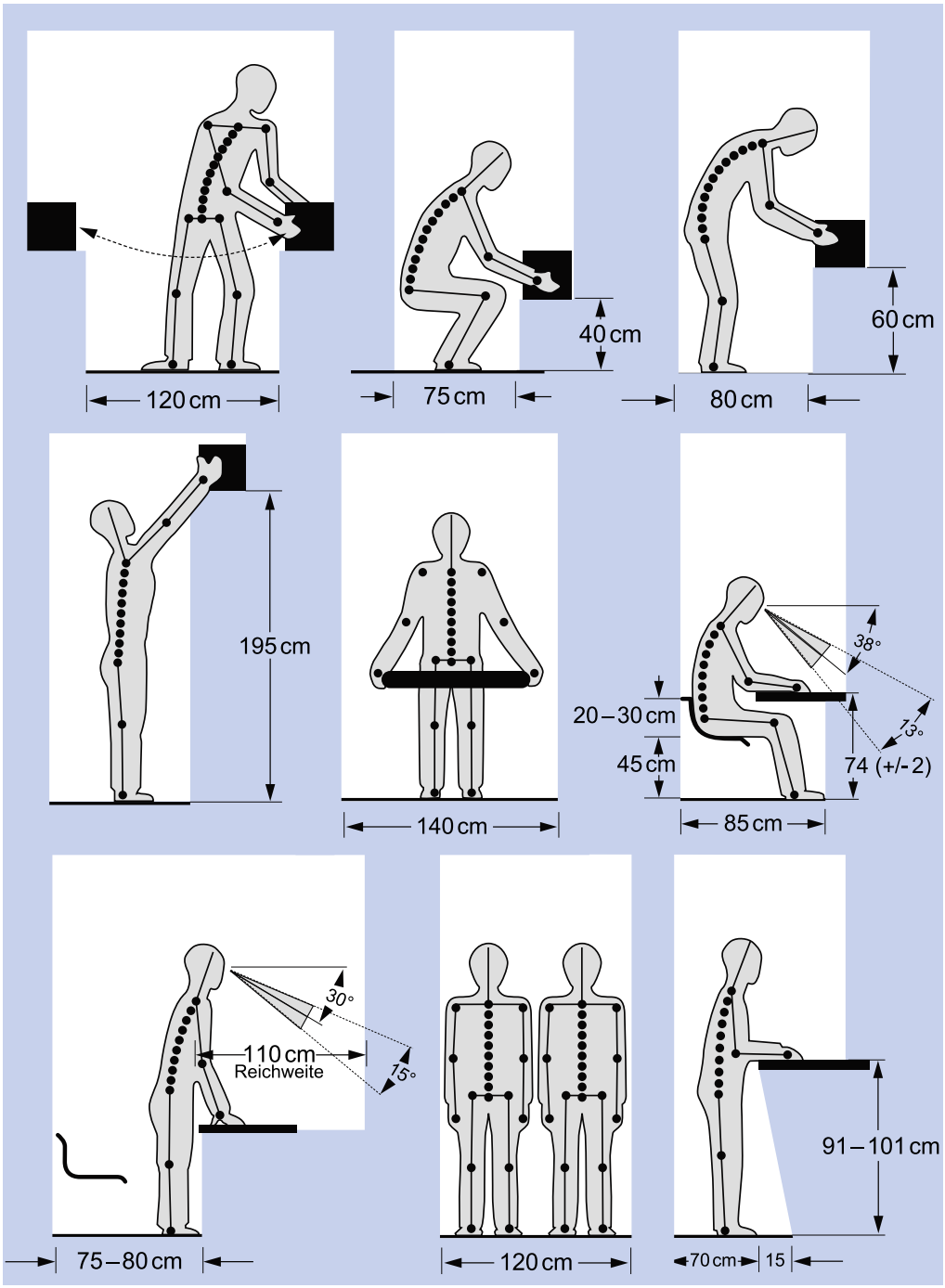


Abbildung 9.4-1. Richtwerte für den Raumbedarf (BGHM Information 101, ersetzt BGI 523).

Für die Festlegung des funktionellen Bewegungsraums am Arbeitsplatz sollten zwei Aspekte berücksichtigt werden:

- Sind am Arbeitsplatz größere Kräfte zu übertragen, so muss der verfügbare Raum so bemessen sein, dass der ganze Körper ungehindert bewegt werden kann.
- Sind am Arbeitsplatz Betriebsmittel zu benutzen, zu bedienen oder zu warten, so bestimmt sich der notwendige Bewegungsraum sowohl nach der Nutzerpopulation (Männer und/oder Frauen) als auch nach der Körperhaltung bei der Arbeit.

Mindestfreiräume

Die folgenden Mindestfreiräume (nach [1]) sollten berücksichtigt werden:

Tabelle 9.4-1 Mindestfreiräume

Körperhaltung	Höhe (mm)	Breite (mm)	Tiefe (mm)
stehen	1950	600	750
sitzen[1]	1950	600	800
gebückt stehen[2]	1250	800	1000
hocken	1250	700	900
knien	1500	700	1100

[1] Werden am Arbeitsplatz Hochstühle verwendet, so bemisst sich der minimale Freiraum in der Höhe von der Fußstütze des Stuhls bis zur Decke bzw. Unterkante von Überkopfeinbauten.
[2] nur für kurzzeitige Wartungsarbeiten zulässig

Greifräume

Es werden verschiedene, an physiologischen Kriterien orientierte Greifräume unterschieden (Abbildung 9.4-2):

– physiologisch maximaler Greifraum (großer Greifraum):
  - Raum, der ohne Mitbewegen der Schulter und bei nicht völlig gestrecktem Arm erreichbar ist
  - vor allem für Arbeiten im Stehen (für Entfaltung großer Körperkräfte in weitem Arbeitsfeld) geeignet
  - hohe Beweglichkeit und Flexibilität der Hand (als Greiforgan) erreicht

– kleiner (optimaler) Greifraum:
  - bei angewinkelten Oberarmen durch Länge der Unterarme bestimmt
  - besonders geeignet für zielgerichtete, feinmotorische Tätigkeiten, für geschicklichkeitsbetonte Arbeiten mit schnellen und genauen Bewegungen, für häufige Bewegungen

Stellteile, Werkzeuge und Werkstücke, Hilfsmittel unter anderem Arbeitsmaterial sollten im physiologischen Greifraum, häufig und bewegungsintensiv genutzte Arbeitsmittel und Arbeitsgegenstände im kleinen Greifraum angeordnet sein.

Übermäßige (das heißt über den maximalen hinaus gehende) Greifräume erhöhen das Risiko von Beschwerden im Rücken und in den Schultern.

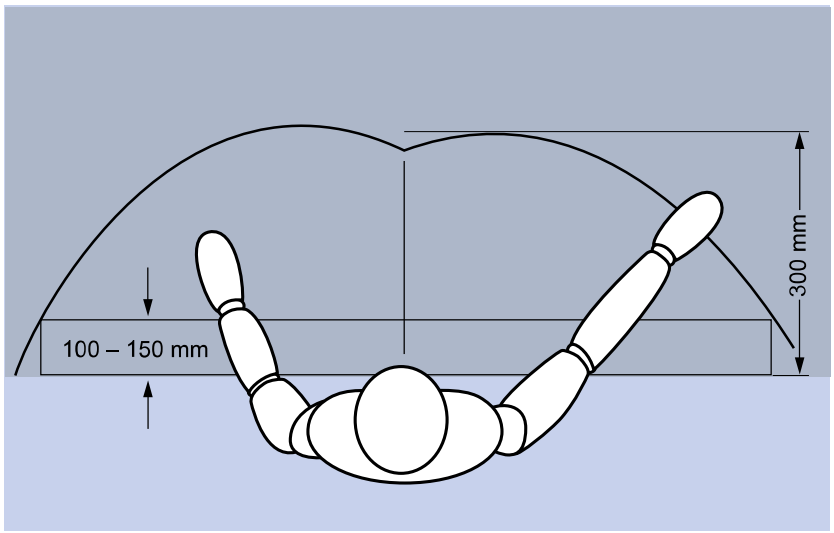


Abbildung 9.4-2. Greifraum (vgl. DGUV Information 215-410, bisher BGI 650)

Beinfreiraum

Maße für den Beinfreiraum lassen sich nach Abbildung 9.4-3 ableiten. Hierbei gelten die folgenden Grundsätze:

- Orientierung an der größten Person (meist ein Mann), deshalb höhenverstellbarer Tisch empfehlenswert
- Beinraumtiefe auch zum Beispiel an Konsolen und Steuerpulten beachten
- Beinraumbreite richtet sich nach der für die Tätigkeit erforderlichen seitlichen Beweglichkeit (mindestens 70 cm)

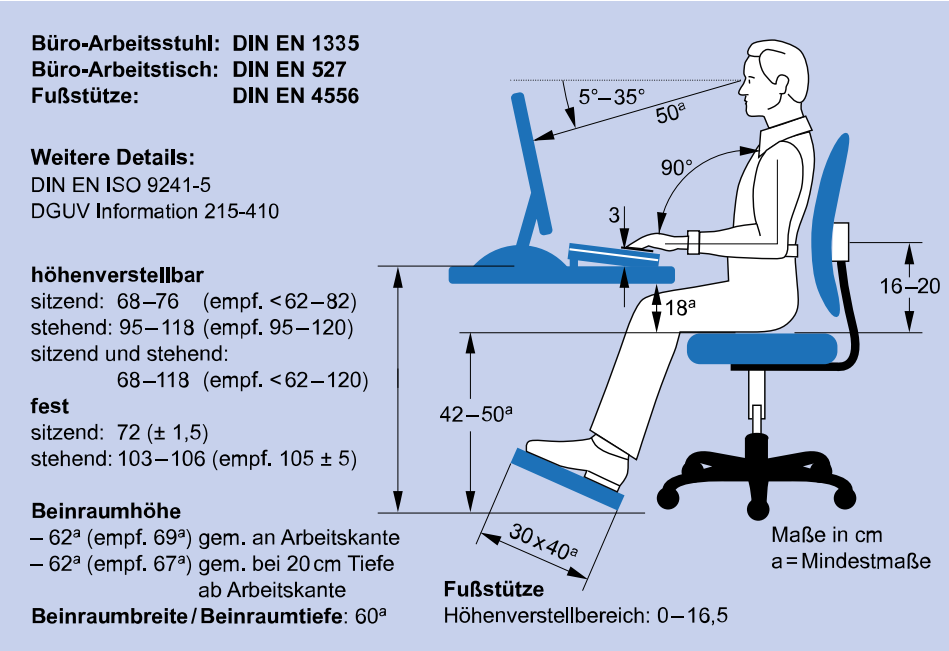


Abbildung 9.4-3. Beinfreiraum [6]

Sehraum

Hinsichtlich der Gestaltung des Sehraumes ist die Bemaßung des Blickfeldes von vorrangiger Bedeutung. Das Blickfeld umfasst den Bereich, in dem bei fester Kopfhaltung und bewegten Augen Gegenstände fixiert werden können.

- Kopf und Nacken sollten bei Arbeit im Stehen auf die Dauer nicht mehr als um 15° nach vorn geneigt sein; andernfalls ist mit Ermüdungserscheinungen zu rechnen (Abbildung 9.4-4 und 9.4-5).
- Die bevorzugte Sehlinie liegt im Mittel zwischen 20° und 30° unter der Horizontalebene (0°).
- Um ungünstige Blickwinkel zu vermeiden, sollte der Hauptarbeitsbereich (zum Beispiel Anzeigen, Instrumente) je nach Wichtigkeit und Häufigkeit des Ablesens nahe der Sehlinie im optimalen oder maximalen Blickfeld angeordnet werden.

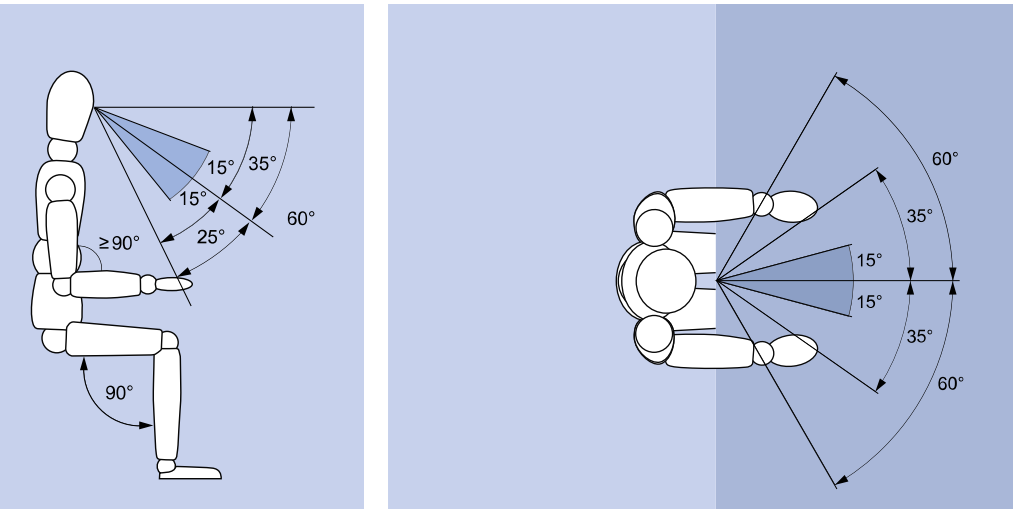


Abbildung 9.4 – 4 Referenzsitzmaße (vgl. DGUV Information 215-410, bisher BGI 650)

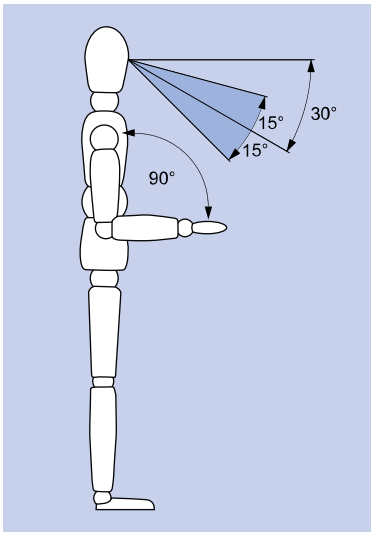


Abbildung 9.4-5 Referenzstehmaße (vgl. DGUV Information 215-410, bisher BGI 650)

Arbeitshöhe

Als Arbeitshöhe wird die Höhe der Wirkstelle an zu bearbeitenden Teilen bezeichnet. Sie sollte auch unter Berücksichtigung der aufzuwendenden Körperkraft und der Sehaufgabe ermittelt werden.

- detaillierte Empfehlungen zur systematischen Vorgehensweise bei der Ermittlung aufgabenabhängiger Arbeitsplatzmaße im Produktionsbereich siehe DIN EN ISO 14738

Bei stehender Arbeit sind Arbeitshöhen, die 5 bis 10 cm unter der Ellenbogenhöhe liegen, am günstigsten. Zusätzlich sollte die Art der Arbeit berücksichtigt werden [2]:

- für feine Arbeiten (zum Beispiel Zeichnen) Abstützung der Ellenbogen erwünscht, da dadurch Rumpfmuskulatur entlastet wird
  - Arbeitshöhe circa 5 cm - 10 cm über Ellenbogenhöhe
- bei manuellen Tätigkeiten Raum für Behälter, Werkzeuge, Arbeitsgut berücksichtigen
  - Arbeitshöhe circa 10 cm - 15 cm unter Ellenbogenhöhe
- bei kraftaufwendigen Arbeiten (zum Beispiel schwere Montagearbeiten) niedrige Arbeitshöhen günstig
  - Arbeitshöhe circa 15 cm - 40 cm unter Ellenbogenhöhe

Arbeitstische

Für Arbeitstische gelten die folgenden ergonomischen Empfehlungen [1]:

- Der Arbeitstisch muss stand- und kippsicher sein.
- Der Arbeitstisch darf keine scharfen Ecken und Kanten aufweisen.
- Die Tischoberfläche darf nicht spiegeln oder blenden (Reflexionsgrad zwischen 20 und 50 %).
- feste Arbeitsflächenhöhen (Tischhöhen) für stehende Arbeit siehe Abbildung 9.4-6 (allgemeine Richtwerte ohne Berücksichtigung individueller Körpermaße)
- Aus ergonomischer Sicht ist eine individuelle Anpassung der Arbeitshöhe wünschenswert (siehe auch Abbildung 9.4-6).
- Exakte Anpassung der Höhen an verschiedene Körpergrößen bedingt Höhenverstellbarkeit der Arbeitsflächen
  - Maßnahme: leicht höhenverstellbare Tische (mindestens im Bereich zwischen 68 und 115 cm), Erhöhung der Tischbeine
- wenn Verstellbarkeit nicht möglich:
  - grundsätzlich Berücksichtigung eher der großen als der kleinen Personen, da durch Roste, Holzunterlagen und so weiter, Anpassung für kleine Personen leichter zu erreichen ist

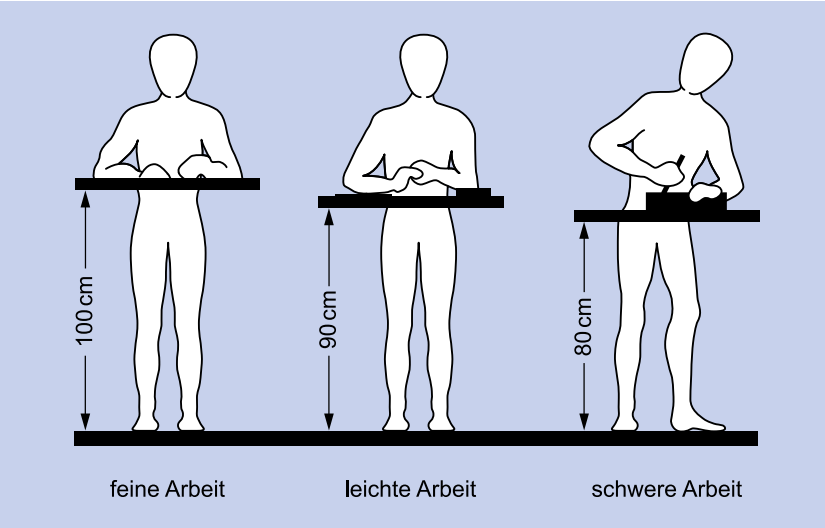


Abbildung 9.4-6. Empfohlene feste Arbeitsflächenhöhen bei stehender Arbeit für beide Geschlechter (nach [2])

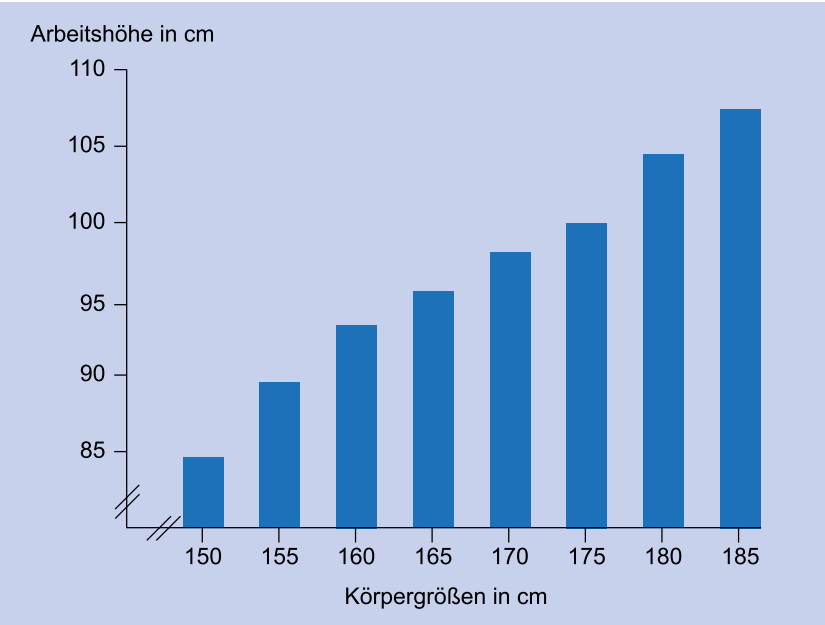


Abbildung 9.4-7. Empfohlene Arbeitshöhen für stehende leichte Handarbeit in Abhängigkeit der Körpergrößen [2]

Bei sitzender Arbeit gelten (zum Teil zusätzlich; siehe oben) die folgenden ergonomischen Empfehlungen:
- Ermittlung der Maße von Arbeitstischen für sitzende Tätigkeit im Produktionsbereich siehe DIN EN ISO 14738
- Maße von Arbeitstischen für vorwiegend sitzende Tätigkeit im Bürobereich (Schreibtische, Bildschirmarbeitstische), siehe DIN EN 527-1
- Maße von Arbeitstischen für alternierende Steh-Sitz-Arbeit siehe DGUV Information 215-410, bisher BGI 650 sowie [6]

Armauflagen

Armauflagen sind notwendig, wenn bei feinmotorischen Präzisionsarbeiten der Ellenbogen oder der Unterarm eine von der Arbeitsplatte unabhängige Unterstützung benötigt.

Sollte keine Notwendigkeit bestehen, können Armauflagen zur Entlastung der Schulter-/Nacken- und Rückenmuskulatur, insbesondere in der hinteren Sitzhaltung, dennoch sinnvoll sein.

Für Armauflagen gelten die folgenden ergonomischen Empfehlungen: [1]
- Die lichte Distanz d zwischen den Armauflagen sollte 400 mm < d < 500 mm sein.
- Sofern keine variable Höhenverstellung vorhanden ist, sollte die Höhe h der Auflagefläche der Armauflagen zwischen dem Sitzreferenzpunkt 180 mm < h <= 230 mm betragen.
- Die Breite der Auflagefläche darf 50 mm nicht unterschreiten.
- Armauflagen, die an neigungsverstellbare Rückenlehnen angelenkt sind, sollten in ihrer Neigung so verstellbar sein, dass sie unabhängig vom Lehnenanstellwinkel in eine horizontale Position gebracht werden können.
- Armauflagen an bodenfesten Sitzen und an drehbaren Hochstühlen sollten dann hochklappbar sein, wenn andernfalls der Zugang zum und der Abgang vom Arbeitsplatz unzumutbar behindert oder die Sitzdrehung eingeschränkt wird.
- Armauflagen sollten gepolstert sein, um die Flächenpressung besonders im Ellenbogenbereich zu senken.

Fußstützen

Fußstützen können bei Einsatz fester Arbeitsflächenhöhen ein Hilfsmittel für eine physiologische Körperhaltung und zur Vermeidung hoher Flächenpressung an den Oberschenkeln im Bereich der Sitzvorderkante sein. Dies gilt besonders bei der geringen Oberschenkellänge kleiner Personen und bei hochgestelltem Sitz.

Sie können aufgrund der geringen Aufstellfläche aber zu Zwangshaltungen führen. Besser als Fußstützen ist daher die Verwendung von höhenverstellbaren Arbeitstischen (optimal: leicht elektromotorisch höhenverstellbare Arbeitstische zur alternierenden Steh-Sitz-Arbeit).

Für Fußstützen gelten die folgenden ergonomischen Empfehlungen: [1]
- DIN 4556 gibt die Auftrittsfläche mit einer Breite von mindestens 500 mm und einer Tiefe >= 330 mm an. Da sich jedoch diese Auftrittsfläche als viel zu klein erwiesen hat, sollten größere Fußstützen gewählt werden.
- Der Höhenverstellbereich sollte zwischen 30 mm und mindestens 125 mm liegen.
- Unabhängig von der Höhenverstellung sollte eine Veränderung des Anstellwinkels zwischen 0° und - je nach Ausführung - circa 10° bis 40° vorgesehen werden.
- Fußstützen sollten aus Werkstoffen geringer Wärmeleitfähigkeit gefertigt werden, um den Wärmeentzug der Füße klein zu halten.
- Fußstützen sollten rutschfest auf dem Boden aufliegen oder an dem Arbeits- beziehungsweise Betriebsmittel befestigt sein.
- Höhen- und Neigungsverstellungen sollten in sitzender Haltung mit den Füßen vorgenommen werden können (Arbeitsplatz mit wechselnder Personalbesetzung).

Arbeitssitze

Die Art der gewählten Körperhaltung bestimmt entscheidend die Beanspruchung der arbeitstätigen Person. Die folgenden Vor- und Nachteile stehender und sitzender Tätigkeit sollten bei der Planung von Arbeitssystemen berücksichtigt werden.

Arbeit im Stehen
- Vorteile:
  - Gute Ausnutzung der Bewegungsmöglichkeiten von Armen und Beinen; Ortswechsel leicht möglich
  - Gut geeignet für kraftbetontes Arbeiten

    - Sehr großes Blickfeld
- Nachteile:
    - Hoher Energieaufwand – schnelle Ermüdung
    - Geringe Oberkörperstabilität, daher für Präzisionsarbeiten wenig geeignet
    - Beinbeschwerden/Gefäßerkrankungen der unteren Extremitäten können begünstigt werden

Arbeit im Sitzen

- Vorteile:
    - Entlastung der Beine, zum Teil auch der Arme (Armauflagen)
    - reduzierter Energieverbrauch
    - Entlastung des Kreislaufs
    - Hohes Komfortempfinden
- Nachteile:
    - Belastung der Wirbelsäule und der Rückenmuskulatur bei statischem Sitzverhalten
    - Erschlaffung der Bauchmuskulatur
    - Entwicklung des Rundrückens
    - ungünstig für Verdauungs- und Atmungsorgane

Dynamisches Sitzen

Da statisches Sitzen zu einer Dauerbelastung der Wirbelsäule führen kann, wird dynamisches Sitzen, das heißt wechselnde Sitzhaltung (siehe Abbildung 9.4-8), empfohlen. Geeignete Sitzmöbel sind hierfür erforderlich.

Der häufige Wechsel der Sitzhaltung reduziert die Ermüdung der am Sitzen beteiligten Muskelgruppen (Gesäß-, Bauch-, Rücken- und Halsmuskeln).

Als generelle Empfehlung für dynamisches Sitzen gilt: Die beste Körperhaltung ist immer die nächste.

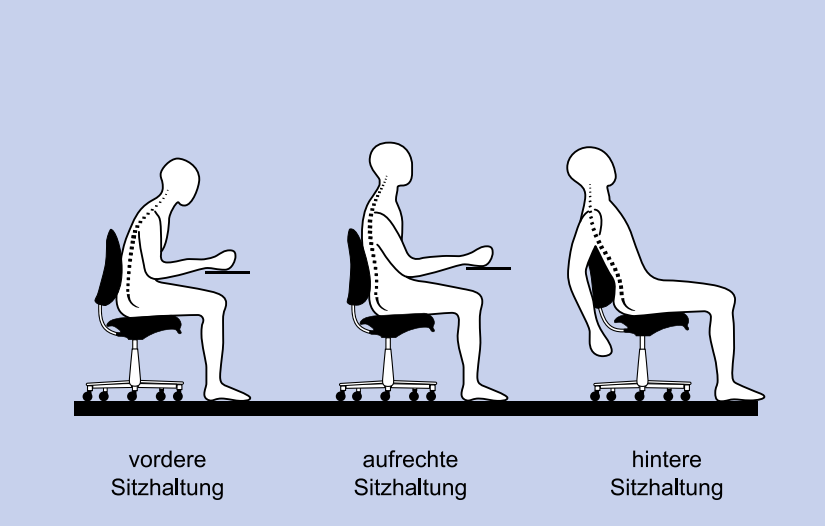


Abbildung 9.4-8. Dynamisches Sitzen (vgl. DGUV Information 215-410, bisher BGI 650)

Für Arbeitssitze gelten die folgenden ergonomischen Empfehlungen:

- Der Sitz muss stand- und kippsicher sein.
- Der Sitz soll höhenverstellbar (mindestens im Bereich von 42 bis 50 cm) sein.
- Der Sitz soll den Nutzer beim Hinsetzen leicht abfedern, um die Stoßbelastung der Wirbelsäule zu reduzieren.
- Der Sitz darf keine scharfen Kanten aufweisen.
- Die Vorderkante sollte abgerundet sein.
- Sofern möglich sollte der Sitz atmungsaktiv gepolstert sein.
- Die Rückenlehne muss in Höhe und Neigung verstellbar sein.
- Das Unterteil ist drehbar mit 5 Rollen oder Gleitern.
- Bei Ausstattung mit Rollen ist der Rollwiderstand an den Fußbodenbelag anzupassen. Dabei ist zu leichtes Rollen ist zu vermeiden.
- Abmessungen und Verstellbereiche siehe [6]; nach DIN EN 1335-1 (Bürodrehstühle) beziehungsweise DIN 68877 (Arbeitsdrehstühle)

– Anforderungen an Arbeitssitze siehe auch Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse Nummer 37 und 39 [3]; [4]

Stehhilfen

Stehhilfen sind Hilfsmittel beim Wechsel zwischen stehender und sitzender Körperhaltung. Sie ermöglichen es Personen an Steharbeitsplätzen, sich mit dem Gesäß abzustützen, wobei der Bodenkontakt der Füße beibehalten wird (Entlastung des Kreislaufs und Stützapparats).

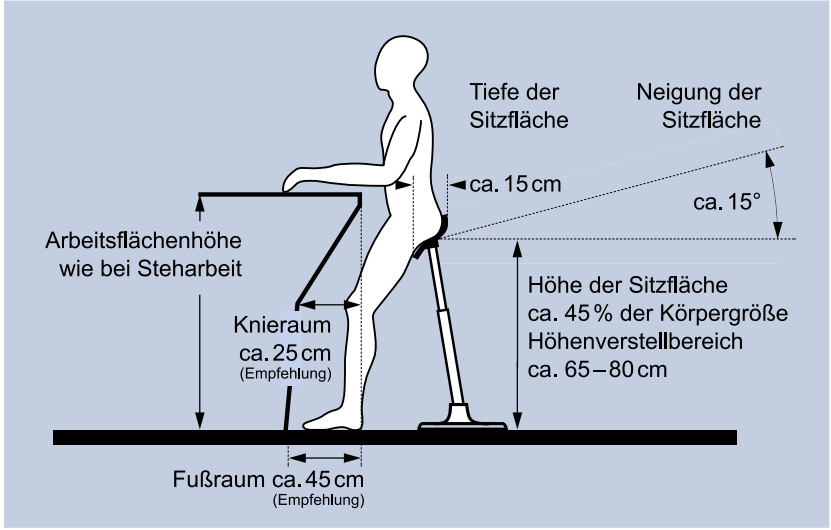


Abbildung 9.4-9. Verwendung von Stehhilfen (nach [5])

Stehhilfen eignen sich jedoch nur bei Arbeiten, die vorwiegend von einem festen Platz aus durchgeführt werden und wenig Körperbewegung erfordern oder bei Arbeiten an wechselnden, jedoch eng zusammenliegenden Stellen.

Personenbezogene Maßnahmen

Folgende personenbezogene Maßnahmen sind zu empfehlen:

– **Unterweisung** der Beschäftigten mit Erläuterungen, die eigens auf die besonderen Gefährdungen durch Zwangshaltungen ausgerichtet sind:
  - vor Aufnahme der Tätigkeit der Beschäftigten,
  - bei Veränderungen im Aufgabenbereich,
  - wenn besonders schutzbedürftige Beschäftigtengruppen derartige Tätigkeiten ausführen müssen (Berufseinsteiger, Jugendliche und junge Erwachsene, ältere Beschäftigte, Beschäftigte mit besonderer Konstitution oder Disposition)

– **tätigkeitsbezogenes** Training der Beschäftigten, z.B.:
  - Schulung günstiger Körperhaltungen
  - Strategien zur Verringerung oder Vermeidung von Zwangshaltungen
  - präventive Vermittlung von Ausgleichsbewegungen

– **individuelle Beratung** der Beschäftigten im Rahmen der arbeitsmedizinischen Vorsorge
  - Angebotsvorsorge:
    Gemäß der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) Anhang Teil 3 (2) 4c, ist "bei Tätigkeiten mit wesentlich erhöhten körperlichen Belastungen, die mit Gesundheitsgefährdungen für das Muskel-Skelett-System durch Arbeiten in erzwungenen Körperhaltungen im Knien, in langdauerndem Rumpfbeugen oder -drehen oder in vergleichbaren Zwangshaltungen verbunden sind" bzw. bei Tätigkeiten mit wesentlich erhöhter körperlicher Belastung durch erzwungene Körperhaltungen (ab 25 Punkten Gesamtpunktsumme bzw. Risikobereich 3 nach LMM Körperzwangshaltung), eine arbeitsmedizinische Angebotsvorsorge vorgesehen.
  - Wunschvorsorge:
    Gemäß dem Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)), § 11 Arbeitsmedizinische Vorsorge: "Der Arbeitgeber hat den Beschäftigten auf ihren Wunsch unbeschadet der Pflichten aus anderen Rechtsvorschriften zu ermöglichen, sich je nach den Gefahren für ihre Sicherheit

und Gesundheit bei der Arbeit regelmäßig arbeitsmedizinisch untersuchen zu lassen, es sei denn, auf Grund der Beurteilung der Arbeitsbedingungen und der getroffenen Schutzmaßnahmen ist nicht mit einem Gesundheitsschaden zu rechnen."

9.4.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur

Gesetze, Verordnungen

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

Weitere Regeln der Technik

- DIN EN 527-1: Büromöbel - Büro-Arbeitstische - Teil 1: Maße
- DIN EN 1335-1, Berichtigung 1: Büromöbel - Büro-Arbeitsstuhl - Teil 1: Maße; Bestimmung der Maße
- DIN 4556: Büromöbel - Fußstützen für den Büroarbeitsplatz; Anforderungen, Maße
- DIN 33402-1: Ergonomie - Körpermaße des Menschen - Teil 1: Begriffe, Messverfahren
- DIN 33402-2, Berichtigung 1: Ergonomie – Körpermaße des Menschen – Teil 2: Werte
- DIN 33402-2: Ergonomie – Körpermaße des Menschen – Teil 2 Werte, Beiblatt 1: Anwendung von Körpermaßen in der Praxis
- DIN EN ISO 15537: Grundsätze für die Auswahl und den Einsatz von Prüfpersonen zur Prüfung anthropometrischer Aspekte von Industrieerzeugnissen und deren Gestaltung
- DIN 68877-2: Industie-Arbeitsdrehstuhl - Teil 2: Sicherheitsanforderungen und Prüfverfahren
- DIN EN 1005-4/A1: Sicherheit von Maschinen - Menschliche körperliche Leistung - Teil 4: Bewertung von Körperhaltungen und Bewegungen bei der Arbeit an Maschinen; Deutsche Fassung EN 1005-4/prA1
- DIN EN ISO 9241-5: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten - Teil 5: Anforderungen an Arbeitsplatzgestaltung und Körperhaltung
- DIN EN ISO 9241-6: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten - Teil 6: Leitsätze für die Arbeitsumgebung
- DIN EN ISO 14738: Sicherheit von Maschinen - Anthropometrische Anforderungen an die Gestaltung von Maschinenarbeitsplätzen
- DIN CEN ISO/TR 7250-2: Wesentliche Maße des menschlichen Körpers für die technische Gestaltung – Teil 2: Anthropometrische Datenbanken einzelner Bevölkerungen von ISO-Mitgliedsländern
- DIN EN ISO 6385: Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen (ISO 6385); Deutsche Fassung EN ISO 6385
- BGHM Information 101: Broschüre Mensch und Arbeitsplatz in der Holz- und Metallindustrie, ersetzt die BGI 523
- DGUV Information 215-410 (bisher BGI 650): Bildschirm- und Büroarbeitsplätze - Leitfaden für die Gestaltung
- DGUV Information 240-370 (bisher BGI 504-37): Auswahlkriterien für spezielle arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 37 "Bildschirmarbeitsplätze"
- DGUV Information 240-460 (bisher BGI/GUV-I 504-46): Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 46 "Belastungen des Muskel- und Skelettsystems einschließlich Vibrationen"

Literatur

- [1] Schmidtke, H.:
  Ergonomie.
  München, Wien: Hanser 1993
- [2] Grandjean, E.:
  Physiologische Arbeitsgestaltung - Leitfaden der Ergonomie.
  Landsberg: ecomed 1991
- [3] Kirchner, A.; Kirchner, J.-H:
  Arbeitssitze und ihr Einsatz an Arbeitsplätzen im Produktionsbereich.
  Dortmund: BAU 1988 (Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse, 37: Arbeitssitze 1)
- [4] Kirchner, A.; Kirchner, J.-H.:
  Arbeitssitze und ihr Einsatz an Arbeitsplätzen im Büro- und Dienstleistungsbereich.
  Dortmund: BAU 1988 (Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse, 39 : Arbeitssitze 2)
- [5] Windberg, J.-H.; Rademacher, U.:
  Entlastung an Steharbeitsplätzen.
  Dortmund: BAU 1988 (Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse, 54: Verwendung von Stehhilfen)

– [6] Lange, W.; Windel, A.:
Kleine ergonomische Datensammlung.
Köln: TÜV-Verlag 2013
– Berger, H.; Caffier, G.; Schultz, K; Trippler, D.:
Bewegungsergonomische Gestaltung von andauernder Steharbeit - Eine Handlungsanleitung zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen LV 50.
Länderausschuss für Arbeitssicherheit (LASI):Potsdam, 2009
(LASI-Veröffentlichungen, LV 50)

9.4.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

- Können über längere Zeit erzwungene beziehungsweise unveränderte Körperhaltungen vermieden werden, zum Beispiel durch Umgestaltung des Arbeitsplatzes?
- Ist ein Wechsel der Körperhaltung durch organisatorische Maßnahmen möglich?
- Wurden Maßnahmen getroffen, um eine Belastung durch Tätigkeiten mit häufig wiederkehrendem Einsatz kleiner Muskelgruppen (zum Beispiel der Finger, Hände, Arm) über längere Zeit möglichst gering zu halten?

Festgestellte Gefährdungen/Mängel

- Belastung durch langandauernde und/oder häufig erzwungene Körperhaltung
  (zum Beispiel Hocken, Knien, Liegen, Stehen, Sitzen, verdreht, gebeugt, überstreckt (Überkopfarbeit))
- Belastung durch häufig wiederkehrenden Einsatz kleiner Muskelgruppen
  (zum Beispiel Dateneingabe am Computer, manuelle Leiterplattenbestückung)

Maßnahmen

- Zwangshaltungen / ungünstige Körperhaltungen vermeiden; Belastung kleiner Muskelgruppen reduzieren ...
- Arbeitsplatz umgestalten ... (zum Beispiel Bewegungsraum, Greifraum, Beinfreiraum, Sehraum, Arbeitshöhe)
- Arbeitsorganisation verbessern ... (Wechsel der Körperhaltung (stehend/sitzend) ermöglichen, Pausen, Tätigkeitswechsel)
- Armstützen, Fußstützen, geeignete Arbeitssitze (auch Stehhilfen) bereitstellen ...
- Beschäftigte unterweisen ... (zum Beispiel Stuhleinstellung, richtiges Sitzen)
- technische Hilfsmittel einsetzen

Ein Formblatt mit Handlungsanleitung zur Belastungsart "Zwangshaltung (erzwungene Körperhaltung)" finden Sie hier: Gefährdungsbeurteilung mit Hilfe der Leitmerkmalmethode

9.4.6 Autoren und Ansprechpartner

Autoren

– Dr. phil. H.-J. Windberg
– Dr. A. Windel
– Dipl.-Ing. E. Tschöcke
– Dr. S. Wischniewski
– Dr. D. Bonin

Ansprechpartner

– Dr. S. Wischniewski
BAuA, FG 2.3, Dortmund

9.5 Steigen, Klettern

Die Kurzbegriffe "Steigen, Klettern" stehen beispielhaft für anstrengende arbeitsbedingte Bewegungen mit hoher dynamischer Ganzkörperbelastung. Sie sind vielfältig und lassen sich nach folgenden Merkmalen differenzieren:

- Ersteigen von höher gelegenen Arbeitsplätzen über Treppen/Leitern/Steigeisengänge (zum Beispiel Turmdrehkrane, Hochspannungsmaste, Mobilfunksendeanlagen, Windkraftanlagen, Gerüste, VanCarrier, Schornsteine, Schächte)
- Arbeit an schwer erreichbaren Stellen (zum Beispiel Fassadenarbeiten mit Seilsicherung/handbetriebenen Arbeitskörben, Gerüstbau, Felssicherung)
- Bewegung im Gelände mit Steigungen und/oder weichem Boden (zum Beispiel Forstarbeit, Weinbau in Steillagen, Bergbau)
- kriechender/stark gebückter Zugang zu Arbeiten in Kanälen mit geringer Höhe (zum Beispiel Luftleitungskanäle, Abwasserkanäle, Kollektorkanäle)
- gewerbsmäßige Bewegung von muskelkraftbetriebenen Fahrzeugen (zum Beispiel Postzustellung, Fahrradkuriere, Velotaxis, Fähren)

Grundsätzlich werden dabei nur solche Arbeitstätigkeiten betrachtet, die von der Mehrzahl aller Beschäftigten ohne besondere Bedingungen ausgeführt werden können. Tätigkeiten wie zum Beispiel Feuerwehr, Grubenwehr und Polizeidienst werden aufgrund der besonderen Regelungen und speziellen Personalauswahl nicht berücksichtigt.

9.5.1 Art der Gefährdung und deren Wirkungen

Hinsichtlich der Beurteilung der physischen Belastung sind die Aspekte der Kreislaufbelastung, der biomechanischen Belastung und der spezifischen Unfallgefahren zu berücksichtigen.

Herz-Kreislaufbelastung

Die Herz-Kreislaufbelastung beim Steigen und Klettern führt zu allgemeiner, beim Gesunden voll reversibler körperlicher Ermüdung. Bei Personen mit Herz-Kreislauferkrankungen besteht jedoch die Gefahr von ernsten Kreislaufstörungen Bei erheblicher Anstrengung kann auch bei Gesunden die Grenze der Leistungsfähigkeit erreicht werden. Damit ist die Arbeitsaufgabe nicht mehr ausführbar.

Muskel-Skelettbeschwerden

Hohe Intensität und Dauer/Häufigkeit von Bewegungs- und Haltungskräften sowie ungünstige Körperhaltungen sind eine Gefahr für das Muskel-Skelett-System. Es können gesundheitliche Folgeerscheinungen auftreten:

- akute schmerzhafte Schädigungen durch kurzzeitige mechanische Fehlbelastung mit deutlicher Funktionseinschränkung (Druckschmerz beim Knien, Muskelermüdung)
- chronische Schäden durch fortgesetzte mechanische Fehlbelastungen mit stetig zunehmenden Dauerbeschwerden [Muskelverspannung, Kniegelenkbeschwerden, Wirbelsäulenbeschwerden (insbesondere Lenden- und Halswirbelsäule)]

Unfallgefahr

Steigen, Klettern und Kriechen erfolgen häufig unter schwierigen Bedingungen. Damit besteht die Gefahr des Ausgleitens, Anstoßens oder Abstürzens.

Mit zunehmender körperlicher Ermüdung verringern sich die Körperkräfte und die Bewegungskoordination wird schlechter. Damit steigt die Gefahr von Fehlhandlungen an (Stolpern, Abrutschen).

9.5.2 Grenzwerte, Beurteilungskriterien

Beurteilung der Belastungen

Die im Arbeitsschutzgesetz geforderte Beurteilung der Arbeitsbedingungen gilt auch für diese Tätigkeiten. Für die Beurteilung der Belastungen und Beanspruchungen von Tätigkeiten mit hohen dynamischen Ganzkörperbelastungen können die "Leitmerkmalmethode Körperfortbewegung" oder die Energieumsatztafeln und Berechnungsformeln nach [7] verwendet werden. Durch Spezialisten können auch Bewertungen aufgrund der Grenzwerte und Verfahren der unter Vorschriften, Regelwerk, Literatur genannten Leitlinien durchgeführt werden.

Grenzwerte

Bei gesunden untrainierten Männern und Frauen mittlerer Leistungsfähigkeit im Altersbereich zwischen 20 und 50 Jahren sollen die körperlichen Aktivitäten etwa ein Drittel der maximalen Ergometrieleistung (W) oder der maximalen Sauerstoffaufnahme erreichen (Dauerleistungsgrenze). Die Herzschlagfrequenz (Hf), die sich in diesem (Grenz-)Bereich einstellt, liegt in der Größenordnung 105 bis 110 min^{-1}. Die arbeitsbedingte Auslenkung der Hf (Netto-Hf) beträgt hier etwa 35 Schläge auf eine Arbeitsschichtdauer (8 h) bezogen. Bis zu diesem Bereich weisen ausgewählte Kreislauf- und Atmungsgrößen auf ein Gleichgewicht des aeroben Stoffwechsels hin. Einzelheiten sind unter [1] zu entnehmen.

9.5.3 Arbeitsschutzmaßnahmen

Gestaltung der Arbeitsbedingungen

Es sind technische und organisatorische Maßnahmen möglich:

- Festlegung eines angemessenen Arbeitspensums, wenn möglich sollten bei regelmäßigen Arbeiten mechanisierte Hilfsmittel verwendet werden.
- Wechsel zwischen be- und entlastenden Tätigkeiten, ausreichende Erholzeiten einplanen
- Unterweisung
- wenn möglich, sicherheitsgerechte Gestaltung der Arbeitsbedingungen,
  - ausreichender Bewegungsraum
  - ebene, rutschfeste und stabile Aufstandsflächen
  - geeignete Arbeitsschuhe, Handschuhe
  - gute Sichtverhältnisse
  - extreme Temperaturen und Feuchtigkeit vermeiden
  - nicht behindernde Absturz- und Fallschutzsicherung
- bei nicht gestaltbaren Arbeitsbedingungen Verwendung von geeigneten Körperschutzmitteln und Unterweisung in entsprechenden Arbeitstechniken, gegebenenfalls körperliches Training
- Steigleitern, Steigeisengänge müssen nach Notwendigkeit in angemessenen Abständen (im Regelfall 10 m) mit Ruhebühnen ausgerüstet sind
- Minimierung der Gewichte von mitgeführten Werkzeugen und Lasten

Personenbezogene Maßnahmen

Folgende personenbezogene Maßnahmen sind zu empfehlen:

- **Unterweisung** der Beschäftigten mit Erläuterungen, die eigens auf die besonderen Gefährdungen durch manuelle Lastenhandhabung ausgerichtet sind:
  - vor Aufnahme der Tätigkeit der Beschäftigten
  - bei Veränderungen im Aufgabenbereich
  - der Einführung neuer Arbeitsmittel oder einer neuen Technologie
  - wenn besonders schutzbedürftige Beschäftigtengruppen derartige Tätigkeiten ausführen müssen (Berufseinsteiger, Jugendliche und junge Erwachsene, ältere Beschäftigte, Beschäftigte mit besonderer Konstitution oder Disposition)
- **tätigkeitsbezogenes** Training der Beschäftigten
  - richtiges und sicheres Verhalten beim Steigen und Klettern - Klettertechniken
  - richtige Körperhaltung
  - sichere und korrekte Nutzung von Hilfsmitteln
  - Strategien zur Verringerung der Kraftanstrengung
  - vernünftige Arbeitseinteilung
- **individuelle Beratung** der Beschäftigten im Rahmen der arbeitsmedizinischen Vorsorge (Grundsatz G46, ggf. in Verbindung mit Grundsatz G41 (Absturzgefährdung) und ggf. Bezug zu Arbeiten in sauerstoffreduzierter Atmosphäre); Rechtsgrundlage:
  - Wunschvorsorge: nach §11 ArbSchG auf Wunsch des Beschäftigten bei nachgewiesener Gefährdungslage
  - Angebots- oder Pflichtvorsorge: derzeit keine nach ArbMedVV (ggf. prüfen, ob Angebotsvorsorge nach ArbMedVV (Anhang Teil 3 (2) 4a-c) bei gleichzeitigem Vorliegen anderer körperlicher Belastungen des Muskel-Skelett-Systems)
  - Angebotsvorsorge: bei Tätigkeiten mit wesentlich erhöhter körperlicher Belastung durch manuelle Arbeit (ab 25 Punkten Gesamtpunktsumme bzw. Risikobereich 3 nach Leitmerkmalmethode (LMM) Körperfortbewegung)

9.5.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur

Gesetze, Verordnungen

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

Technisches Regelwerk zu den Arbeitsschutzverordnungen

- Technische Regel für Arbeitsstätten ASR A1.8 "Verkehrswege"

Weitere Regeln der Technik

- DGUV Information 240-410 (bisher BGI 504-41) : Auswahlkriterien für die spezielle arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 41 "Arbeiten mit Absturzgefahr"
- DGUV Information 240-460 (bisher BGI/GUV-I 504-46): Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 46 "Belastungen des Muskel- und Skelettsystems einschließlich Vibrationen"
- DGUV Information 208-033 (bisher BGI 7011): Gesunder Rücken – Gesunde Gelenke – noch Fragen?
- DGUV Regel 103-007 (bisher BGR 177): Steiggänge für Behälter und umschlossene Räume

Literatur

- [1] Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V.:
  Leitlinie Nutzung der Herzschlagfrequenz bei arbeitswissenschaftlichen Untersuchungen.
  Aachen: Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e. V. 1998 (AWMF-Leitlinien-Register, 002/014)
- [2] Frauendorf, H.; Krueger, H.; Naumann, H.-J.; Pfister, E.; Scheuch, K.; Ulmer, H.-V.; Wirth, D.:
  Körperliche Schwerarbeit – aktuelle Gegenstandsbestimmung.
  In: Stellung der Arbeitsphysiologie in der heutigen Arbeitsmedizin.
  Dokumentationsband über die 36. Jahrestagung der DGAUM.
  Fulda: Rindt-Druck 1996, 81-84
- [3] Grandjean, E.:
  Physiologische Arbeitsgestaltung.
  Landsberg, ecomed,1991
- [4] Rohmert, W.; Rutenfranz, J.:
  Praktische Arbeitsphysiologie.
  Stuttgart, New York, Thieme 1983
- [5] Seidel, H.-J.; Bittighofer, OM.:
  Checkliste Arbeits- und Betriebsmedizin.
  Stuttgart: Thieme 2002
- [6] Ulmer, H.-V.:
  Arbeits- und Sportphysiologie.
  In: Schmidt RF und Thews G. (Hrsg.): Physiologie des Menschen, Heidelberg: Springer 1997
- [7] Spitzer, H.; Hettinger, T.:
  Tafeln für den Kalorienumsatz bei körperlicher Arbeit.
  REFA Sonderheft der REFA-Nachrichten
  Verband für Arbeitsstudien REFA e.V. Darmstadt 1964
- [8] **Grundsatz G46 - Belastungen des Muskel-Skelett-Systems einschließlich Vibrationen.**
  In: DGUV (Hrsg.): Berufsgenossenschaftliche Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen (Arbeitsmedizinische Vorsorge).
  6. Auflage, Stuttgart: Gentner Verlag 2014, S. 869ff. und S. 959ff.

Internetangebote/Links

- **GDA-Arbeitsprogramm MSE "GDA-bewegt"**
  Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (BGW)
- **Präventionskampagne "Denk an mich. Dein Rücken."**
  gemeinsam getragen von Berufsgenossenschaften, Unfallkassen, der Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (SVLFG) und der Knappschaft

– **Physische Belastung - Gesundes Verhältnis zwischen Belastung und individueller Beanspruchung**
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)

9.5.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

- Kommt Steigen, Klettern häufig und regelmäßig bei der Arbeit vor?
- Ist die Intensität hoch?
- Wird die Arbeit von den Beschäftigten als beanspruchend empfunden?
- Sind besonders geschützte Beschäftigte oder solche mit verringerter Belastbarkeit eingesetzt?

Wenn eine oder mehrere Fragen mit "ja" beantwortet werden, dann ist eine Beurteilung der Arbeitsbedingungen vorzunehmen.

Ein Formblatt mit Handlungsanleitung zur Belastungsart "Steigen, Klettern" finden Sie hier:
Gefährdungsbeurteilung mit Hilfe der Leitmerkmalmethode

9.5.6 Autoren und Ansprechpartner

Autoren

– Dipl.-Ing. U. Steinberg
– Dr. sc. med. G. Caffier
– Dr. med. F. Liebers

Ansprechpartner

– BAuA, Gruppe 3.1, Berlin

9.6 Arbeiten mit erhöhten Kraftanstrengungen und/oder Krafteinwirkungen

Arbeiten mit erhöhten Kraftanstrengungen und/oder Krafteinwirkungen ähneln der manuellen Lastenhandhabung. Es erfolgen aber keine Transportaufgaben, sondern es werden unterschiedliche meist grobmotorische Aktionskräfte zur Maschinenbedienung, Werkzeughandhabung oder Positionierung aufgebracht. Überwiegend erfolgt die Krafteinleitung über die Hände. Dazu zählen aber auch Pedalbedienung sowie Krafteinleitung über Rücken und Beine, mit und ohne Abstützung. Es kommen alle Kraftrichtungen vor.

Grundsätzlich ist zu bedenken, dass hohe Körperkräfte nur kurzzeitig und selten aufgebracht werden können. Bei andauernden Kraftaufwendungen gilt die Regel, dass 10 bis 15 % der möglichen Maximalkraft nicht überschritten werden sollte. Erhöhte Kraftanstrengungen betreffen den Bereich ab 15 % bis hin zur Maximalkraft.

9.6.1 Art der Gefährdung und deren Wirkungen

Muskel-Skelett-Beschwerden

Hohe Intensität und Dauer/Häufigkeit von Aktions- und Haltungskräften sowie ungünstigen Körperhaltungen sind eine Gefahr für das Muskel-Skelett-System.

Bei mittleren Aktionskräften, die häufiger ausgeübt werden, können chronische Schäden durch fortgesetzte mechanische Fehlbelastungen mit stetig zunehmen-den Dauerbeschwerden auftreten (degenerative Gelenkserkrankungen, Sehnenscheidenentzündung, Schädigungen der peripheren Nerven, Muskelverspannung).

Bei hohen Aktionskräften, auch wenn sie selten ausgeübt werden, können akute schmerzhafte Schädigungen durch kurzzeitige mechanische Fehlbelastung mit deutlicher Funktionseinschränkung auftreten (zum Beispiel Muskelzerrung nach Abrutschen, Knochenbruch durch Sturz, Blockierung eines Wirbelgelenkes bei Kraftaufwendung). Die Aufwendung von Maximalkräften ist immer als gefährlich einzustufen.

Vorkommen

Arbeiten mit erhöhten Kraftanstrengungen und/oder Krafteinwirkungen kommen in vielfältiger Form vor. Ein grobes Ordnungskriterium ist die Dauer/Häufigkeit des Aufbringens von Kräften.

Mittlere Aktionskräfte, häufiger ausgeübt

- Umgang mit handgehaltenen Werkzeugen (Schrauben, Schleifen, Bohren)
- Materialaufzug mit Handflaschenzug
- Container-Laschen
- Kuppeln von Eisenbahnwagen

Hohe Aktionskräfte, selten ausgeübt

- Demontage von festsitzenden Verschraubungen
- Montage von Großmaschinen
- Positionierung von Kranlasten
- Bergungen im Rettungsdienst
- Kabelziehen
- Bedienen von Großschiebern im Wasserbau
- Einsatz von Winden
- Montage von Starkstromleitungen

9.6.2 Grenzwerte, Beurteilungskriterien

Beurteilung der Gefährdung

Nach § 5 ArbSchG ist der Arbeitgeber verpflichtet, die Arbeitsbedingungen hinsichtlich ihrer möglichen gesundheitsschädigenden Wirkungen zu beurteilen.
Die "Leitmerkmalmethode Ganzkörperkräfte" kann dazu verwendet werden.

Eine einheitliche Beurteilungsmethode gibt es allerdings nicht. Aus diesem Grund kann derzeit nur eine grobe Gefährdungsabschätzung unter Berücksichtigung der wichtigsten Merkmale nach Tabelle 9.6-1 vorgenommen werden. Treffen mehrere Merkmale der Spalten 3 und 4 zu, besteht die Gefahr einer physischen Überforderung.

Tabelle 9.6-1. Wichtige Tätigkeitsmerkmale bei der Arbeit mit erhöhter Kraftanstrengung

Merkmal	Ausprägung			
	1	2	3	4
Zeitdauer/ Häufigkeit	selten	gelegentlich	häufiger	oft
Höhe der Aktionskraft	gering	mittel	hoch	Maximalkraft
Krafteinleitung	sicher, ergonomischer Griff, trocken	gut greifbare Konturen, formschlüssige Krafteinteilung	unsicher, keine formschlüssige Krafteinleitung	sehr unsicher, Abrutschgefahr, feucht
Körperhaltung	frei wählbar	Körperhaltung gut, aber vorgegeben, kein Spielraum	gebeugt, verdreht, unsicher	hocken, knien, liegen
Ausführungs-bedingungen	sehr gut, keine Hindernisse	eingeschränkt, leichte Bewegungs-einschränkungen	schlecht, Verschmutzungen, eingeschränkte Sicht	unzureichende Beleuchtung, keine Standsicherheit, Außenbedingungen

Grenzwerte

Es gibt keine rechtsverbindlichen Grenzwerte für empfohlene Aktionskräfte. Da die Beanspruchung des Muskel-Skelett-Systems von Zeitdauer/Häufigkeit, Körperhaltungen, Aktionskraft und Ausführungsbedingungen abhängt, sind diese Faktoren in ihrer Kombination zu beachten.

Eine Zusammenstellung von maximalen isometrischen Körperkräften enthält die DIN 33 411-5 Körperkräfte des Menschen.

9.6.3 Arbeitsschutzmaßnahmen

Berücksichtigung der Körpermaße und -kräfte

Arbeiten mit erhöhten Kraftanstrengungen und/oder Krafteinwirkungen sind häufig nicht an feste Arbeitsplätze gebunden, wie sie in Handwerk oder Industrie üblich sind. Typisch sind Baubedingungen. Deshalb können die strengen Regeln des Arbeitsstättenrechts und der Ergonomie hier nur bedingt angewendet werden. Grundsätzlich müssen aber die Körpermaße und -kräfte der Beschäftigten beachtet werden.

Die prinzipiellen Möglichkeiten sind:

- montage- und wartungsfreundliche Konstruktion und Technologie
  - ergonomisch günstige Griffgestaltung
  - Anschlagpunkte für Krafteinleitung
  - Berücksichtigung von Montage- und Wartungsflächen
- Vermeidung von Aktionskräften, die die Belastbarkeit überfordern
  - Nutzung von Spezialwerkzeugen
  - Gewichtsreduzierung von Werkzeugen
- sichere Arbeitsbedingungen
  - ausreichender Bewegungsraum
  - ebener, rutschfester und stabiler Boden
  - geeignete Arbeitsschuhe
  - gute Sichtverhältnisse
- extreme Temperaturen und Feuchtigkeit vermeiden
  - Einhausungen
  - spezielle Körperschutzmittel
- angemessenes Arbeitspensum
  - Verringerung des Arbeitstempos
  - Wechsel zwischen be- und entlastenden Tätigkeiten
  - ausreichende Erholzeiten

Personenbezogene Maßnahmen

Folgende personenbezogene Maßnahmen sind zu empfehlen:

- **Unterweisung** der Beschäftigten mit Erläuterungen, die eigens auf die besonderen Gefährdungen durch hohe Kraftanstrengungen und/oder Krafteinwirkungen am Arbeitsplatz oder den Aufgabenbereich der Beschäftigten ausgerichtet sind:
  - bei der Einstellung der Beschäftigten
  - vor Aufnahme der Tätigkeit der Beschäftigten
  - bei Veränderungen im Aufgabenbereich
  - der Einführung neuer Arbeitsmittel oder einer neuen Technologie
  - wenn besonders schutzbedürftige Beschäftigtengruppen derartige Tätigkeiten ausführen müssen (Berufseinsteiger, Jugendliche und junge Erwachsene, ältere Beschäftigte, Beschäftigte mit besonderer Konstitution oder Disposition)
- **tätigkeitsbezogenes** Training der Beschäftigten:
  - Strategien zur Verringerung der körperlichen Belastungen bei hohen Kraftanstrengungen
  - korrekte und sichere Nutzung von Werkzeugen und Hilfsmitteln sowie persönlicher Schutzausrüstung
  - vernünftige Arbeitseinteilung usw.
- **individuelle Beratung** der Beschäftigten im Rahmen der arbeitsmedizinischen Vorsorge; Rechtsgrundlage:
  - Wunschvorsorge: nach §11 ArbSchG auf Wunsch des Beschäftigten bei nachgewiesener Gefährdungslage
  - Angebots- oder Pflichtvorsorge: derzeit keine nach ArbMedVV (ggf. prüfen, ob Angebotsvorsorge nach ArbMedVV (Anhang Teil 3 (2) 4a-c) bei gleichzeitigem Vorliegen anderer körperlicher Belastungen des Muskel-Skelett-Systems)
  - Angebotsvorsorge: bei Tätigkeiten mit wesentlich erhöhter körperlicher Belastung durch hohe Kraftanstrengungen und/oder Krafteinwirkungen (ab 25 Punkten Gesamtpunktsumme bzw. Risikobereich 3 nach Leitmerkmalmethode (LMM) Ganzkörperkräfte)

Weitere Hinweise zur Gestaltung und Handhabung von Stellteilen enthält das Kapitel Mensch-Maschine/-Rechner-Schnittstelle.

9.6.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur

Gesetze, Verordnungen

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV)
- Jugendarbeitsschutzgesetz (JArbSchG)
- Mutterschutzgesetz (MuSchG)

Weitere Regeln der Technik

- DIN 33411-1: Körperkräfte des Menschen; Begriffe, Zusammenhänge, Bestimmungsgrößen
- DIN 33411-3: Körperkräfte des Menschen; Maximal erreichbare statische Aktionsmomente männlicher Arbeitspersonen an Handrädern
- DIN 33411-4: Körperkräfte des Menschen; Maximale statische Aktionskräfte (Isodynen)
- DIN 33411-5:1 Körperkräfte des Menschen : Maximale statische Aktionskräfte – Werte
- DIN EN 894-3: Sicherheit von Maschinen – Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen – Teil 3: Stellteile
- DIN EN 1005-3 :5 Sicherheit von Maschinen – Menschliche körperliche Leistung – Teil 3: Empfohlene Kraftgrenzen bei Maschinenbetätigung.
- DGUV Information 240-460 (bisher BGI/GUV-I 504-46): Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 46 "Belastungen des Muskel- und Skelettsystems einschließlich Vibrationen"
- DGUV Information 208-033 (bisher BGI 7011): Gesunder Rücken – Gesunde Gelenke – noch Fragen?

Literatur

- [1] Rohmert, W.; Berg, K.; Bruder, R.; Schaub, K.:
  Kräfteatlas. Teil 1: Datenauswertung statischer Aktionskräfte.
  Bremerhaven: Wirtschafts-verl. NW 1994 (Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsmedizin: Forschung, Fb 09.004)
- [2] Jäger, M.: Körperkräfte. In: Konietzko, J.: Dupius, H. (Hrsg.):
  Handbuch der Arbeitsmedizin. Arbeitsphysiologie - Arbeitspathologie - Prävention.
  Landsberg: ecomed. Losebl.-Ausg. Grundwerk 1989, V-1.1.2.1, 1-5
- [3] Schmidtke, H.:
  Ergonomie.
  München: Hanser 1993
- [4] Luczak, H.:
  Arbeitswissenschaft.
  Berlin: Springer 1998
- [5] Flügel, B.; Greil, H.; Sommer, K.:
  Anthropologischer Atlas.
  Berlin: Tribüne 1986
- [6] Rüschenschmidt, H.; Reidt, U.; Rentel, A.:
  Ergonomie im Arbeitsschutz. Menschengerechte Gestaltung der Arbeit.
  Bochum: Technik & Information 2004
- [7] **Grundsatz G46 - Belastungen des Muskel-Skelett-Systems einschließlich Vibrationen.**
  In: DGUV (Hrsg.): Berufsgenossenschaftliche Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen (Arbeitsmedizinische Vorsorge).
  6. Auflage, Stuttgart: Gentner Verlag 2014, S. 869ff. und S. 959ff.
- [8] Wakula, A.; Berg, K.; Schaub, K.; Bruder, R.; Glitsch, U.; Ellegast, R.:
  Der montagespezifische Kraftatlas.
  In: BGIA-Report 3/2009. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin 2009

Internetangebote/Links

- **GDA-Arbeitsprogramm MSE "GDA-bewegt"**
  Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (BGW)
- **Präventionskampagne "Denk an mich. Dein Rücken."**
  gemeinsam getragen von Berufsgenossenschaften, Unfallkassen, der Sozialversicherung für Landwirtschaft,

Forsten und Gartenbau (SVLFG) und der Knappschaft
– **Physische Belastung - Gesundes Verhältnis zwischen Belastung und individueller Beanspruchung**
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)

9.6.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

- Kommen große Kraftaufwendungen häufig und regelmäßig bei der Arbeit vor?
- Ist die Intensität hoch?
- Wird die Arbeit von den Beschäftigten als beanspruchend empfunden?

Wenn eine oder mehrere Fragen mit "ja" beantwortet werden, sollte eine weitergehende Arbeits- und Beanspruchungsanalyse durchgeführt werden. Hilfestellung hierfür leistet der Rückenkompass.

Ein Formblatt mit Handlungsanleitung zur Belastungsart "Arbeiten mit erhöhten Kraftanstrengungen und/oder Krafteinwirkungen" finden Sie hier: Gefährdungsbeurteilung mit Hilfe der Leitmerkmalmethode

9.6.6 Autoren und Ansprechpartner

Autoren

- Dipl.-Ing. U. Steinberg
- Dr. sc. med. G. Caffier
- Dr. med. F. Liebers
- Dipl.-Ing. E. Tschöcke

Ansprechpartner

- BAuA, Gruppe 3.1, Berlin

Handbuch – Gefährdungsfaktoren

10 Psychische Faktoren

baua:
Bundesanstalt für Arbeitsschutz
und Arbeitsmedizin

27.04.2020

10 Psychische Faktoren

Der Abschnitt "Psychische Faktoren" wird derzeit auf Grundlage der zentralen Befunde des Projektes "Psychische Gesundheit in der Arbeitswelt - wissenschaftliche Standortbestimmung" überarbeitet. Im Rahmen des dreijährigen Projektes untersuchte die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) die Wirkungen von mehr als 20 Arbeitsbedingungsfaktoren auf die psychische Gesundheit von Beschäftigten.

Die erste Phase des Projektes diente der Wissensaufbereitung durch die Erstellung von Scoping Reviews. In der zweiten Phase wurden die ermittelten Erkenntnisse durch einen ausführlichen Diskurs mit der Wissenschaft vertieft und ergänzt. In der dritten Phase des Projektes identifizierte die BAuA im Dialog mit dem Bundesarbeitsministerium, einschlägigen Fachkreisen der Praxis und mit den Sozialpartnern Handlungsschwerpunkte und Umsetzungsoptionen für einen zeitgemäßen Arbeits- und Gesundheitsschutz.

Die Ergebnisse des Projektes werden im baua: Bericht "Psychische Gesundheit in der Arbeitswelt - Wissenschaftliche Standortbestimmung" und im Sonderheft "Psychische Gesundheit" der Zeitschrift "Arbeitsmedizin - Sozialmedizin - Umweltmedizin" dargestellt.

Bis zur Neufassung des Abschnitts "Psychische Faktoren" werden an dieser Stelle die Empfehlungen aus dem Fachbuch "Gefährdungsbeurteilung psychischer Belastung", Infoteil A mit freundlicher Genehmigung des Erich Schmidt Verlags wiedergegeben.

Abweichend von der im Handbuch verwendeten Grundstruktur werden die Gefährdungsfaktoren in Merkmalsbereiche unterteilt. Die Darstellung der Gefährdungsfaktoren beginnt jeweils mit einer kurzen Beschreibung des Arbeitsmerkmals. Danach werden exemplarisch kritische Merkmalsausprägungen zusammen mit dem Gefährdungspotenzial genannt. Am Ende jedes Abschnitts erfolgen stichwortartig Hinweise auf mögliche Gestaltungsansätze, die die positiven Merkmalsausprägungen anzeigen und somit gleichzeitig auch Aspekte einer menschengerechten Arbeitsgestaltung darstellen.

Quelle: Richter, G.; Henkel, D.; Rau, R.; Schütte, M.: Beschreibung psychischer Belastungsfaktoren bei der Arbeit. In: BAuA (Hrsg.): Gefährdungsbeurteilung psychischer Belastung (S. 166–186), Berlin: Erich-Schmidt-Verlag, 2014

Einführung

Die Arbeitswelt unterliegt einem steten Wandel, der sich unter anderem in zunehmenden Flexibilitäts- und Mobilitätsanforderungen an die Beschäftigten zeigt. Daneben verändert sich die Arbeit aber auch selbst, d. h., sie wird vielfältiger und komplexer, oftmals auch intensiver. So entstehen mit der Einführung neuer Führungskonzepte, die auf der Vereinbarung von Zielen basieren, höhere Planungs- und Steuerungsanforderungen an die Beschäftigten (Rothe, 2012; Rothe & Morschhäuser, 2014)

Weiterhin reagieren Unternehmen eher und schneller als früher mit Restrukturierungsmaßnahmen auf Krisen (Schütte & Köper, 2013).

Darüber hinaus muss – ausgehend von den im Rahmen des Konzepts Industrie 4.0 beschriebenen Zukunftsszenarien – von einer stärkeren Vernetzung und Kooperation von Mensch und Maschine ausgegangen werden (Kagermann, Wahlster & Helbig, 2013).

Mit den skizzierten Entwicklungen geht auch eine Verschiebung der auftretenden Arbeitsanforderungen einher, da die Anzahl von Tätigkeiten, bei denen kognitive, informatorische sowie emotionale Faktoren dominieren und somit die psychische Belastung überwiegt, gestiegen ist und weiter zunehmen dürfte.

Grundsätzlich sollten auch die mit dem Wandel der Arbeit auftretenden Belastungsveränderungen bzw. die daraus resultierenden neuen Arbeitsbedingungen den Kriterien menschengerechter Arbeit entsprechen. Eine Tätigkeit gilt dann als human, wenn sie die physische und psychische Gesundheit, das Wohlbefinden sowie die Leistungsfähigkeit nicht beeinträchtigt, der vorhandenen Qualifikation des Beschäftigten entspricht und die Entfaltung der individuellen Potenziale und Kompetenzen erlaubt (Gesellschaft für Arbeitswissenschaft, 1999). Die Erfüllung dieses Anspruchs verlangt umfassende Kenntnisse über das zur psychischen Belastung vorliegende Wissen, um darauf aufbauend Handlungsmöglichkeiten für die Gestaltung von Arbeit, also tätigkeitsbezogene, aber auch regulatorische Optionen, ableiten zu können..

10.1 Arbeitsinhalt/Arbeitsaufgabe

Dem Merkmalsbereich *"Arbeitsinhalt/Arbeitsaufgabe"* werden folgende Belastungsfaktoren zugeordnet:

- Vollständigkeit der Aufgabe
- Handlungsspielraum
- Variabilität (Abwechslungsreichtum)
- Information/Informationsangebot
- Verantwortung
- Qualifikation
- Emotionale Inanspruchnahme

Im konkreten Arbeitskontext können diese Faktoren je nach Art und Ausprägung als Gefährdung der Gesundheit, aber auch als unterstützende Ressource wirken.

10.1.1 Vollständigkeit der Aufgabe

Begriffsbestimmung

Eine Arbeitstätigkeit ist vollständig, wenn

- die Beschäftigten ihre Tätigkeit nicht nur selbst ausführen, sondern auch selbst vorbereiten, organisieren und kontrollieren,
- die Tätigkeiten unterschiedlich hohe Denkanforderungen stellen, das heißt, eine Mischung darstellen von automatisiert ausführbaren Handlungen ohne bewusste Zuwendung bis hin zu Tätigkeiten mit verschieden hohen Denkanforderungen.

Mögliche kritische Ausprägungen

- Die Tätigkeit besteht in der Wiederholung ein- und desselben Arbeitsgangs, zum Beispiel einförmige Fließbandarbeit ohne vor- oder nachbereitende indirekte Tätigkeiten oder Ausführen von Routinetätigkeiten bei stark arbeitsteiligen Prozessen in der Fertigung oder Verwaltung etc.
- Die Tätigkeit erfordert über längere Zeit Daueraufmerksamkeit.
- Es werden dauerhaft anspruchsvolle kognitive Arbeiten mit hoher Konzentration ohne Zeiten mit weniger anspruchsvollen Tätigkeiten ausgeführt, zum Beispiel bei medizinischen Operationen, die ohne Pause über viele Stunden dauern.

Gefährdungspotenzial

Erste Hinweise auf ein Gefährdungspotenzial werden für die folgenden Krankheitsbilder und Beschwerden berichtet:

- Erleben kurzfristiger Fehlbeanspruchungsfolgen wie Monotonie und Sättigung in Zusammenhang mit unvollständigen Tätigkeiten (Rudolph et al., 1987).

Mögliche Gestaltungsansätze

- Anreichern von Ausführungsaufgaben, zum Beispiel durch die Übertragung von Aufgaben, die die eigene Arbeit vorbereiten, organisieren und kontrollieren; dies führt auch zu höherer Eigenverantwortlichkeit,
- Abstimmung mit vor- und nachgelagerten Bereichen ermöglichen,
- Aufgabenwechsel durchführen,
- Mischung von geistig fordernden Aufgaben mit Routinetätigkeiten.

10.1.2 Handlungsspielraum

Begriffsbestimmung

Der Handlungsspielraum umfasst die Freiheitsgrade (auch Einflussmöglichkeiten oder Autonomie genannt), die in der Tätigkeit enthalten sind. Sie werden unterteilt in

- zeitliche Freiheitsgrade: die zeitliche Abfolge oder die Dauer von Tätigkeiten kann selbst bestimmt werden,
- inhaltliche Freiheitsgrade: Arbeitende können ihre Arbeitsweise, zum Teil ihre Arbeitsmittel und in bestimmten Fällen auch Arbeitsziele selbst bestimmen (z. B. Softwareentwickler, Wissenschaftler).

Mögliche kritische Ausprägungen

- fehlende oder unzureichende zeitliche Freiheitsgrade
  - genau festgelegte Zeiten bzw. Zeitpunkte, wann welche Arbeiten erledigt werden müssen, zum Beispiel bei Arbeiten am Fließband; Arbeiten mit Kundenkontakt, ohne Einfluss auf die Terminvergabe und/oder bei klarer Vorgabe über die Dauer und den Ablauf der Kundentermine,
  - keine Möglichkeit, die Arbeit kurzzeitig zu unterbrechen, zum Beispiel bei Überwachungstätigkeiten auf Intensivstationen im Krankenhaus oder in Leitwarten der chemischen Industrie.
- fehlende oder unzureichende inhaltliche Freiheitsgrade
  - keinerlei Einfluss auf die Inhalte der Arbeit bzw. feste Vorgaben wie eine Arbeit ausgeführt werden muss (d. h. Arbeitsmethoden, Arbeitsmittel sind festgelegt), zum Beispiel immer gleiche Handgriffe an einer Maschinengruppe bei einem durch den Maschinentakt strikt vorgegebenen Arbeitsrhythmus.

Gefährdungspotenzial

Das Gefährdungspotenzial von geringem Handlungsspielraum ist nachgewiesen für die folgenden Krankheitsbilder:

- kardiovaskuläre Erkrankungen (siehe Metaanalyse von Pieper et al., 1989; Review von Schnall et al., 1994)
- psychische Störungen, insbesondere depressive Erkrankungen und Angst (siehe Metaanalyse von Stansfeld & Candy, 2006; Reviews von Bonde, 2008 oder Siegrist, 2008; Langzeitstudie von Griffin et al., 2002)

Mögliche Gestaltungsansätze

- zeitliche und/oder inhaltliche Freiheitsgrade schaffen, zum Beispiel durch Springer
- andere Aufgabenteilung und -kombination vornehmen
- technische oder personelle Vorankündigung von Handlungserfordernissen organisieren

10.1.3 Variabilität (Abwechslungsreichtum)

Begriffsbestimmung

Eine Tätigkeit ist dann abwechslungsreich, wenn
- die Anforderungs- und Aufgabenvielfalt einer Arbeitstätigkeit gegeben ist und
- die Beschäftigten verschiedene Fähigkeiten und Fertigkeiten in die Anforderungsbewältigung einbringen können.

Mögliche kritische Ausprägungen

- hohe Wiederholungshäufigkeit von einzelnen Verrichtungen, zum Beispiel ein- und derselbe Arbeitsschritt wiederholt sich ständig bei Fließbandarbeit mit sehr kurzer Taktung, bei der Funktionspflege im Krankenhaus oder bei Service-Center-Tätigkeiten, bei denen die einzige Aufgabe im Entgegennehmen von Anfragen mit ähnlichen Inhalten besteht
- hoher Wiederholungsgrad einzelner, immer gleicher Verrichtungen, zum Beispiel bei stark einförmigen oder sich ständig wiederholenden Gesprächen in der Bestellannahme im Call-Center

Gefährdungspotenzial

In der Literaturrecherche (Stand April 2011) wurden nur Studien zum Zusammenhang von Aufgabenvielfalt und Gesundheit gefunden (Collins & Parry-Jones, 2000; Donders et al., 2003). Die Ergebnisse der gefundenen Studien sind inkonsistent.

Die Aufgabenvielfalt wurde häufig als ein Indikator für den Handlungsspielraum betrachtet, ohne dass gesondert Ergebnisse dazu berichtet wurden (z. B. Landsbergis et al., 2009; Schmidt & Diestel, 2011).

Mögliche Gestaltungsansätze

- zu starke Aufgabenteilung zwischen den Mitarbeitern reduzieren
- Aufgabenerweiterung (job enrichment, job enlargement) vornehmen
- Aufgabenwechsel (job rotation) ermöglichen

10.1.4 Information/Informationsangebot

Begriffsbestimmung

Zur erfolgreichen Bearbeitung von Arbeitsaufgaben benötigen Mitarbeiter Informationen über die eigenen Aufgaben, den Arbeitsgegenstand, das gewünschte Ergebnis oder bereits zuvor erledigte und nachfolgende Prozessschritte.

Mögliche kritische Ausprägungen

Erste Hinweise auf ein Gefährdungspotenzial werden für die folgenden Krankheitsbilder und Beschwerden berichtet:

– Stress und kognitive Ermüdung bei Informationsüberflutung (z. B. Cohen, 1978).

Hinweis: Allerdings wurden in der Literaturrecherche (Stand April 2012) keine Studien gefunden, die das Gefährdungspotenzial durch das Informationsangebot auf Erkrankungen untersucht haben. Aus grundlagenwissenschaftlichen Untersuchungen ist aber bekannt, dass sowohl der Mangel an Informationen als auch die im Verhältnis zur Verarbeitungskapazität zu große Informationsmenge die Aufgabenausführung erschweren können (Kersten, 2005).

Mögliche Gestaltungsansätze

– Informationen abrufbar machen, zum Beispiel technische Lösungen schaffen, aktuelle Informationen im Intranet
– Informationsbedarf optimieren, zum Beispiel erweitern oder reduzieren
– Informationsdarstellung verbessern, zum Beispiel Anzahl der Monitore reduzieren
– Umgang mit digitalen Medien ändern, zum Beispiel für E-Mails eingeschränkte Adresslisten einführen
– transparente Informationsflüsse schaffen, zum Beispiel durch das Treffen von betrieblichen Regelungen: Wer muss an wen wann berichten?

10.1.5 Verantwortung

Begriffsbestimmung

Verantwortung beschreibt die Pflichten, die ein Arbeitsplatzinhaber hat, wenn er eine bestimmte Tätigkeit ausführt. Verantwortung kann sich auf die Arbeitsergebnisse und die Leistung oder auf die Sicherheit und Gesundheit anderer Personen, zum Beispiel Mitarbeiter, Schüler, Patienten oder zu Pflegende, beziehen. Arbeitsplatzinhaber können aber auch im Rahmen ihrer Tätigkeit für Sachwerte, zum Beispiel Maschinen und Anlagen oder die Umwelt verantwortlich sein.

Mögliche kritische Ausprägungen

- unklare, nicht transparente Verantwortlichkeiten, zum Beispiel Teamleiterfunktion mit unklaren Verantwortlichkeiten für Ergebnisse und unklaren Weisungsbefugnissen gegenüber den Mitarbeitern/Kollegen, Projekttätigkeit mit unklaren Verantwortungsbereichen der einzelnen Projektmitarbeiter für Ergebnisse
- zu hohe Verantwortung, zum Beispiel bei unzureichender Qualifikation oder fehlender Unterweisung
- zu niedrige oder keine Verantwortung trotz ausreichender Qualifikation

Gefährdungspotenzial

Das Gefährdungspotenzial bei Rollenunklarheit [2] ist nachgewiesen für die folgenden gesundheitlichen Beeinträchtigungen und Krankheitsbilder:

- Depressivität (Metaanalyse von Schmidt et al., 2012)
- Angst (Metaanalysen von Örtqvist & Wincent, 2006 sowie von Jackson & Schuler, 1985)

Begriff:[2] Rollenunklarheit resultiert aus einem Mangel an Informationen und Klarheit über die Arbeitsposition, was die Betroffenen bzgl. ihrer Rolle, ihren Arbeitsaufgaben und Verantwortlichkeiten verunsichert.

Mögliche Gestaltungsansätze

- bei unklarer Verantwortung:
  - Transparenz schaffen, zum Beispiel Rollen und Verantwortlichkeiten klären
- bei zu hoher Verantwortung:
  - Qualifikation anpassen und/oder Verantwortung spezifizieren und kleinere Verantwortungsbereiche schaffen, die dann von unterschiedlichen Personen getragen werden
  - soziale Unterstützung ermöglichen
  - systematische Personalentwicklung umsetzen
- bei zu niedriger Verantwortung:
  - Aufgabenerweiterungen (job enlargement, job enrichment) einführen

10.1.6 Qualifikation

Begriffsbestimmung

Qualifikation umfasst die Fachkompetenzen, wie zum Beispiel Fachkenntnisse, Arbeitstechniken, Fähigkeiten und Fertigkeiten, aber auch die sozialen und kommunikativen Kompetenzen, die für die fachgerechte Ausführung einer bestimmten Tätigkeit erforderlich sind.

Mögliche kritische Ausprägungen

- Die Tätigkeiten entsprechen nicht der vorhandenen Qualifikation; Aufgabenzuweisung erfolgt, obwohl die Qualifikation für die jeweilige Tätigkeit fehlt, zum Beispiel bei Personalmangel wegen Krankheit oder Urlaub
- fehlende oder unzureichende Einarbeitung
- fehlende oder zu späte Anpassung der Qualifikationen durch Fortbildungen oder Schulungen vor oder nach Veränderung der Arbeitsaufgaben, zum Beispiel bei Mitarbeitern, denen im Rahmen einer Umstrukturierung oder einer Fusion neue Aufgaben zugewiesen werden, oder bei der Einführung neuer Software oder neuer Maschinen und Geräte

Gefährdungspotenzial

Erste Hinweise auf ein Gefährdungspotenzial bei Unterforderung werden für die folgenden Krankheitsbilder und Beschwerden berichtet:

- depressive Symptomatologie (Wiesner et al., 2005).

Hinweis: Aus der arbeitswissenschaftlichen Literatur (Schlick et al., 2010; Richter, 2000) ist bekannt, dass es bei nicht ausreichender Qualifikation zu psychischer Überforderung und bei Überqualifikation für die auszuführende Arbeitstätigkeit zu psychischer Unterforderung kommen kann.

Mögliche Gestaltungsansätze

- bei nicht ausreichender Qualifikation:
  - Wiederholen der Tätigkeit zum Erwerb der fehlenden Qualifikation oder Springer einplanen
  - Einarbeitung gewährleisten
  - regelmäßige Unterweisungen durchführen
  - systematische Personalentwicklung: Fort- und Weiterbildung individuell planen, insbesondere vor bekannten Veränderungen
- bei Überqualifikation:
  - zielorientierte Personalauswahl vornehmen: Anforderungsprofil einer Tätigkeit und individuelle Leistungsvoraussetzungen der Arbeitsplatzinhaber überprüfen (die richtige Frau, der richtige Mann am richtigen Ort)
  - höherwertige Aufgaben übertragen

10.1.7 Emotionale Inanspruchnahme

Begriffsbestimmung

Zur emotionalen Inanspruchnahme von Arbeitsplatzinhabern kommt es vor allem bei Tätigkeiten im Dienstleistungssektor. Einerseits können die Bedürfnisse und Interessen sowie die verbalen oder nonverbalen Äußerungen der Kunden, Klienten oder Patienten emotional belasten. Andererseits kann die Arbeitsaufgabe das Zeigen gewünschter Emotionen erfordern, die teilweise im Widerspruch zu eigenen Gefühlen stehen.

Mögliche kritische Ausprägungen

– fortwährender Umgang mit emotional belastenden Situationen ohne Unterstützungsmöglichkeiten für die gesunde Verarbeitung bzw. Bewältigung, zum Beispiel beim Umgang mit Krankheit, Tod oder Leid bei der Arbeit mit schwerkranken Patienten im Hospiz
– Bedrohung durch verbale oder körperliche Gewalt von anderen Personen, zum Beispiel in Arbeits- und Sozialämtern, auf Notfallstationen im Krankenhaus oder Polizeidienststellen, Umgang mit aggressiven Kindern oder Eltern, Umgang mit demenziell erkrankten Patienten und ihren Angehörigen
– Arbeitsauftrag enthält Anweisung, welche Gefühle zu zeigen sind (diese können der eigenen Gefühlslage widersprechen), zum Beispiel freundlich bleiben, auch wenn Kunden unhöflich oder aggressiv sind

Gefährdungspotenzial

Das Gefährdungspotenzial von Emotionsarbeit ist nachgewiesen für die folgenden Krankheitsbilder und Beschwerden:

– Burnout sowie vermehrte psychische und psychosomatische Beschwerden (Metaanalyse von Hülsheger & Schewe, 2011; Studie von Kinman, 2009)
– erhöhtes Depressionsrisiko in Gesundheitsberufen im Vergleich zu anderen Berufen mit Emotionsarbeit, zum Beispiel bei Lehrern oder bei Beschäftigten im Kundenservice (Madsen et al., 2010)

Mögliche Gestaltungsansätze

– soziale Unterstützung ermöglichen, zum Beispiel bei Bedarf Hilfe holen können
– soziale und kommunikative Kompetenzen erweitern, zum Beispiel mit Deeskalationstrainings
– Supervisions- und/oder Coaching-Angebote schaffen, Gruppengespräche führen
– im Bereich Unternehmenskultur: Grenzen festlegen (Wann darf "Nein" gesagt werden?)
– Arbeitsplatzwechsel oder Mischtätigkeiten ermöglichen, die einen Wechsel zu Anforderungen ohne Emotionsarbeit ermöglichen

10.2 Arbeitsorganisation

Dem Merkmalsbereich *"Arbeitsorganisation"* werden folgende Belastungsfaktoren zugeordnet:

– Arbeitszeit (aufgrund der Komplexität wird dieser Belastungsfaktor derzeit als separates Thema behandelt)
– Arbeitsablauf – Arbeitsintensität
– Arbeitsablauf – Störungen/Unterbrechungen
– Kommunikation – Kooperation

Im konkreten Arbeitskontext können diese Faktoren je nach Art und Ausprägung als Gefährdung der Gesundheit, aber auch als unterstützende Ressource wirken.

10.2.1 Arbeitsablauf - Arbeitsintensität

Begriffsbestimmung

Die Arbeitsintensität beschreibt einerseits die Menge der geforderten Arbeit in Zusammenhang mit der dafür zur Verfügung stehenden Zeit und andererseits die Komplexität der Arbeitsaufgabe in Relation zu der zur Verfügung stehenden Zeit.

Mögliche kritische Ausprägungen

- Die Arbeitsmenge ist zu hoch, zum Beispiel bei Personalmangel durch Krankheit, Verständigungsproblemen zwischen Auftragsannahme im Innendienst und Aufgabenbewältigungsmöglichkeiten im Außendienst.
- Es gibt zu viele Termine bzw. mehrere Termine überschneiden sich.
- Es gibt häufige unvorhergesehene zusätzliche Arbeitsaufgaben, zum Beispiel wegen Krankheit von Kollegen.
- Die Arbeitsaufgaben sind sehr komplex, zum Beispiel komplexe Beratungstätigkeit im Katastrophenfall mit einer großen Anzahl von Betroffenen, die alle in kurzer Zeit Informationen benötigen.

Gefährdungspotenzial

Das Gefährdungspotenzial von hoher Arbeitsintensität ist für die folgenden Krankheitsbilder und Beschwerden nachgewiesen:

- depressive Störungen (Review von Bonde, 2008) sowie affektive Störungen/Angst- und Zwangsstörungen (Metaanalyse von Stansfeld & Candy, 2006),
- Major Depression (Studien, basierend auf objektiven Arbeitsanalysen von Waldenström et al., 2008; Rau et al., 2010b),
- sowohl kardiovaskuläre als auch psychische Erkrankungen bei Tätigkeiten mit
  - einer Kombination aus hoher Arbeitsintensität und niedrigem Handlungsspielraum (kardiovaskuläre Erkrankungen: Reviews von Belkic et al., 2004, und Everson-Rose & Lewis, 2005; depressive Beeinträchtigungen: Metaanalyse von Stansfeld & Candy, 2006; Reviews von Netterstrøm et al., 2008 und Bonde, 2008),
  - Ungleichgewicht von quantitativen Anforderungen und Anerkennung (Effort-Reward-Imbalance) (kardiovaskuläre Erkrankungen: Metaanalyse von Kivimäki et al., 2006; Reviews von van Vegchel et al., 2005 und Tsutsumi & Kawakami, 2004; psychische Beeinträchtigungen: Metaanalyse von Stansfeld & Candy, 2006; Review von Siegrist, 2008).

Mögliche Gestaltungsansätze

- Arbeitsteilung und -kombination ändern,
- Arbeitsmenge überprüfen und ggf. reduzieren,
- inhaltliche und zeitliche Freiheitsgrade schaffen,
- soziale Unterstützung ermöglichen, zum Beispiel Sekretariat oder Assistenz einführen,
- technische Hilfen vorsehen,
- Personalausstattung verbessern,
- Fort- und Weiterbildung ermöglichen,
- Zeitmanagement ändern.

10.2.2 Arbeitsablauf - Störungen/Unterbrechungen

Begriffsbestimmung

Störungen und unvorhergesehene Unterbrechungen des eigenen Arbeitsablaufs bedingen den Abbruch einer gerade ausgeführten Handlung. Das Störungsausmaß lässt sich in Abhängigkeit davon bestimmen, ob und wie eine Handlung nach der Unterbrechung wieder aufgenommen wird.

Mögliche kritische Ausprägungen

– Es gibt eine hohe Anzahl von Störungen und Unterbrechungen, zum Beispiel durch Kollegen, Vorgesetzte, Klienten, Patienten, Kunden, Funktionsstörungen von Maschinen oder Software, fehlendes Material oder Informationen.
– Nach der Störung ist die Rückkehr zur unterbrochenen Handlung nicht möglich, ein Neubeginn ist notwendig, alle bisherigen Resultate gehen verloren.
– Mach der Störung ist nach Wiederaufnahme der Handlung eine Anpassung an einen anderen Prozesszustand notwendig.

Gefährdungspotenzial

Erste Hinweise auf ein Gefährdungspotenzial durch Störungen/Unterbrechungen werden für die folgenden Krankheitsbilder und Beschwerden berichtet:
– kurzfristige und chronische Ermüdung (Zijlstra et al., 1999),
– Major Depression und Angst (Waldenström et al., 2008; Rau et al., 2010a, 2010b).

Mögliche Gestaltungsansätze

– störungsfreie Arbeitszeiten einrichten, zum Beispiel feste Besuchs- oder Beratungszeiten,
– Trennwände und Schallschutz einbauen, zum Beispiel in Großraumbüros,
– zuverlässige Zulieferer/Geschäftspartner wählen,
– vorbereitende Instandhaltung durchführen, Vollständigkeit und Zustand der Arbeitsmittel (Werkzeuge) überprüfen, zum Beispiel in der Produktion/im Handwerk,
– regelmäßige Wartung der IT-Technik durchführen, zum Beispiel aktuelle Virenscanner im Büro- und Verwaltungsbereich,
– zeitliche Freiheitsgrade schaffen, zum Beispiel Ausstattung mit Handys zur Ankündigung von Lieferungen oder Verspätungen bei der Reparatur von Haushaltsgeräten oder der Lieferung von Möbeln,
– regelmäßige Gruppenberatungen durchführen: Störungen thematisieren, gute Schichtübergaben organisieren, gute Absprachen bzw. Festlegungen treffen.

10.2.3 Kommunikation - Kooperation

Begriffsbestimmung

Auftragsbedingte Kommunikations- und Kooperationserfordernisse dienen der Information und Abstimmung mit anderen Kollegen. Dabei können die Dauer, die Anzahl der Partner (Kollegen in der gleichen Gruppe oder in anderen Arbeitsgruppen), die Art (direkte oder indirekte Kommunikation) und die Inhalte (Empfang oder Weitergabe von Informationen oder Anweisungen versus gemeinsames Lösen von Problemen) unterschieden werden.

Mögliche kritische Ausprägungen

– zu geringe oder fehlende Kommunikations-/Kooperationserfordernisse, zum Beispiel bei isolierter Einzelarbeit
– eingeschränkte Kommunikations-/Kooperationsmöglichkeiten, zum Beispiel bei großen räumlichen Entfernungen
– nur oder überwiegend indirekte Kommunikation, zum Beispiel bei virtueller Projektarbeit oder bei Arbeiten im Außendienst

Gefährdungspotenzial

Das Gefährdungspotenzial ist für die folgenden Krankheitsbilder und Risiken nachgewiesen:
– Bei isolierter Einzelarbeit ist das Risiko erhöht, bei Unfällen erst verspätet Hilfe zu bekommen oder Opfer von Gewalt zu werden (NSW, 2012).
– Bei isolierter Einzelarbeit steigt das Risiko kardiovaskulärer Erkrankungen (Johnson & Hall, 1988).

Hinweis: Bisher erfolgte keine direkte Forschung zu Auswirkungen von Kommunikation und Kooperation auf die Gesundheit (dazu ist das Merkmal zu allgemein). Begleiterscheinungen von kommunikativer und kooperativer Arbeit wurden aber vielfach untersucht. Vergleiche hierzu Literatur zu sozialer Unterstützung, sozialen Stressoren, Rollenunklarheit/-konflikten in den Merkmalsbereichen soziale Beziehungen und Verantwortung.

Mögliche Gestaltungsansätze

– Einzelarbeit vermeiden
– Kommunikationsregeln und -strukturen schaffen, Abstimmung ermöglichen
– regelmäßige Gruppen- bzw. Teambesprechungen durchführen
– Kommunikations- und Kooperationsmöglichkeiten und -erfordernisse erweitern

10.3 Arbeitszeit

Der Gestaltung der Arbeitszeit kam unter dem Aspekt des Beschäftigtenschutzes schon immer eine besondere Aufmerksamkeit zu. Die Dimension Arbeitszeit stellt letztendlich die Expositionsdauer und damit einen Aspekt der Belastungsintensität dar. Gleichzeitig ist die Gestaltung der Arbeitszeit aber auch nicht unabhängig von wirtschaftlichen Aspekten zu sehen. Unternehmen wollen flexibel auf den Markt reagieren können, um damit ihre Wettbewerbsfähigkeit zu behaupten.

Hinweis: Aufgrund des Umfangs und der Bedeutung des Themenfeldes "Arbeitszeit" werden an dieser Stelle abweichend von den Empfehlungen aus dem Fachbuch "Gefährdungsbeurteilung Psychischer Belastung" die ausführlicheren Informationen aus dem BAuA-Ratgeber Gefährdungsbeurteilung wiedergegeben.

10.3.1 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen

Arbeitszeit

Arbeitszeit im Sinne des Arbeitszeitgesetzes ist die Zeit von Beginn bis zum Ende der Arbeit ohne Pausen.

Nachtarbeit

Nachtarbeit im Sinne des Gesetzes liegt vor, wenn eine Arbeit mindestens 2 Stunden im Zeitraum zwischen 23 und 6 Uhr geleistet wird.

Werktägliche Arbeitszeit

Um die Beschäftigten vor übermäßiger Inanspruchnahme ihrer Arbeitskraft zu schützen und um ihre Arbeitskraft und Gesundheit langfristig zu erhalten, soll die werktägliche Arbeitszeit von 8 Stunden nicht überschritten werden, wobei als Werktage die Wochentage Montag bis Samstag gelten.

Ruhepausen

Durch eine Unterbrechung der Arbeitszeit in Form von Pausen erhalten die Beschäftigten Gelegenheit zur Erholung während der Arbeit. Das beugt einer Übermüdung vor und vermindert dadurch das Fehler- und Unfallrisiko.

Ruhezeit

Um den Beschäftigten Gelegenheit zu Erholung, Ruhe und Regeneration zu geben, muss ausreichend Zeit zur Erholung nach der Arbeit, zum Essen, Schlafen und für soziale Aktivitäten gewährleistet werden.

Nacht- und Schichtarbeit

Nacht- und Schichtarbeiter sind durch ihre zeitverschobenen, wechselnden und zu ungünstigen Zeiten liegenden Arbeitszeiten höher belastet als Beschäftigte in regelmäßiger Tagarbeit, da der normale Rhythmus der körperlichen Funktionen wie auch eine verlässliche Teilnahme am sozialen und Familienleben gestört wird.

Sonn- und Feiertagsbeschäftigung

Sonn- und Feiertage haben einen hohen Erholungs- und Freizeitwert. Daher gilt eine allgemeine Sonn- und Feiertagsruhe, die die Teilnahme der Beschäftigten am sozialen, religiösen und kulturellen Leben sicherstellen soll.

Bereitschaftsdienste

Bereitschaftsdienstleister sind wie Nacht- und Schichtarbeiter durch ihre zeitverschobenen, wechselnden und zu ungünstigen Zeiten liegenden Arbeitszeiten höher belastet als Beschäftigte in regelmäßiger Tagarbeit, da der normale Rhythmus der körperlichen Funktionen wie auch eine verlässliche Teilnahme am sozialen und Familienleben gestört wird.

10.3.2 Grenzwerte, Beurteilungskriterien

Werktägliche Arbeitszeit

Die werktägliche Arbeitszeit von 8 Stunden soll nicht überschritten werden, wobei als Werktage die Wochentage Montag bis Samstag gelten.

Unter bestimmten Bedingungen sind dabei jedoch Ausnahmen für eine Verlängerung der täglichen Arbeitszeit möglich: Wenn innerhalb von 6 Kalendermonaten beziehungsweise 24 Wochen ein Ausgleich auf durchschnittlich 8 Stunden gewährleistet ist, kann die werktägliche Arbeitszeit auf bis zu 10 Stunden verlängert werden. Aus diesen Vorgaben ergibt sich eine maximale Wochenarbeitszeit von 60 Stunden.

Ruhepausen

Ruhepausen sind generell im Voraus festzulegen und betragen mindestens 30 Minuten bei einer Arbeitszeit von mehr als 6 bis 9 Stunden und mindestens 45 Minuten bei einer Arbeitszeit von mehr als 9 Stunden. Dabei können die Ruhepausen in Abschnitte von jeweils mindestens 15 Minuten aufgeteilt werden. Bei einer Arbeitszeit von bis zu 6 Stunden ist keine Pause erforderlich.

Ruhezeit

In § 5 Absatz 1 ArbZG ist festgelegt, dass nach Beendigung der täglichen Arbeitszeit eine ununterbrochene Ruhezeit von mindestens 11 Stunden eingehalten werden muss. § 5 Absatz 2 ArbZG besagt zudem, dass unter anderem im Kranken- und Pflegebereich diese Ruhezeit um bis zu 1 Stunde verkürzt werden kann, wenn innerhalb von 4 Wochen ein Ausgleich auf durchschnittlich 11 Stunden erfolgt.

Nacht- und Schichtarbeit

Nach § 6 Absatz 1 ArbZG ist deshalb die Arbeitszeit von Nacht- und Schichtarbeitnehmern nach den gesicherten arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen über die menschengerechte Gestaltung der Arbeit festzulegen, um dadurch negative Auswirkungen physischer und psychischer Art zu minimieren. Die arbeitswissenschaftlichen Erkenntnisse dienen dazu, die Gesundheit der Beschäftigten langfristig zu sichern und zu erhalten (siehe Abschnitt "Arbeitsschutzmaßnahmen") [2].

Sonn- und Feiertagsbeschäftigung

Es gilt eine allgemeine Sonn- und Feiertagsruhe von 24 Stunden (§ 9 ArbZG), die Ausnahmen zugunsten einer Beschäftigung an Sonn- und Feiertagen werden für verschiedene Berufsgruppen und Rahmenbedingungen formuliert. So sieht § 10 Absatz 1 Nr. 3 ArbZG zum Beispiel vor, dass in Krankenhäusern und ähnliche Einrichtungen an Sonn- und Feiertagen gearbeitet werden kann.

Bereitschaftsdienste

In vielen (neuen) Tarifverträgen zum Beispiel der Krankenhäuser werden die Öffnungsklauseln nach § 7 ArbZG genutzt: Es wird eine Ausdehnung der maximalen täglichen Arbeitszeit unter der Bedingung erlaubt, dass die Zeit über 8 Stunden hinaus Bereitschaftsdienst (BD) ist. Dies differenziert teilweise nach den Auslastungsstufen. So sieht der TVöD in seinem "Besonderen Teil für Krankenhäuser (BT-K)" zum Beispiel vor, dass die tägliche Arbeitszeit für die Stufe 1 (bis zu 25 % Auslastung) maximal 16 Stunden betragen kann; für die Stufen 2 (> 25 bis 40 % Auslastung) und 3 (> 40 bis 49 % Auslastung) sind maximal 13 Stunden erlaubt.

In allen Fällen darf der Anteil des Regeldienstes 8 Stunden nicht überschreiten. Zur Vollarbeit gehören dabei nicht nur die Stunden eines Regeldienstes, der dem Bereitschaftsdienst direkt vorangeht, sondern auch Übergabezeiten im Anschluss an den Bereitschaftsdienst. Bei der Dienstzeiten- und Dienstplangestaltung muss dies entsprechend berücksichtigt werden. Die Pausenzeiten verlängern dabei die Gesamtarbeitszeit von insgesamt 13 oder 16 Stunden nicht.

Dazu ein Beispiel nach TVöD BT-K in Tabelle 10.3-1: Regeldienst von 15:30 Uhr bis 23:00 Uhr plus anschließendem Bereitschaftsdienst der Auslastungsstufe 1 von 23:00 Uhr bis 7:00 Uhr und anschließender Übergabe von 7:00 Uhr bis 7:30 Uhr. Insgesamt müssen in dieser Zeit 45 Minuten Pause eingeplant werden. Eine erste Pause von mindestens 15 Minuten muss spätestens nach 6 Stunden Regeldienstzeit eingeplant sein.

Tabelle 10.3-1 Beispiel für Zeiten eines 16-stündigen Diensts

	Anfangszeit	Endzeit	Pause	Schichtzeit[1]	Auslastungsstufe
RD vor BD	15:30	23:00	45 Min.	7,5	
BD	23:00	7:00	45 Min.	8,0	1 (bis 25 %)
Übergabe nach BD	7:00	7:30	45 Min.	0,5	
Gesamtstunden				16,0	

Regeldienst (RD), Bereitschaftsdienst (BD)
[1] Schichtzeit = Arbeitszeit plus Pausenzeit

Zusätzlich sind auch Ausdehnungen der täglichen Arbeitszeit auf bis zu 24 Stunden ohne Ausgleich vorgesehen, wenn eine Prüfung alternativer Arbeitszeitmodelle, einer Belastungsanalyse nach § 5 Arbeitsschutzgesetz und eventuell sich daraus ergebenden Maßnahmen vorgenommen wird. Auch in diesen Bereitschaftsdiensten darf der Anteil der Regelarbeitszeit maximal 8 Stunden betragen, was bedeutet, dass die über 8 Stunden hinaus gehende Zeit als Bereitschaftsdienst geleistet werden muss.

Als Beispiel sei hier der Tarifvertrag im Bereich der Vereinigung der kommunalen Arbeitgeberverbände TV-Ärzte/VKA) genannt, der nach den oben erwähnten Prüfungen tägliche Arbeitszeiten von bis zu 24 Stunden für die Stufen 1 (bis zu 25 % Auslastung) und 2 (> 25 % bis 40 % Auslastung) zulässt. Damit verbunden ist in diesem Tarifvertrag die Möglichkeit, die tägliche Arbeitszeit ohne Ausgleich zu verlängern und damit die durchschnittliche Wochenarbeitszeit auf bis zu 60 Stunden zu erhöhen.

Auch in anderen Tarifverträgen wird die Möglichkeit genutzt, nach den oben genannten Prüfungen und aufgrund einer Betriebs-/Dienstvereinbarung die maximale wöchentliche Arbeitszeit, zum Beispiel auf 54 beziehungsweise 58 Stunden (je nach Auslastungsstufe), zu erhöhen.

10.3.3 Arbeitsschutzmaßnahmen

Ausgleich gewährleisten

Mehrere Vorgaben des Arbeitszeitgesetzes (ArbZG), wie zum Beispiel die tägliche Arbeitszeit, die Ruhezeiten nach Diensten oder die Beschäftigung an Sonn- und Feiertagen, erlauben Abweichungen nach oben oder unten. Voraussetzung dafür ist allerdings ein Ausgleich auf den vorgegebenen durchschnittlichen Wert innerhalb eines bestimmten Zeitraums. Auch wenn die Abweichungen, wie zum Beispiel verkürzte Ruhezeiten oder Verzicht auf den Ausgleich von werktäglicher Feiertagsarbeit, tariflich festgelegt sind, sollte das vorhandene Gefährdungspotential insbesondere für überlange Arbeitszeiten sowie verkürzte Ruhezeiten nicht gering eingestuft werden [9].

Werden über die "Checkliste Arbeitszeit" Abweichungen festgestellt, die sich im Rahmen des ArbZG bewegen, so ist auf den entsprechenden Ausgleich zu achten. Dazu ist eine Dokumentation der Arbeitszeiten sinnvoll. Für die Erfassung der über 8 Stunden hinaus gehenden täglichen Arbeitszeit eignen sich zunächst die nach § 16 ArbZG vorgegebenen Arbeitszeitnachweise, die jeder Arbeitgeber für diesen Fall führen muss. Für alle weiteren Fälle empfiehlt sich eine ausführliche Dokumentation der Arbeitszeiten, um zum Beispiel die Diskrepanzen zwischen den geplanten und tatsächlichen Dienstzeiten und vor allem auch zwischen den geplanten und tatsächlichen Dienstabfolgeplänen zu erkennen, womit auch die Ruhezeiten zwischen den Diensten erfasst werden.

Dienstplangestaltung

Pläne für Dienstzeiten mit Pausen sowie Dienstabfolgen mit Regel- und Bereitschaftsdiensten, woraus sich auch die Ruhezeiten ergeben, liegen normalerweise vor. Bei Abweichungen schon in den geplanten Dienstplänen ist eine Neugestaltung unabdingbar. Einige Aspekte können sicherlich betriebsintern angepasst und geändert werden, wie zum Beispiel Anteile von Vollarbeit in den Diensten oder die Einrichtung von Pausenfenstern. Bei umfassenden Defiziten in mehreren Bereichen empfiehlt es sich, externe Unterstützung einzuholen. Liegen korrekte Dienstzeiten und Dienstpläne vor und treten in der Praxis trotzdem Abweichungen auf, so müssen andere Maßnahmen ergriffen werden, wie zum Beispiel betriebsinterne Analyse oder Tätigkeitsanalysen, um die Ursachen zu finden und entsprechend Abhilfe schaffen zu können.

Arbeitswissenschaftliche Empfehlungen beachten

Die arbeitswissenschaftlichen Empfehlungen zur Gestaltung von Nacht- und Schichtarbeit (§ 6 Abs. 1 ArbZG) sind im Detail bereits beschrieben (siehe "Bilanzierung Arbeitswissenschaftlichen Erkenntnisse zur Nacht- und Schichtarbeit" [2]).

Nacht- und Schichtarbeit, Bereitschaftsdienste

Es sei an dieser Stelle nochmals erwähnt, dass diese arbeitswissenschaftlichen Erkenntnisse zwar primär für Nacht- und Schichtarbeit gelten. Sie sollten jedoch im Sinne des Arbeitsschutzes für jede Beschäftigung in der Nachtzeit beachtet werden, solange noch keine speziellen Erkenntnisse zu Auswirkungen zum Beispiel von Nacht-Bereitschaftsdiensten vorliegen. Für diejenigen im Unternehmen, die für die Dienstplangestaltung zuständig sind, sind vertiefende Informationen empfehlenswert, wie zum Beispiel die Broschüren der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin [11], [12]), [13], [14], [15].

Weitere Unterstützung kann über Schulungen zur Dienstplangestaltung – gegebenenfalls mit Softwareunterstützung [Softwaretool BASS 4] oder durch eine externe Beratung gewährt werden.

Nachtschicht

Wissenschaftlich ist erwiesen, dass sich die physiologischen Funktionen des Menschen nicht vollständig an Nachtarbeit anpassen können, auch wenn viele Nachtarbeiter subjektiv diesen Eindruck haben. Deshalb wird die Einhaltung einer möglichst kurzen Anzahl von aufeinander folgenden Nachtschichten empfohlen, auch um möglichst schnell wieder nach dem üblichen Tagesrhythmus zu leben. Konkret empfohlen werden maximal drei Nachtschichten in Folge und das gilt sowohl für die Nachtschichten in klassischen Schichtsystemen als auch für Bereitschaftsdienste, die im Anschluss an Regeldienste die Nachtzeit abdecken.

Ruhezeit nach Nachtschichten

Arbeitsleistung in der Nacht stellt eine besondere Belastung für den Beschäftigten dar. Um eine angemessene Erholung zu ermöglichen, soll nach einer Folge von Nachtschichten eine ausreichende Ruhezeit gewährt werden. Für Schichtarbeiter werden mindestens 24 Stunden besser 48 Stunden nach einem Nachtschichtblock empfohlen.

Arbeitsbeginn bei Frühschichten

Frühschichten sollten nicht zu früh beginnen, um einem Schlafdefizit vorzubeugen. Durch längere Wegezeiten zum Beispiel kann die Nachtschlafzeit erheblich verkürzt werden, zumal es Hinweise darauf gibt, dass Schichtarbeiter vor einer Frühschicht nicht früher einschlafen können (nach Knauth und Hornberger [7] ist ein Frühschichtbeginn um 6:30 Uhr besser als um 6:00 Uhr und einer um 6:00 Uhr besser als um 5:30 Uhr.).

Wochenendarbeit

Da in unserer Gesellschaft das Wochenende einen hohen Stellenwert für Familienleben und Freizeit hat, sollte darauf geachtet werden, dass am Wochenende ein möglichst langer Freizeitblock liegt, der mindestens einen Samstag oder einen Sonntag einschließt.

Schichtfolgen

Ungünstige Schichtfolgen sollten vermieden werden. Das bezieht sich auf die Rotationsgeschwindigkeit, die Rotationsrichtung und das Auftreten von einzeln eingestreuten Arbeitstagen in Schichtsystemen. Kurzrotierte Systeme, in denen die verschiedenen Schichten in einer kürzeren Abfolge aufeinander folgen (zum Beispiel Früh-Früh-Spät-Spät-Nacht-Nacht) sind so genannten langrotierten Systemen (mit zum Beispiel jeweils 7 Früh-, Spät und Nachtschichten in Folge) vorzuziehen.

Durch eine kurze Rotation ergeben sich häufiger längere Ruhezeiten zwischen den Schichten bzw. Schichtfolgen. Außerdem wirkt sich erwiesenermaßen eine Vorwärtsrotation (Früh-Spät-Nacht) positiver auf das Schlafverhalten und das allgemeine Wohlbefinden aus als eine Rückwärtsrotation (zum Beispiel Nacht-Spät-Früh). Hier liegt der Grund ebenfalls in der längeren Ruhezeit zwischen den Schichten und zudem in der dem Menschen eigenen Circadianperiodik, die etwas mehr als 24 Stunden beträgt.

Zum Dritten sind einzeln eingestreute Arbeitstage zu vermeiden, die einen längeren Freizeitblock zerteilen und somit Erholung und vor allem Freizeit behindern.

Massierung von Arbeitszeit

Die Anzahl von Arbeitstagen in Folge sollte begrenzt werden, da eine solche Massierung von Arbeitszeit eine erhöhte Belastung darstellt und sich der Bedarf an reinen Erholzeiten erhöht. Die häufig von Beschäftigten gewünschten langen Freizeitblöcke sind jedoch nur über eine Massierung von Arbeitstagen zu erreichen. Hier gilt es, einen ausgewogenen Kompromiss zwischen Arbeitsbelastung und Freizeit herzustellen.

Ebenso wendet sich diese arbeitswissenschaftliche Empfehlung auch gegen eine Massierung von Arbeitszeiten an einem Tag, wie es zum Beispiel bei 12-Stunden-Schichten oder BD der Fall ist.

Vorhersehbarkeit und Überschaubarkeit

Schichtpläne sollten vorhersehbar und überschaubar sein. Da die Planung des Familienlebens und der Freizeit für Schichtarbeiter ohnehin erschwert ist, sollten einmal aufgestellte Pläne für die Beschäftigten verlässlich und überschaubar sein und möglichst wenig und vor allem nicht kurzfristig von Arbeitgeber-Seite aus geändert werden.

Arbeitsbelastung

Die Schichtlänge ist an die Arbeitsbelastung anzupassen. Um eine solche Kopplung der Schichtlänge an die zu erfüllenden Aufgaben und Arbeitsinhalte vorzunehmen, sind Tätigkeitsanalysen und Belastungsanalysen empfehlenswert.

Arbeitsmedizinische Untersuchungen

Daneben ist geregelt, dass Nachtarbeitnehmer Anspruch auf regelmäßige arbeitsmedizinische Untersuchungen haben (§ 6 Abs. 3 ArbZG). Außerdem muss Nachtarbeit angemessen honoriert werden entweder durch bezahlte freie Tage (Urlaub) oder einen Zuschlag auf das Entgelt (§ 6 Abs. 5 ArbZG). Ein Ausgleich über Freizeit ist auf jeden Fall einem finanziellen Zuschlag vorzuziehen, um die Arbeitsbelastung zu reduzieren und ein Freizeit- und Familienleben in ausreichendem Maße zu ermöglichen. Tarifverträge regeln diese Vorgabe häufig für Nacht- und Schichtarbeiter über die Gewährung von zusätzlichen Urlaubstagen.

Betriebsinterne Analysen

Kurzpausen

Einige Abweichungen benötigen nicht sofort eine Tätigkeits- oder Belastungsanalyse; sie können auch über betriebsinterne Gespräche oder Beobachtungen analysiert werden. Das gilt zum Beispiel für die Einhaltung von Pausen und dabei im speziellen für die Erholungswirkung von Kurzpausen. Hier muss überprüft werden, ob und in welchem Maße bei Kurzpausen von circa 5 Minuten ein Erholungswert tatsächlich gegeben ist und ob eine entsprechende Nahrungsaufnahme möglich ist. Es ist empfehlenswert, nicht die gesamte Pausenzeit in Kurzpausen aufzuteilen, sondern einen Zeitblock von mindestens 15 Minuten einzuplanen, wobei der Rest dann zum Beispiel 3 x 5 Minuten sein kann.

Vertretungsregelungen

Ist zum Beispiel in Bereitschaftsdiensten ein Arzt allein für eine Abteilung zuständig, so sollte für eine Vertretungsregelung durch Ärzte aus anderen Abteilungen oder einen entsprechenden Hintergrunddienst gesorgt werden. Während abteilungsübergreifende Bereitschaftsdienste auf der einen Seite dazu führen, dass weniger Ärzte Bereitschaftsdienste leisten müssen, so kann dies auf der anderen Seite dazu führen, dass eine erhöhte Belastung durch einen Einsatz in einem fachfremden Gebiet entsteht. Das bedingt erhöhte Anforderungen an die Organisation des Hintergrunddienstes durch die entsprechenden Fachärzte.

Mehrarbeit kontrollieren

Es obliegt dem Arbeitgeber, Kenndaten zu Mehrarbeit oder die Ausmaße von Plusstunden bei Arbeitszeitkonten zu kontrollieren, um das Gefährdungspotential gering zu halten. Kommt es häufig und in erheblichem Maße zu Abweichungen (sowohl Über- als auch Unterschreitungen der Vorgaben), so müssen die Rahmenbedingungen nachgeprüft und eventuell angepasst werden (siehe auch "Betriebs- und Dienstvereinbarung anpassen"). Es müssen Möglichkeiten für einen Abbau von Mehrarbeitsstunden vorhanden sein sowie personelle (zum Beispiel Mehrpersonal oder Personal mit einer höheren Qualifikation) und organisatorische Maßnahmen (zum Beispiel eine Neuorganisation von Visitenzeiten oder eine Verbesserung der OP-Planung) in Betracht gezogen werden. Es ist abzuklären, inwieweit eine mangelhafte Planung und Struktur oder bestimmte Einstellungen oder Verhaltensmuster auf Seiten der Beschäftigten verantwortlich sind (siehe "Verhaltensorientierte Maßnahmen").

Tätigkeitsanalyse

Belastungen ergeben sich häufig durch einen erhöhten Anteil an "Notfällen". Das betrifft sowohl Dienstleistungsbereiche als auch die Produktion. Um zu erfassen, ob diese "Notfälle" vermeidbar sind und in welchem Zusammenhang sie stehen sollte eine Tätigkeitsanalyse durchgeführt werden, um entsprechende Maßnahmen herleiten und umsetzen zu können. Das können je nach Ergebnis Änderungen der Arbeitszeiten, der Dienstpläne, organisatorische Anpassungen, Personalveränderungen oder verhaltensorientierte Maßnahmen sein.

Personalbedarfsanalyse

Zeitliche und personelle Engpässe im Verlauf der Arbeitsschichten (gegebenenfalls dokumentiert über eine Tätigkeitsanalyse) können häufig auf eine mangelhafte Personalplanung zurückgeführt werden. Hier ist zunächst abzuklären, ob der erforderliche Personalbedarf tatsächlich abgedeckt ist, ob Stellen vakant sind oder ob der Ausfall durch Krankheit zu hoch ist.

Dokumentation des Personalbedarfs

Eine Personalbedarfsanalyse dokumentiert im Detail, zu welchen Zeiten eines jeden Wochentags wie viele Beschäftigte mit welcher Qualifikation anwesend sein müssen. Dabei ist es wichtig, sich vom Ist-Zustand zu lösen und den tatsächlichen Bedarf zu erfassen. Zusammen mit weiteren Analysen kann geklärt werden, ob tatsächlich ein Personalmangel vorherrscht, der nur über eine Aufstockung des Personals behoben werden kann, oder ob organisatorische Fehlplanungen vorliegen, die zum Beispiel durch Veränderungen in den Arbeitsabläufen oder Aufgabenneuverteilungen bewältigt werden können.

Tätigkeitsanalyse

Über eine Tätigkeitsanalyse können prozentuale Anteile und zeitliche Verteilung unterschiedlicher Tätigkeiten dokumentiert werden. Vor allem über die Analyse von Lage und Dauer der Tätigkeiten können detaillierte

Maßnahmen im organisatorischen, personellen und arbeitszeitlichen Bereich abgeleitet werden. Das Verfahren ist ausführlich in der BAuA-Broschüre "Entwicklung einer Gefährdungsbeurteilung im Hinblick auf die Arbeitszeit [5]", beispielhaft für Krankenhausärzte, beschrieben.

Belastungsanalyse

Ein Verfahren, das aufgrund seiner relativ weiten Verbreitung für viele Tätigkeitsbereiche auch Referenzdaten bietet, ist der Copenhagen Psychosocial Questionnaire (COPSOQ) in seiner verkürzten deutschen Version [10]. Das Verfahren erfasst über eine schriftliche Befragung Belastungen (unter anderem Anforderungen, Einflüsse, Führung) und Beanspruchungen (unter anderem Arbeitszufriedenheit, Gesundheit, Stress, Burnout) und bietet gleichzeitig ein Screening zur Ableitung von Maßnahmen.

Betriebs-/ Dienstvereinbarung anpassen

Bei der Einführung zum Beispiel von Arbeitszeitkonten, die zur Ausweitung der Flexibilität für Betriebe und Beschäftigte beitragen soll, werden die Rahmenbedingungen in einer Betriebs- oder Dienstvereinbarung festgelegt. Gefährdungspotential besteht hier vor allem in einem unzureichenden Zugriff auf die Möglichkeiten flexibler Arbeitszeitgestaltung durch die Beschäftigten selbst. Hier ist eine entsprechende Gestaltung beziehungsweise Anpassung der Vereinbarung zu empfehlen, um zu vermeiden, dass die Möglichkeiten flexibler Arbeitszeiten nur einseitig genutzt werden können.

Verhaltensorientierte Maßnahmen

Bei personellen oder organisatorischen Engpässen kann eine im Prinzip wünschenswerte Verantwortlichkeit für die eigenen Dienstzeiten dazu führen, dass zum Beispiel die Länge der täglichen Dienstzeiten überschritten und die Dauer von Pausen und Ruhezeiten unterschritten werden.

Gesundheitsbewusstsein stärken

Wenn Beschäftigte einen - erwünschten - Einfluss auf ihre Arbeits- beziehungsweise Dienstzeiten haben, zum Beispiel Schichten oder Dienste tauschen können, Anfangs- oder Endzeiten von Schichten oder Diensten "schieben" können, so sollten sie Kenntnis darüber haben, welche negativen Folgen (im Sinne eines Gefährdungspotentials) daraus resultieren können. Nicht auszuschließen ist auch, dass sich bei den Beschäftigten bestimmte Verhaltensmuster entwickeln, die Abweichungen mit verursachen.

Negative Verhaltensmuster vermeiden

Es ist darauf zu achten, dass sich keine negativen Verhaltensmuster oder ein Gruppendruck aufbauen, die dazu führen, dass zum Beispiel Pausenzeiten verringert oder gar nicht mehr in Anspruch genommen werden.

Die Beschäftigten sollten über die Hintergründe der Vorgaben und Empfehlungen informiert und für deren Umsetzung sensibilisiert werden. Das gilt ebenso für die Vorgaben des ArbZG wie die betreffenden tarifvertraglichen Regelungen. Verhaltensorientierte Maßnahmen können eine entsprechende Information der Beschäftigten als auch Gespräche mit ihnen beinhalten und sollten möglicherweise auch ergänzend zu Dienstzeiten- und Dienstplanänderungen erfolgen.

10.3.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur

Gesetze, Verordnungen

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
- Arbeitszeitgesetz (ArbZG)
- Jugendarbeitsschutzgesetz (JArbSchG)
- Mutterschutzgesetz (MuSchG)
- Sozialgesetzbuch Neuntes Buch – Rehabilitation und Teilhabe behinderter Menschen (SGB IX)
- Verordnung über den Mutterschutz für Beamtinnen des Bundes und die Elternzeit für Beamtinnen und Beamte des Bundes (Mutterschutz- und Elternzeitverordnung - MuSchEltZV)
- Landesbeamtengesetz (LBG)
  Beispiel: Mecklenburg Vorpommern

Geltendes EU-Recht

- **Richtlinie 2003/88/EG**
  Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 4. November 2003 über bestimmte Aspekte der Arbeitszeitgestaltung

Literatur

- [1] Anzinger, R.; Koberski, W.:
  Kommentar zum Arbeitszeitgesetz.
  4. überarbeitete Auflage
  Frankfurt/Main: Recht und Wirtschaft 2014
- [2] Beermann, B.:
  Bilanzierung Arbeitswissenschaftlichen Erkenntnisse zur Nacht- und Schichtarbeit.
  8. überarbeitete Auflage
  Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) 2005
- [3] Büssing, A.; Glaser, J.; Höge, Th.:
  Screening psychischer Belastungen in der stationären Krankenpflege (Belastungsscreening TAA-KH-S). Handbuch zur Erfassung und Bewertung psychischer Belastungen bei Beschäftigten im Pflegebereich.
  2. unveränderte Auflage
  Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW 2002
  (Schriftenreihe der BAuA, FB 932)
- [4] Grzech-Sukalo, H.; Hänecke, K.; Jaeger, C.; Nachreiner, F.:
  Software-gestützte Arbeitszeitgestaltung in der Praxis.
  Dortmund: BAuA 2004 (2. unveränderte Auflage)
- [5] Grzech-Sukalo, H.; Hänecke K.:
  Entwicklung einer Gefährdungsbeurteilung im Hinblick auf die Arbeitszeit.
  Dortmund: BAuA 2008
- [6] Grzech-Sukalo, H.; Hänecke, K.:
  Arbeitszeitgestaltung und Organisationsentwicklung im Krankenhaus - Prozess, Möglichkeiten und Grenzen.
  In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (GfA); Jahresdokumentation 2004 der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Bericht zum 50. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft an der ETHZ – Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, 24.- 26. März 2004.
  Dortmund: GfA-Press. Seiten 565-568
- [7] Knauth, P.; Hornberger, S.:
  Schichtarbeit und Nachtarbeit. Probleme – Formen – Empfehlungen.
  4. Auflage
  Bayerisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung, Familie, Frauen und Gesundheit: München 1997
- [8] Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik:
  Arbeitszeitgestaltung in Krankenhäusern.
  1. überarbeitete Auflage der Neufassung 2009.
  Bremen 2012 [LASI- Veröffentlichung – LV 30]
- [9] Nachreiner, F.; Schomann, C.; Stapel, W.:
  Softwaregestützte Arbeitszeitgestaltung und –bewertung mit BASS 4. Entwicklung von Instrumenten zur Unterstützung betrieblicher Akteure beim Ausbau von Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit und

Innovations- und Wandlungsfähigkeit der Unternehmen.
Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW 2005
– [10] Nübling, M.; Stößel, U.; Hasselhorn, H.; Michaelis, M.; Hofmann, F.:
Methoden zur Erfassung psychischer Belastung – Erprobung eines Messinstrumentes (COPSOQ).
Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW 2005.
(Schriftenreihe der BAuA, FB 1058)
– [11] Beermann, B.:
Leitfaden zur Einführung und Gestaltung von Nacht- und Schichtarbeit.
9. Auflage
Dortmund: BAuA 2005. [BAuA-Quartbroschüre]
– [12] Sczesny, C.:
Gestaltung der Arbeitszeit im Krankenhaus. Zur Umsetzung neuer Nachtarbeitszeitregelungen unter Berücksichtigung arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse.
5. Auflage
Dortmund: BAuA 2007. [BAuA-Quartbroschüre]
– [13] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.):
Flexible Arbeitszeiten für den ärztlichen Dienst.
Dortmund: BAuA 2006. [INQA-Quartbroschüre]
– [14] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.):
Rufdienste - Eine Handlungshilfe zur positiven Gestaltung.
Dortmund: BAuA 2006. [BAuA-Quartbroschüre]
– [15] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.):
Flexible Arbeitszeitmodelle - Überblick und Umsetzung.
1. Auflage
Dortmund: BAuA 2017. [Papier, PDF-Datei, DOI: 10.21934/baua:praxis20170719]
– [16] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.):
Positive Gestaltungsbeispiele der softwaregestützten Arbeitszeitgestaltung.
Dortmund: BAuA 2008. [BAuA-Quartbroschüre]

Internetangebote/Links

– **Softwaregestützte Arbeitszeitgestaltung mit BASS 4**
(Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Forschungsbericht, Fb 1064)
– **Messung psychischer Faktoren bei der Arbeit: COPSOQ deutsche Standardversion**
Freiburger Forschungsstelle für Arbeitswissenschaften GmbH (FFAW)

10.3.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Die Arbeitszeit ist ein Gestaltungskriterium, das an allen Arbeitsplätzen vorkommt. Arbeit findet immer in der Zeit statt. Dementsprechend wurde dieses Kriterium im Arbeitsschutzgesetz genannt und demzufolge ist für alle Tätigkeitsbereiche unabhängig von spezifischen Belastungen die Arbeitszeit in der Gefährdungsbeurteilung und wenn erforderlich, bei der Maßnahmenfestlegung verpflichtend zu berücksichtigen.

Prüffragen

Wesentlich bei der Betrachtung der Arbeitszeit sind Dauer, Lage und Verteilung der Arbeitszeit. Daran gekoppelt sind die Ruhezeiten und die Pausenzeiten. Dementsprechend sind diese Parameter bestimmend.

– Wie lang ist die durchschnittliche täglich/wöchentlich/monatlich Arbeitszeit?
– Liegen die Arbeitszeiten in eher ungünstigen Tageszeiten/Wochenzeiten (Nachts oder am Wochenende)?
– Wie flexibel wird die Arbeitszeit gehandhabt?
– Werden Pausen/Ruhezeiten eingehalten?
– Wie häufig und in welchem Ausmaß kommen Abweichungen von der vereinbarten Arbeitszeit vor?

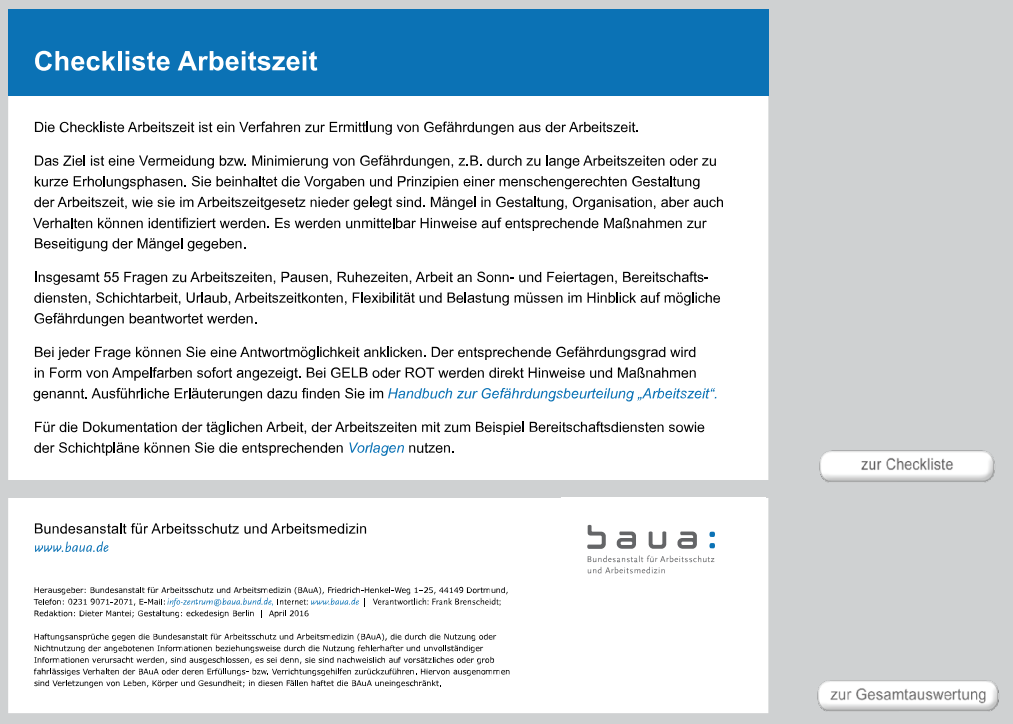
Festgestellte Gefährdungen/Mängel

Wissenschaftliche Erkenntnisse zeigen einen deutlichen Zusammenhang, zum Beispiel zwischen gesundheitlichem Befinden, Leistungsverhalten, Unfallgefährdung und sozialer Desintegration von Beschäftigten in Abhängigkeit von der Dauer der Arbeitszeit, der Lage der Arbeitszeit (Schicht- und Nachtarbeit) und flexiblen Arbeitszeitsystemen.

Zur Erfassung der Gefährdung durch arbeitszeitspezifische Kriterien, wie überlange Arbeitszeiten, Schicht- und Nachtarbeit, flexible Arbeitszeit, kann die auf der BAuA-Webseite eingestellte "Checkliste Arbeitszeit" zur Beurteilung der Arbeitszeit am Beispiel Krankenhaus verwendet werden. Der Schwerpunkt liegt zwar auf der Arbeitszeit im Krankenhaus, das Instrument ist aber auch für andere Branchen anwendbar. Hierzu können die spezifischen Arbeitszeitaspekte, die sich aus dem Setting "Krankenhaus" ergeben, ausgelassen werden.

Maßnahmen

Empfohlene Maßnahmen in der Checkliste "Arbeitszeit" beziehen sich auf strukturelle Aspekte und können dementsprechend in der Regel übernommen werden.



Checkliste Arbeitszeit

Die Checkliste Arbeitszeit ist ein Verfahren zur Ermittlung von Gefährdungen aus der Arbeitszeit.

Das Ziel ist eine Vermeidung bzw. Minimierung von Gefährdungen, z.B. durch zu lange Arbeitszeiten oder zu kurze Erholungsphasen. Sie beinhaltet die Vorgaben und Prinzipien einer menschengerechten Gestaltung der Arbeitszeit, wie sie im Arbeitszeitgesetz nieder gelegt sind. Mängel in Gestaltung, Organisation, aber auch Verhalten können identifiziert werden. Es werden unmittelbar Hinweise auf entsprechende Maßnahmen zur Beseitigung der Mängel gegeben.

Insgesamt 55 Fragen zu Arbeitszeiten, Pausen, Ruhezeiten, Arbeit an Sonn- und Feiertagen, Bereitschaftsdiensten, Schichtarbeit, Urlaub, Arbeitszeitkonten, Flexibilität und Belastung müssen im Hinblick auf mögliche Gefährdungen beantwortet werden.

Bei jeder Frage können Sie eine Antwortmöglichkeit anklicken. Der entsprechende Gefährdungsgrad wird in Form von Ampelfarben sofort angezeigt. Bei GELB oder ROT werden direkt Hinweise und Maßnahmen genannt. Ausführliche Erläuterungen dazu finden Sie im *Handbuch zur Gefährdungsbeurteilung „Arbeitszeit“.*

Für die Dokumentation der täglichen Arbeit, der Arbeitszeiten mit zum Beispiel Bereitschaftsdiensten sowie der Schichtpläne können Sie die entsprechenden *Vorlagen* nutzen.

zur Checkliste

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
www.baua.de

baua: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

Herausgeber: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Friedrich-Henkel-Weg 1–25, 44149 Dortmund, Telefon: 0231 9071-2071, E-Mail: *info-zentrum@baua.bund.de*, Internet: *www.baua.de* | Verantwortlich: Frank Brenscheidt; Redaktion: Dieter Mantel; Gestaltung: eckedesign Berlin | April 2016

Haftungsansprüche gegen die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), die durch die Nutzung oder Nichtnutzung der angebotenen Informationen beziehungsweise durch die Nutzung fehlerhafter und unvollständiger Informationen verursacht werden, sind ausgeschlossen, es sei denn, sie sind nachweislich auf vorsätzliches oder grob fahrlässiges Verhalten der BAuA oder deren Erfüllungs- bzw. Verrichtungsgehilfen zurückzuführen. Hiervon ausgenommen sind Verletzungen von Leben, Körper und Gesundheit; in diesen Fällen haftet die BAuA uneingeschränkt.

zur Gesamtauswertung

Abbildung 10.3-1. Checkliste Arbeitszeit

10.3.6 Autoren und Ansprechpartner

Autoren:
- Dipl.-Inf. F. Brenscheidt
- H. Grzech-Sukalo
- Dr. K. Hänecke
- Dr. B. Beermann

Ansprechpartner:
- Dipl.-Inf. F. Brenscheidt
  BAuA, Gruppe 1.1, Dortmund

10.4 Soziale Beziehungen

Dem Merkmalsbereich "Soziale Beziehungen" werden folgende Belastungsfaktoren zugeordnet:

– Soziale Beziehungen zu den Kollegen
– Soziale Beziehungen zu den Vorgesetzten

Im konkreten Arbeitskontext können diese Faktoren je nach Art und Ausprägung als Gefährdung der Gesundheit, aber auch als unterstützende Ressource wirken.

10.4.1 Soziale Beziehungen zu den Kollegen

Begriffsbestimmung

Soziale Beziehungen zu den Kollegen ergeben sich durch die arbeitsbezogene Interaktion innerhalb oder außerhalb der eigenen Gruppe und den Kontakt mit den Kollegen.

Soziale Unterstützung ist vorhanden, wenn die Kollegen, zum Beispiel bei Problemen oder Schwierigkeiten in der Arbeit, um Rat gefragt und/oder um Hilfe gebeten werden können.

Mögliche kritische Ausprägungen

- fehlende oder geringe soziale Unterstützung durch die Kollegen, zum Beispiel an Einzelarbeitsplätzen oder bei zu wenig Personal
- Konflikte und Streitigkeiten (soziale Stressoren), zum Beispiel durch unklare Aufgabenverteilung, Sanktionen an gesamter Arbeitsgruppe, soziale Ausgrenzung oder Diskriminierung Einzelner (Mobbing), interkulturelle oder andere Verständigungsprobleme
- fehlendes oder geringes Vertrauen, zum Beispiel durch hohen Wettbewerbsdruck zwischen den Kollegen hinsichtlich Provisionszahlungen, Bewilligung von Projektgeldern oder Stellen für weiteres Personal

Gefährdungspotenzial

Das Gefährdungspotenzial geringer sozialer Unterstützung ist für die folgenden Krankheitsbilder und Beschwerden nachgewiesen:

- psychische Beeinträchtigungen (Metaanalyse von Stansfeld & Candy, 2006)
- Depressionen (Review von Bonde, 2008)
- kardiovaskuläre Erkrankungen insbesondere bei Männern (Review von Eller et al., 2009, und Studien von André-Petersson et al., 2007; Siegrist et al., 1982; Williams et al., 1985)
- generalisierte Angsterkrankung und Depression (Studien von Melchior et al., 2007, sowie Sinokki et al., 2009)

Erste Hinweise auf ein Gefährdungspotenzial von sozialen Stressoren liegen für die folgenden Krankheitsbilder und Beschwerden vor:

- psychische Störungen (prospektive Studie von Romanov et al., 1996)
- Major Depression und Depressivität (Rau et al., 2010a; 2010b)

Mögliche Gestaltungsansätze

- Aufgabenverteilung ändern
- für klare Aufgaben- und Rollenverteilung sorgen
- zeitliche und inhaltliche Freiheitsgrade schaffen
- erreichbare Ziele festlegen
- regelmäßige Teambesprechungen vorsehen
- offene Kommunikation und Konfliktbewältigung fördern, Konflikte zeitnah ansprechen und klären, Schulungen anbieten, eventuell Leitlinien für gute Zusammenarbeit oder Dienstvereinbarung "Anti-Mobbing" erstellen
- Mitarbeiter vor Veränderungen informieren und ggf. einbeziehen
- gegenseitige Wertschätzung fördern
- Teamklima überprüfen, Gruppenmoderation oder Coaching ermöglichen, Gruppenzusammensetzung ändern

10.4.2 Soziale Beziehungen zu den Vorgesetzten

Begriffsbestimmung

Die *sozialen Beziehungen* zu dem oder den Vorgesetzten ergeben sich aus der organisatorischen Einbindung der eigenen Arbeit in das Arbeitssystem, der erforderlichen arbeitsbedingten Interaktion und dem Kontakt mit dem oder den Vorgesetzten.

Soziale Unterstützung ist vorhanden, wenn der oder die Vorgesetzten zum Beispiel bei Problemen oder Schwierigkeiten in der Arbeit um Rat gefragt und/oder um Hilfe gebeten werden können.

Mögliche kritische Ausprägungen

- fehlende oder geringe soziale Unterstützung durch den Vorgesetzten, zum Beispiel bei zu großen Arbeitsgruppen, zu vielen administrativen Aufgaben, unzureichender Qualifikation der Führungskraft
- Konflikte und Streitigkeiten mit Vorgesetzten (soziale Stressoren), zum Beispiel bei fehlender Einbeziehung in Entscheidungen, fehlenden oder zu späten Rückmeldungen, fehlenden oder unzureichenden sozialen und kommunikativen Kompetenzen des Vorgesetzten
- fehlende Anerkennung der Kompetenzen oder Arbeitsleistungen, zum Beispiel nur autoritäre Weitergabe von Arbeitsaufgaben von oben nach unten, überwiegend Kritik, keine positive Würdigung

Gefährdungspotenzial

Ein Gefährdungspotenzial für die Gesundheit von Beschäftigten ergibt sich, wenn die unmittelbaren Vorgesetzten kaum Wissen über eine gesunde Arbeitsgestaltung haben (Längsschnittstudie von Theorell et al., 2001).

Hinweis: Die oben unter soziale Beziehungen zu den Kollegen aufgeführten Aussagen zum Gefährdungspotenzial von geringer sozialer Unterstützung und sozialen Stressoren gelten auch für die sozialen Beziehungen zu den Vorgesetzten.

Mögliche Gestaltungsansätze

- Arbeitsablauf und -organisation überprüfen
- Rollen und Verantwortlichkeiten klären, Mehrfachunterstellungen vermeiden
- offene Kommunikation und Kooperation fördern
- systematische Personalauswahl und -entwicklung für Führungspositionen umsetzen
- Führungsleitlinien erstellen
- regelmäßige Mitarbeitergespräche einführen

10.5 Arbeitsumgebung

Dem Merkmalsbereich *"Arbeitsumgebung"* werden folgende Belastungsfaktoren zugeordnet:

– Physikalische und chemische Faktoren
– Physische Faktoren
– Arbeitsplatz- und Informationsgestaltung
– Arbeitsmittel

Im konkreten Arbeitskontext können diese Faktoren je nach Art und Ausprägung als Gefährdung der Gesundheit, aber auch als unterstützende Ressource wirken.

10.5.1 Physikalische und chemische Faktoren

Begriffsbestimmung

Mit physikalischen Faktoren sind Faktoren wie Beleuchtung, Klima oder Lärm gemeint. Chemische Faktoren umfassen alle festen, flüssigen oder gasförmigen (Gefahr-)Stoffe, die zu Explosionen oder Bränden führen können oder die giftig, gesundheitsschädlich, ätzend oder umweltgefährlich sind.

Mögliche kritische Ausprägungen

1. physikalische Faktoren
   - Klima: extreme Hitze oder Kälte, zum Beispiel fehlende Schutzkleidung beim Arbeiten im Freien (im Sommer und Winter) auf Baustellen, in der Landwirtschaft, in der Touristikbranche; in der Lebensmittelindustrie, zum Beispiel bei Arbeiten im Kühlhaus (Kälte) oder in der Küche (Hitze)
   - Beleuchtung: zu geringe oder zu hohe Beleuchtung/Blendung
   - Lärm: hoher Lärmpegel, Stoßgeräusche oder undefinierbare Geräusche
2. chemische Faktoren
   - unzureichender Umgang oder fehlende Schutzausrüstung, zum Beispiel Einatmen von Stäuben, Dämpfen oder Hautkontakt mit Säuren oder Basen, Geruchsbelästigungen

Gefährdungspotenzial

Das Gefährdungspotenzial ist für die folgenden Beschwerden (Schmidtke, 1993; Schlick et al., 2010; Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung, 2011; BAuA, 2012; Richter, 2001) nachgewiesen:

– falscher Umgang mit Gefahrstoffen, zum Beispiel bei Brand- und Explosionsgefährdungen
– physikalische Faktoren
  - Klima: bei extremer Hitze: psychische Ermüdung; bei extremer Kälte: Einschränkungen von Beweglichkeit, Sensibilität und Geschicklichkeit, Verspannungen des Muskel-Skelett-Apparates (BAuA, 2012), Fehlhandlungen, Unfälle
  - ungünstige Beleuchtung/Blendung: Wahrnehmungseinschränkungen, optische Täuschungen, Erleben von Stress oder psychischer Ermüdung
  - Lärm: Erleben von Stress oder psychischer Ermüdung, Verspannung des Schulter- Nackenbereiches oder der Lendenwirbelsäule (Debitz et al., 2010)
– chemische Faktoren
  - Neubildungen wie Karzinome in der Lunge oder auf der Haut
  - Vergiftungen, Verbrennungen oder Verätzungen

Mögliche Gestaltungsansätze

– ungünstige Arbeitsumgebungsbedingungen vermeiden
– Persönliche Schutzausrüstung bereithalten und regelmäßig Zustand und Vollständigkeit überprüfen
– technische Regeln für Arbeitsstätten einhalten
– arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse beachten
– bei Hitze oder Kälte: Arbeitszeit und Pausenregelung beachten
– bei Hitze: kostenlose Versorgung mit Getränken organisieren
– regelmäßig arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen anbieten

10.5.2 Physische Faktoren

Begriffsbestimmung

Zu den physischen Faktoren werden die ergonomische Gestaltung der Arbeit und die physische Belastung bei der Arbeit gezählt.

Mögliche kritische Ausprägungen

- ungünstige ergonomische Gestaltung, zum Beispiel ungünstige Gestaltung der Mensch-Maschine-Interaktion
- schwere körperliche Arbeit, zum Beispiel Heben und Tragen schwerer Lasten, Zwangshaltungen oder Über-Kopf-Arbeiten

Gefährdungspotenzial

Das Gefährdungspotenzial ist nachgewiesen für die folgenden Beschwerden (Schmidtke, 1993; Schlick et al., 2010; Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung, 2011; BAuA, 2012):

- Zwangshaltungen führen zu Beschwerden im Muskel-Skelett-Apparat
- schwere körperliche Arbeit führt zu Beschwerden und Erkrankungen des Muskel-Skelett-Apparates und zur psychischen Ermüdung (Debitz et al., 2010)

Mögliche Gestaltungsansätze

- ungünstige Arbeitsbedingungen vermeiden
- technische Regeln für Arbeitsstätten einhalten
- Maschinen oder Hilfsmittel zur Vermeidung oder Reduzierung physischer Belastungen bereitstellen
- arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse beachten, zum Beispiel
  - Steinberg, U.; Liebers, F.; Klußmann, A. (2011): Manuelle Arbeit ohne Schaden. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
  - Steinberg, U.; Windberg, H.-J. (2011): Heben und Tragen ohne Schaden. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
  - Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.) (2009): Ergonomie in Krankenhaus und Klinik – Gute Praxis in der Rückenprävention. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
  - Steinberg, U.; Caffier, G.; Liebers, F.; Behrendt, S. (2008): Ziehen und Schieben ohne Schaden. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
  - Bleyer, T.; Hold, U.; Macheleidt, M.; Müller-Arnecke, H. W.; Rademacher, U.; Windel, A. (2004): Hebe- und Tragehilfen im Rettungsdienst – Zusammenstellung und Betrachtung wesentlicher Schnittstellen. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW

Weitere Handlungshilfen bieten die zuständigen Unfallversicherungsträger oder die Krankenkassen an.

10.5.3 Arbeitsplatz- und Informationsgestaltung

Begriffsbestimmung

Zur Arbeitsplatz- und Informationsgestaltung gehören die räumlichen Arbeitsverhältnisse und die Informationsgestaltung.

Mögliche kritische Ausprägungen

- ungünstige räumliche Verhältnisse
  - ausschließlich Sitzarbeitsplatz ohne Möglichkeit, die Körperhaltung zu wechseln
  - fehlender Bein-/Fußraum
  - körperferne Anordnung der Arbeitsmittel und Stellteile
  - zu geringe oder zu große Arbeitshöhe
  - eingeschränkte Bewegungsfreiheit
  - ungünstige Kombination der Arbeitsmittel und -möbel
- ungünstige Informationsgestaltung
  - defekte Anzeigeelemente, zum Beispiel wenn das Display Kratzer oder Sprünge hat
  - ungünstige Lage der Anzeigeelemente, zum Beispiel zu hoch oder zu niedrig
  - verschmutzte Anzeigeelemente, zum Beispiel durch Staub oder Schmiere

Gefährdungspotenzial

Das Gefährdungspotenzial ist nachgewiesen für die folgenden Beschwerden (Schmidtke, 1993; Schlick et al., 2010; Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung, 2011; BAuA, 2012; Richter, 2001):

- bei ungünstigen räumlichen Verhältnissen Muskel-Skelett-Erkrankungen, Entzündungen der Sehnen, Abnutzung der Gelenke, Bandscheibenvorfälle, Verspannungen der Nacken- und Schultermuskulatur, Kribbeln in den Armen und Beinen
- bei ungünstiger Informationsgestaltung Erleben von Stress und/oder psychischer Ermüdung, Qualitätsmängel und Ausschuss, Fehlhandlungen, Beinaheunfälle, Unfälle

Mögliche Gestaltungsansätze

- arbeitswissenschaftliche und ergonomische Erkenntnisse für die Arbeitsplatz- und Informationsgestaltung berücksichtigen
- technische Regeln für Betriebssicherheit einhalten

10.5.4 Arbeitsmittel

Begriffsbestimmung

Die Arbeitsmittel sind die Maschinen, Geräte und Anlagen, an denen bzw. mit denen gearbeitet wird.

Mögliche kritische Ausprägungen

- fehlendes oder ungeeignetes Werkzeug, zum Beispiel veraltete oder defekte Maschinen oder Geräte
- ungünstige Bedienung oder Einrichtung von Maschinen, zum Beispiel die Positionierung der Stellteile entspricht nicht der Abfolge der Arbeitsschritte
- unzureichende Softwaregestaltung, zum Beispiel die Eingabemaske erfordert Einträge, für die die Daten fehlen

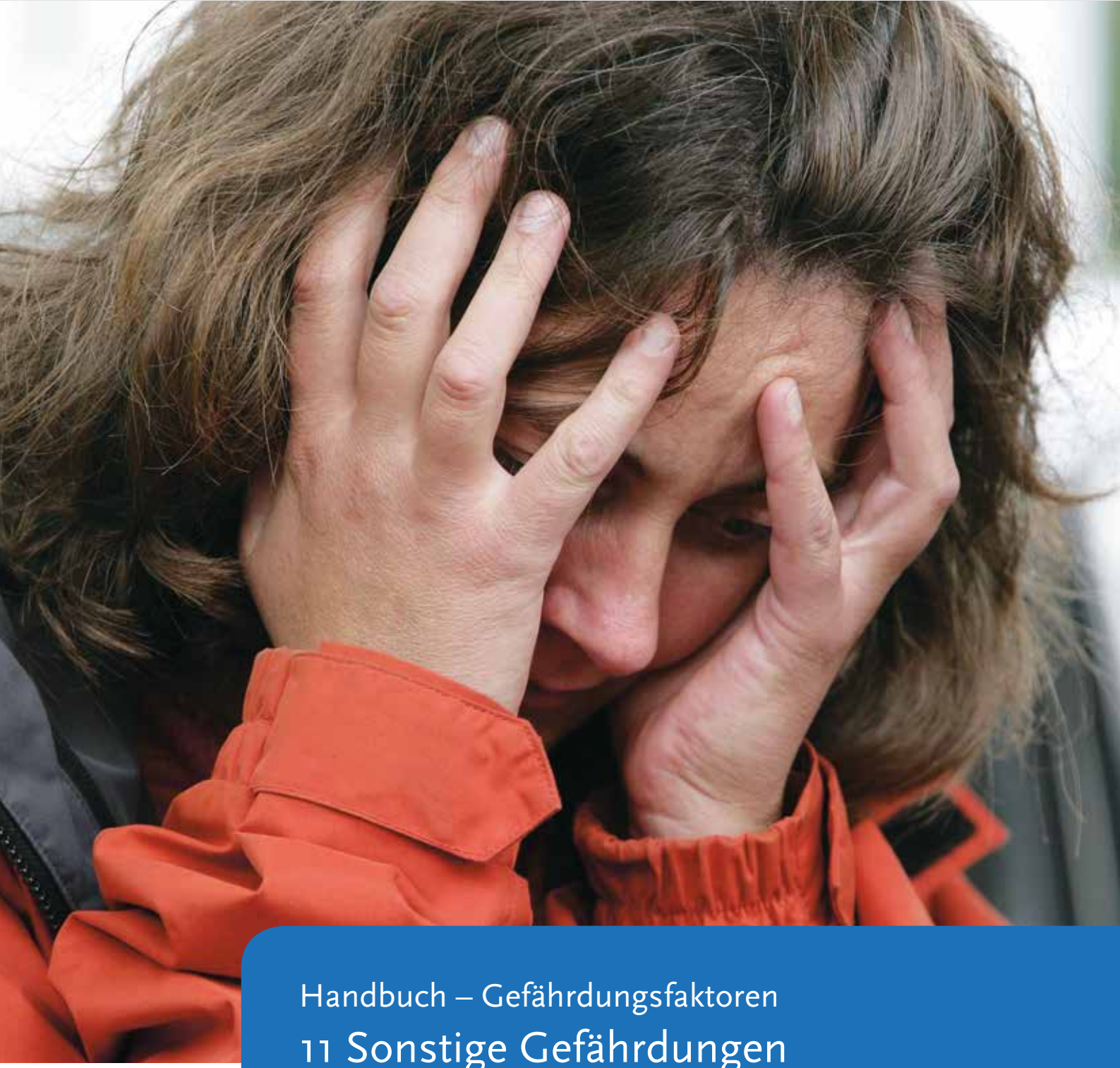
Gefährdungspotenzial

Das Gefährdungspotenzial ist für die folgenden Beschwerden und Probleme (Schmidtke, 1993; Schlick et al., 2010; Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung, 2011; BAuA, 2012; Richter, 2001) nachgewiesen:

- erschwerte Informationsaufnahme, dadurch Erleben von Stress und/oder psychischer Ermüdung, Muskel-Skelett-Erkrankungen, Qualitätsmängel und Ausschuss, Fehlhandlungen, Beinaheunfälle oder Unfälle

Mögliche Gestaltungsansätze

- arbeitswissenschaftliche und ergonomische Erkenntnisse für die Arbeitsmittelgestaltung berücksichtigen
- Technische Regeln für Betriebssicherheit einhalten
- Rollen und Verantwortlichkeiten klären
- vorhandene Arbeitsmittel pflegen, zum Beispiel durch planmäßig vorbereitende Instandhaltung
- neue oder weitere Arbeitsmittel abhängig vom Bedarf einkaufen



Handbuch – Gefährdungsfaktoren

11 Sonstige Gefährdungen

baua:
Bundesanstalt für Arbeitsschutz
und Arbeitsmedizin

27.04.2020

11 Sonstige Gefährdungen

Der Gefährdungsfaktor "Sonstige Gefährdungen" umfasst alle Gefährdungen, die nicht eindeutig den vorangegangenen 10 Gefährdungsfaktoren zuzuordnen sind, wie zum Beispiel Gefährdungen durch Menschen (zum Beispiel Überfall, Gewalt), durch Tiere (zum Beispiel gebissen werden) oder durch Pflanzen und pflanzliche Produkte (zum Beispiel sensibilisierende und toxische Wirkungen).

In dieser Rubrik finden Sie zur Zeit ausschließlich Informationen zu Gefährdungen durch Gewalt am Arbeitsplatz, genauer, die Gewalt durch Dritte.

11.1 Gewalt am Arbeitsplatz

Der Begriff "Gewalt am Arbeitsplatz" – von der ILO definiert als Vorkommnisse, bei denen Beschäftigte im Verlauf oder in direkter Folge ihrer Arbeit beleidigt, bedroht oder tätlich angegriffen werden – enthält sowohl die Gewalt durch Dritte, also durch nicht betriebszugehörige Personen, als auch Gewalt unter Arbeitskollegen.

In der nachfolgenden Darstellung wird das Thema Gewalt auf Gewalt durch Dritte eingegrenzt. Gewalt von innen, unter Arbeitskollegen, ist zum einen ein deutlich selteneres Phänomen und erfordert zum anderen gänzlich andere, dem Bereich der Mobbingprävention zuzuordnende Herangehensweisen des Arbeitsschutzes.

11.1.1 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen

Merkmale

Gewalt durch Dritte ist gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

- Übergriff von außen, das heißt, die Täter sind Außenstehende (zum Beispiel Kunden, Klienten, Pflegebefohlene), keine Kollegen
- gegen einen Beschäftigten im Zusammenhang mit seiner Arbeit gerichtet
- Gefährdung der Sicherheit und Gesundheit des Beschäftigten durch schwere Beleidigung, Bedrohung, Entführung/ Geiselnahme, körperliche Verletzung
- Schädigung des Opfers wird vom Täter beabsichtigt oder bei Verfolgung anderer Ziele (zum Beispiel Raubüberfall) in Kauf genommen oder der Täter ist unzureichend steuerungsfähig (zum Beispiel unter Drogeneinfluss)

Folgen für die Betroffenen

Erlittene Gewalttätigkeiten können zu körperlichen und/oder psychischen Verletzungen der Betroffenen führen.

Die **körperlichen Verletzungen** bewirken Arbeitsunfähigkeit, im Extremfall den Tod von Beschäftigten (Gewalt mit Stich- und Schusswaffen).

Die **psychischen Verletzungen** äußern sich in körperlichen und psychischen Belastungsreaktionen, z. B. Muskelzittern, Schweißausbrüche, Schlafstörungen, Ängste, sich aufdrängende Erinnerungen, Vermeiden oder Verdrängen von Umständen und Situationen, die einen Bezug zu dem erlittenen Geschehen haben.

Im ungünstigen Fall können sich die Beschwerden zu chronischen Störungen (z. B. Depressionen, Angststörung, Posttraumatische Belastungsstörung) verfestigen. Folgen sind Arbeitsunfähigkeit, ggf. Berufsunfähigkeit und Frühverrentung, häufig Suchtprobleme und gestörte soziale Beziehungen.

Furcht vor möglichen Gewalttätigkeiten mindert die Motivation und Leistungsfähigkeit der Beschäftigten und beeinträchtigt das Arbeitsklima.

11.1.2 Grenzwerte, Beurteilungskriterien

Ob und wie stark ein Gewaltereignis (oder auch eine Wiederholung von Ereignissen) den Beschäftigten schädigt, ist von sehr vielen Faktoren bestimmt, so dass ein Grenzwert für Schwere und/oder Häufigkeit der Ereignisse nicht sinnvoll ist. Grundsätzlich ist jeder betriebliche Fall von Gewalt durch Dritte ein Hinweis auf eine bestehende Gefährdung, dem nachgegangen werden muss.

Gewaltereignisse als Arbeitsunfälle

Gewaltereignisse, die zu körperlicher Verletzung führen, erfüllen in augenscheinlicher Weise die Definition eines Arbeitsunfalls und werden dementsprechend dokumentiert, untersucht und versorgt. Unklarheiten gibt es in der betrieblichen Praxis mitunter bei Ereignissen ohne akute körperliche Schädigung. Sie erscheinen vorerst folgenlos. Jedoch können sich mit zeitlicher Verzögerung noch erhebliche gesundheitliche Reaktionen infolge des erlittenen psychischen Schocks herausstellen. Deshalb sollten auch Gewaltereignisse, deren Schädigungswirkung nicht sofort ersichtlich ist, sorgfältig dokumentiert werden.

Tätigkeitsbezogene Risikofaktoren

Tätigkeitsbezogene Risikofaktoren für das Auftreten von Gewalt sind:

- Umgang des Beschäftigten mit Bargeld oder wertintensiven Gütern, Zugang zu Rauschmitteln/Drogen,
- Ausübung von amtlichen Befugnissen, Kontroll- und Inspektionsaufgaben,
- direkte Dienstleistungen für andere Menschen, wie Beratung, Ausbildung, Gesundheits- und Sozialfürsorge, Auskunftsdienste
- Umgang mit schwierigen Personengruppen, wie Personen unter Alkohol- oder Drogeneinfluss, mental gestörte oder sozial auffällige Personen, Personen mit Forderungen, die nicht erfüllt werden können,
- öffentlich zugängliche Einzelarbeitsplätze oder Einzelarbeitsplätze vor Ort beim Kunden oder Klienten.

Diese Risikofaktoren sind in der Gefährdungsbeurteilung für den Arbeitsplatz zu prüfen, um eine mögliche Gewaltgefährdung vorausschauend zu erkennen.

11.1.3 Arbeitsschutzmaßnahmen

Maßnahmen des Arbeitsschutzes betreffen
- die **Prävention** von Gewalttaten und
- die **Hilfeleistung** für betroffene Beschäftigte bei eingetretenen Gewaltfällen.

Präventionsmaßnahmen

Technische und organisatorische Maßnahmen dienen dazu, Gewalttaten zu erschweren oder unmöglich zu machen, den Tatanreiz zu senken und das Risiko für den Täter zu erhöhen.

Beispiele für technische Maßnahmen
- Bauliche Trennung von Personal und Kunden
- Zutrittsregelungen
- Alarmeinrichtungen
- Kameraüberwachung des Arbeitsbereichs
- Geringhaltung und Zugriffssicherung für Bargeldbestände
- Übersichtlichkeit und gute Beleuchtung

Beispiele für organisatorische Maßnahmen
- Team- statt Einzelarbeit bei erhöhter Gefährdung
- Sicherung eines ständigen Kontakts bei unvermeidbarer Einzelarbeit
- Verhütung von Aggressionsstaus durch Kundenfreundlichkeit (zum Beispiel in der Gestaltung von Öffnungs- beziehungsweise Sprechzeiten, in der Ausstattung von Warteräumen, in der Information der Kunden über Abläufe)

Personenbezogene Präventionsmaßnahmen

Personenbezogene Maßnahmen dienen der Aufklärung und Kompetenzentwicklung, damit gefährdete Beschäftigte problematische Situationen vermeiden oder aber bewältigen können.

Inhalte personenbezogene Maßnahmen:
- Schulung über das Gefährdungspotenzial am eigenen Arbeitsplatz, über psychische Auswirkungen erlebter Gewalt und über die richtigen Verhaltensweisen im Notfall
- Training zum frühzeitigen Erkennen konfliktträchtiger Situationen, zum Konfliktmanagement beziehungsweise zur Deeskalation
- Ausbildung von betrieblichen Ersthelfern für die psychologische Erste Hilfe

Hilfeleistung für Betroffene

Bei eingetretenen Gewaltereignissen geht es darum, die Auswirkungen des Geschehens auf die betroffenen Beschäftigten nach Möglichkeit zu mildern.
- Hilfe in der **Akutphase**
  Neben der gegebenenfalls erforderlichen medizinischen Ersten Hilfe ist die psychologische Erste Hilfe eine wichtige Maßnahme zur Stabilisierung der Betroffenen. Sie kann durch Kollegen oder Vorgesetzte geleistet werden (am besten: geschulte betriebliche Ersthelfer, siehe oben), auch durch Notfallseelsorger, Kriseninterventionsdienste oder Ähnliches. Das Unterstützungsangebot der psychologischen Ersten Hilfe besteht im Wesentlichen im Zuhören, Begleiten und Abschirmen, in der Vermittlung von Nähe und menschlicher Solidarität.
- Angebot einer **zeitnahen Nachbetreuung** im Betrieb
- bei Bedarf: **Überleitung** in eine therapeutische Behandlung
- bei Bedarf: **Unterstützung** bei der Rückkehr an den Arbeitsplatz

11.1.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur

Gesetze, Verordnungen

– Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)

Berufsgenossenschaftliche Vorschriften

– DGUV Vorschrift 23 (bisher BGV C7): Wach- und Sicherungsdienste
– DGUV Vorschrift 25 (bisher BGV C9): Kassen

Sonstige Regeln der Technik

– DGUV Regel 108-001 (bisher BGR/GUV-R 141): Umgang mit Zahlungsmitteln in Verkaufstellen
– DGUV Information 208-002 (bisher BGI 532, Teil I): Sitz-Kassenarbeitsplätze
– DGUV Information 208-003 (bisher BGI 532, Teil 2): Steh-Kassenarbeitsplätze
– DGUV Information 215-611 (bisher: BGI/GUV-I 819-1): Kredit- und Finanzdienstleistungsinstitute - Hinweise für die Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung zur Umsetzung der Unfallverhütungsvorschrift "Kassen" i. V. m. §§ 5 und 6 Arbeitsschutzgesetz
– DGUV Information 215-612 (bisher BGI/GUV-I 819-2): Kredit- und Finanzdienstleistungsinstitute - Anforderungen an die sicherheitstechnische Ausrüstung von Geschäftsstellen
– DGUV Information 215-613 (bisher BGI/GUV-I 819-3): Kredit- und Finanzdienstleistungsinstitute - Betrieb
– Wach- und Sicherungsdienste – sicher und erfolgreich; Leitfaden für eine präventive Gestaltung der Arbeit (ehemals BGI 5022)
(Diese Schrift der VBG (ehemals BGI 5022) wird ab Oktober 2013 ohne BGI-Nummer veröffentlicht, da sie zukünftig nicht mehr im Vorschriften- und Regelwerk der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) geführt wird.)
– VBG-Fachinformation BGI 5039: Sicherheitsmaßnahmen gegen Übergriffe Dritter in Verkehrsunternehmen

Vereinbarungen der europäischen Sozialpartner

– Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament zur Übermittlung der Europäischen Rahmenvereinbarung zu Belästigung und Gewalt am Arbeitsplatz

Literatur

– [1] Boldt, A; Zeh, A.:
Gewalt und Aggression in Betreuungsberufen.
Hamburg: Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege 2007. (bgw Themen)
– [2] Schatte, S.; Weißgerber, B.:
Gewalt am Arbeitsplatz. Fachgespräch am 26. Februar 2002 in Dresden.
Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW 2002. (Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Tagungsbericht, Tb 128)
– [3] Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz:
Factsheet 24 - Gewalt bei der Arbeit.
Bilbao, 2002
– [4] Manz, R.; Krapohl-Wolf, K.:
Gewaltfreier Arbeitsplatz. Handlungsempfehlung zur Implementierung einer Unternehmenspolicy.
Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) 2008 (INQA-Qartbroschüre)
– [5] Manz, R.; Ritter-Lempp, K.:
Herausforderung berufsbedingte Traumatisierung. Handlungsempfehlung für Unternehmen, Verbände und Politik.
Dortmund: BAuA 2006 (INQA-Qartbroschüre)
– [6] Hetmeier, J.; Korbanka, W.; Wilk, W.:
Überfälle auf Sparkassen – Ein Unterweisungsprogramm zur Prävention psychischer Belastungen durch Raubüberfälle.
Münster: GUVV Westfalen-Lippe 2002
– [7] Manz, R.; Kneschke, F.:
Lexikon Thema Gewalt.
München: Bundesverband der Unfallkassen 2006

– [8] Zentralstelle für Arbeitsschutz beim Bundesministerium des Innern und der Unfallkasse des Bundes (Hrsg.):
Prüfliste Psychotrauma.
In: Beurteilung der Arbeitsbedingungen in der Bundesverwaltung. Handlungshilfe Version 3.1.
Berlin: BMI
– [9] Ribbert, H.; Josephs, I.; Hungerige, H.:
Überfälle auf Sparkassen – Betreuung von Beschäftigten nach Überfällen.
Münster: GUVV Westfalen-Lippe 2002
– [10] Weißgerber, B.; Schatte, J.:
Gewalt am Arbeitsplatz
In: Sicher ist sicher. 2003, 1, S. 6-9
– [11] International Labour Organization (ILO):
Workplace violence in service sectors and measures to combat this phenomenom. ILO code of practice..
Genf: International Labour Organization 2004

11.1.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Die nachstehend dargestellten Textbausteine stützen sich auf die "Prüfliste Psychotrauma" [8].

Prüffragen

- Sind Gewaltereignisse am Arbeitsplatz des Beschäftigten weitgehend auszuschließen?
  Beispiele: körperliche Angriffe, schwere verbale Übergriffe, Drohungen
- Ist die Vorgehensweise für den Umgang mit Gewaltereignissen geregelt?
- Sind die Vorgesetzten zum Thema Gewalt geschult?
- Werden Gewaltereignisse systematisch erfasst und ausgewertet sowie dem Unfallversicherungsträger angezeigt?
- Sind die Beschäftigten über eine Gewaltgefährdung in ihrem Tätigkeitsbereich und über die möglichen Folgen unterrichtet?
- Sind technische Maßnahmen getroffen worden, um gewalttätige Übergriffe zu erschweren?
- Sind die Beschäftigten in gewaltvermeidendem Verhalten und Konfliktlösung geschult?
- Kann der Beschäftigte im Fall eines Gewaltereignisses schnell Hilfe erhalten?
- Ist nach einem Gewaltereignis die Erstbetreuung gesichert?
- Ist durch den Betrieb/die Dienststelle sichergestellt, dass bei Bedarf eine weitere Betreuung stattfindet?
- Ist sichergestellt, dass bei Bedarf der Übergang zu Therapiemaßnahmen gewährleistet ist?
- Ist für eine Wiedereingliederung der Beschäftigten nach längerer Arbeitsunfähigkeit gesorgt?

Festgestellte Gefährdungen/Mängel

- Gefahr der psychischen Traumatisierung und der körperlichen Schädigung
- unsachgemäße oder fehlende Betreuung, fehlende Transparenz für die Betroffenen
- Vorgesetzte schätzen das Verhalten gewaltbetroffener Mitarbeiter falsch ein und akzeptieren beziehungsweise erkennen das Problem nicht
- Verbesserungsmöglichkeiten werden nicht erkannt, Versicherungsleistungen (Beratung, Behandlung) werden nicht ausgeschöpft
- Gewalttätige Übergriffe werden erleichtert, die Folgen sind unter Umständen schwerer
- ungeeignete, konfliktverschärfende Verhaltensweisen möglich
- Zuspitzung einer Gefährdungssituation durch Ausbleiben schneller Hilfe, Gefühl des Alleingelassenseins beim Beschäftigten
- Notwendige rasche Entlastung nach einem Ereignis bleibt aus, dadurch Verschlimmerung des Gesundheitszustandes möglich Vertrauensverlust des Beschäftigten
- unbemerkte Chronifizierung posttraumatischer Symptome möglich
- mögliche Erkrankung wird nicht behandelt, dauerhafte Arbeits- und/oder Berufsunfähigkeit möglich
- fehlende Wiedereingliederung

Maßnahmen

- Präventions- und Betreuungskonzept entwickeln
- Vorgehensweise und Verantwortlichkeit klar festlegen
- Vorgesetzte schulen
- Vorkommnisse systematisch erfassen, melden und auswerten
- Zutritt oder räumliche Trennung von Kunden/Besuchern regeln
- gute Übersichtlichkeit und Beleuchtung von Zugängen und Parkplätzen gewährleisten
- Überwachungs- oder Notrufeinrichtungen installieren
- schwere oder spitze oder sonst als Waffe geeignete Gegenstände im Zugriffsbereich von Kunden/Besuchern vermeiden
- Beschäftigte in Konfliktlösung und Deeskalation schulen
- Hilfesystem für den Notfall installieren
- psychologische Erste Hilfe sicherstellen
- weitere Betreuung organisieren und anbieten
- auf Therapiemöglichkeiten hinweisen, Zusammenarbeit mit Psychotherapeuten und Unfallversicherungsträger organisieren
- speziell ausgebildete betriebliche Ansprechpartner für Wiedereingliederung einsetzen, Zusammenarbeit mit Psychotherapeuten und Unfallversicherungsträger organisieren

11.1.6 Autoren und Ansprechpartner

Autorin:

– Dipl. Psychologin B. Weißgerber

Ansprechpartner

Es gibt derzeit keinen Ansprechpartner zum Thema Gewalt am Arbeitsplatz in der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.

Impressum

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

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*
Internet: *www.baua.de*

Redaktion: Dieter Mantei, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
Gestaltung: eckedesign, Berlin
Fotos: Uwe Völkner, Fotoagentur FOX, Lindlar/Köln

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

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

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