

## **Lektion 1**

# **Gefährdungsfaktoren und gesundheitsfördernde Faktoren – Teil 1**

## **Impressum**

### **Herausgeber:**

**Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), München  
im Auftrag der Unfallversicherungsträger des öffentlichen Dienstes  
und der Unfallkasse Post und Telekom  
im Zusammenwirken mit dem Beirat „Aus-, Fort- und Weiterbildung  
der Fachkräfte für Arbeitssicherheit“ der Unfallkassen**

### **Erstellt von:**

**systemkonzept  
Gesellschaft für Systemforschung und Konzeptentwicklung mbH,  
Köln**

# Gliederung

	Seite	
<b>1</b>	<b>Vorbemerkungen</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Physische und psychische Leistungsvoraussetzungen des Menschen</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Mechanische Faktoren</b>	<b>8</b>
3.1	Was sind mechanische Gefährdungen?	8
3.2	Wirkung auf den Menschen	9
3.3	Gefahrenquellen und Entstehungszusammenhänge	10
3.4	Mechanische Gefährdungen erkennen und beurteilen	18
3.5	Pflichten des Arbeitgebers	18
3.6	Gestaltungskonzepte	24
<b>4</b>	<b>Elektrizität</b>	<b>27</b>
4.1	Was ist Elektrizität?	27
4.2	Wirkung auf den Menschen	29
4.3	Gefahrenquellen und Entstehungszusammenhänge	31
4.4	Gefährdungen durch Elektrizität erkennen und beurteilen	31
4.5	Pflichten des Arbeitgebers	32
4.6	Gestaltungskonzepte	33
<b>5</b>	<b>Klima</b>	<b>38</b>
5.1	Was sind klimatische Faktoren?	38
5.2	Wirkung auf den Menschen	39
5.2.1	Wärmehaushalt des Menschen	39
5.2.2	Gesundheitsfördernde Wirkungen	41
5.2.3	Gesundheitsgefährdende Wirkungen	42
5.3	Gefahrenquellen und Entstehungszusammenhänge	44
5.4	Klimatische Faktoren erkennen und beurteilen	45
5.5	Pflichten des Arbeitgebers	46
5.6	Gestaltungskonzepte	47
<b>6</b>	<b>Thermische Faktoren</b>	<b>49</b>
6.1	Was sind thermische Gefährdungen und wie wirken sie auf den Menschen?	49
6.2	Gefahrenquellen und Entstehungszusammenhänge	50
6.3	Gefährdungen durch thermische Faktoren erkennen und beurteilen	51
6.4	Gestaltungskonzepte	51

<b>7</b>	<b>Lärm</b>	<b>53</b>
7.1	Was ist Lärm?	53
7.2	Wirkung auf den Menschen	55
7.3	Gefahrenquellen, gefahrbringende Bedingungen und Entstehungszusammenhänge	59
7.4	Pflichten des Arbeitgebers	61
7.5	Lärm erkennen und beurteilen	64
7.6	Gestaltungskonzepte	72
<b>8</b>	<b>Vibrationen</b>	<b>77</b>
8.1	Was sind Vibrationen?	77
8.2	Wirkung auf den Menschen	77
8.3	Gefahrenquellen, gefahrbringende Bedingungen und Entstehungszusammenhänge	81
8.4	Pflichten des Arbeitgebers	83
8.5	Vibrationen erkennen und beurteilen	85
8.6	Gestaltungskonzepte	89
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>92</b>
	<b>Anlage 1:</b>	
	<b>Ergänzende Hinweise zu physischen und psychischen Leistungsvoraussetzungen des Menschen</b>	<b>93</b>
	<b>Anlage 2:</b>	
	<b>Übersicht zu grundlegenden Vorschriften und Regeln zur Beschaffenheit und zum Betrieb elektrischer Betriebsmittel</b>	<b>97</b>
	<b>Anlage 3:</b>	
	<b>Wirkung klimatischer Faktoren auf den Menschen</b>	<b>98</b>
	<b>Anlage 4:</b>	
	<b>Vorausschauende Abschätzung von Lärmimmissionen in Planungsphasen</b>	<b>101</b>
	<b>Anlage 5:</b>	
	<b>Vorgehensweise bei orientierenden Lärmmessungen</b>	<b>106</b>
	<b>Anlage 6:</b>	
	<b>Vorgehensweise bei der Ermittlung der Tages-Vibrationsexposition</b>	<b>111</b>

# 1 Vorbemerkungen

Mit der Einführungslektion und im Einführungsseminar haben Sie die Grundzüge des Arbeitsschutzes kennengelernt. Sie haben gelernt, dass es um die Schaffung und ständige Verbesserung sicherer und gesundheitsgerechter Arbeitsbedingungen geht. In diesem Zusammenhang sind die mit den Arbeitsbedingungen verbundenen Gefährdungen möglichst vorausschauend zu erkennen und zu beurteilen, welche Maßnahmen erforderlich sind. Sie wissen, dass die Führungskräfte für die Beurteilung der Arbeitsbedingungen zuständig sind.

Es erfordert Fachkunde, um Gefährdungen erkennen und beurteilen zu können. Ihnen als Fachkraft für Arbeitssicherheit fällt die Aufgabe zu, die Führungskräfte bei der Beurteilung der Arbeitsbedingungen zu beraten: Sie haben Verantwortung für ihre fachgerechte Beratung.

Dazu müssen Sie die Faktoren, die die Arbeitsbedingungen beeinflussen, also die Gefährdungsfaktoren bzw. gesundheitsförderlichen Faktoren kennen sowie fachgerecht ermitteln und beurteilen können.

**Voraussetzung für die fachkundige Beratung ist es, dass Sie sich mit den verschiedenen Gefährdungsfaktoren und gesundheitsförderlichen Faktoren intensiv vertraut machen und lernen, wie Sie diese ermitteln und beurteilen können.**



Zunächst lernen Sie, dass die Leistungsvoraussetzungen des Menschen – also seine physische und psychische Leistungsfähigkeit und -bereitschaft – zentrale Grundlagen für die Beurteilung der Arbeitsbedingungen und deren Gestaltung sind.

**Abschnitt 2**

Einen Überblick zu den Gefährdungsfaktoren und gesundheitsförderlichen Faktoren erhielten Sie bereits in Abschnitt 6 der Einführungslektion. In Lektion 1 wird der erste Teil der Faktoren einzeln und vertiefend behandelt, und zwar:

**Abschnitte 3 bis 8**

- ⇒ Mechanische Faktoren
- ⇒ Elektrizität
- ⇒ Klima
- ⇒ Thermische Faktoren
- ⇒ Lärm
- ⇒ Vibrationen

Sie sollen verstehen,

- wie diese Faktoren definiert sind,
- wie sie auf den Menschen schädigend oder gesundheitsfördernd wirken,
- wie sie entstehen und welche Quellen sie haben,
- wie man sie erkennen und ermitteln kann,
- welche Aspekte bei der Beurteilung zu beachten sind,
- welche rechtlichen Grundlagen und Pflichten des Arbeitgebers zu beachten sind,
- welche prinzipiellen Möglichkeiten der Gestaltung es gibt.

Weitere Faktoren werden in den Lektionen 2 und 3 behandelt.

Die Kenntnisse zu den einzelnen Faktoren der Lektionen 1 bis 3 sind Voraussetzung für die Anwendung der Verfahren zur Ermittlung und Beurteilung von Gefährdungen, die Gegenstand von Lektion 4 sind.

#### Erforderliche Literatur

Für die Bearbeitung dieser Lektion ist folgende Literatur erforderlich:

- ⇒ 9. Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Maschinenverordnung – 9. ProdSV) [www.gesetze-im-internet.de](http://www.gesetze-im-internet.de)
- ⇒ [EG-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG](http://eur-lex.europa.eu) – [eur-lex.europa.eu](http://eur-lex.europa.eu)
- ⇒ Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) mit Technischen Regeln zur Betriebssicherheit (TRBS) [www.baua.de](http://www.baua.de) > Anlagen- und Betriebssicherheit > TRBS
- ⇒ Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) mit Technischen Regeln für Arbeitsstätten (ASR) [www.baua.de](http://www.baua.de) > Arbeitsstätten > Arbeitsstättenrecht > [Technische Regeln für Arbeitsstätten](#)
- ⇒ UVV Elektrische Anlagen und Betriebsmittel (GUV-V A3 bzw. BGV A3) <http://publikationen.dguv.de>
- ⇒ Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (LärmVibrationsArbSchV) [www.gesetze-im-internet.de](http://www.gesetze-im-internet.de)



#### Hinweise und Links im Fernlehrgangsportale

#### Weiterführende Literatur

Zur Vertiefung seien folgende Literaturquellen empfohlen:

- ⇒ Ergonomie – Genereller Ansatz, Prinzipien und Konzepte (DIN EN ISO 26800)
- ⇒ Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.): **Internetportal zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen:** [www.gefaehrdungsbeurteilung.de](http://www.gefaehrdungsbeurteilung.de)  
Unter der Rubrik Expertenwissen finden sich Fachinformationen zu den einzelnen Gefährdungsfaktoren.

- ⇒ Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.): **Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse**. Forschungsergebnisse für die Praxis. Vier Sammelordner. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW. Einzelexemplare der „Arbeitswissenschaftlichen Erkenntnisse“ können kostenlos angefordert werden: ([www.baua.de/de/Publikationen/AWE/AWE.html](http://www.baua.de/de/Publikationen/AWE/AWE.html))
- ⇒ IFA – Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (Hrsg.): **IFA-Handbuch**. Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz. Ergänzbare Sammlung der sicherheitstechnischen Informations- und Arbeitsblätter für die betriebliche Praxis. Loseblattwerk – auch als Online-Version, Erich Schmidt Verlag, Berlin. ([www.ifa-handbuchdigital.de](http://www.ifa-handbuchdigital.de))
- ⇒ Siekmann, H.: Schutz vor Verbrennungen durch heiße Oberflächen. Sonderdruck 2007 (Institut für Arbeitsschutz bei der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung)

## 2 Physische und psychische Leistungsvoraussetzungen des Menschen

Der Mensch mit seinen Eigenschaften ist der Maßstab für Festlegung der erforderlichen Maßnahmen zur sicheren und gesundheitsgerechten Arbeitsgestaltung. Arbeitsbedingungen sind nur dann sicher und gesundheitsgerecht, wenn sie den Leistungsvoraussetzungen der dort Beschäftigten entsprechen.

Jeder Mensch verfügt über individuelle Leistungsvoraussetzungen, die ihn befähigen, eine Arbeitsleistung zu erbringen. Abbildung 2.1 zeigt, wovon diese Leistungsvoraussetzungen bestimmt werden.

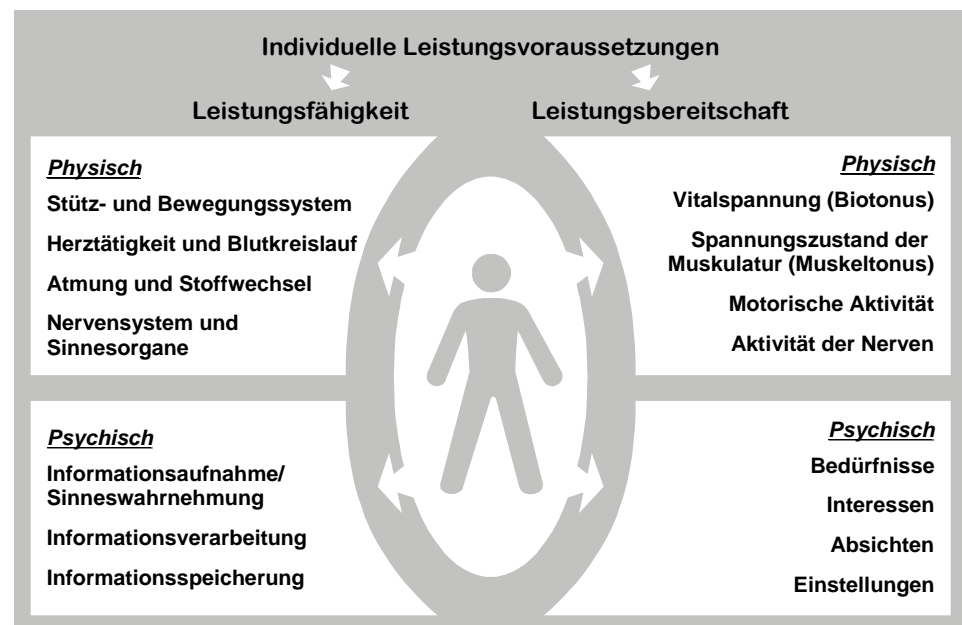


Abbildung 2.1:  
Leistungsvoraussetzungen

**Leistungsfähigkeit** Die **Leistungsfähigkeit** wird von den verfügbaren menschlichen Voraussetzungen zur Leistungserbringung bestimmt. Die physische Leistungsfähigkeit ermöglicht die maximale Leistung der Organe bzw. des Organismus. Die psychische Leistungsfähigkeit sichert die erforderliche Kompetenz zur Leistungserbringung.

Indikatoren zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit sind im physischen Bereich die Beweglichkeit, die Kraftentfaltung und die Ausdauer. Faktoren der psychischen Leistungsfähigkeit sind Kenntnisse, Fähigkeiten, Fertigkeiten, Gewohnheiten und Persönlichkeitseigenschaften.

**Leistungsbereitschaft** Die **Leistungsbereitschaft** ermöglicht dem Menschen, seine Fähigkeiten auch einzusetzen. Die physische Leistungsbereitschaft sorgt dafür, dass der Organismus oder einzelne Organe aktiviert bzw. erregt werden.

**Vermeiden von Unterforderung und Überforderung** Die Leistungsvoraussetzungen des Menschen müssen bei der Gestaltung der Arbeit berücksichtigt werden. Ziel ist es, den Menschen weder zu unterfordern noch zu überfordern. Diese Problematik wird in



Lektion 3, Abschnitt 3 im Zusammenhang mit den psychischen Belastungen wieder aufgegriffen.

Die subjektiven Leistungsvoraussetzungen sind nicht konstant. Neben individuellen Faktoren wie Konstitution, Trainiertheit, Qualifikation oder Gesundheit wirken hier auch langfristige (habituelle) und kurzfristige (situative) Faktoren (vgl. Abbildung 2.2). Das heißt: Leistungsvoraussetzungen wandeln sich und sind beeinflussbar.

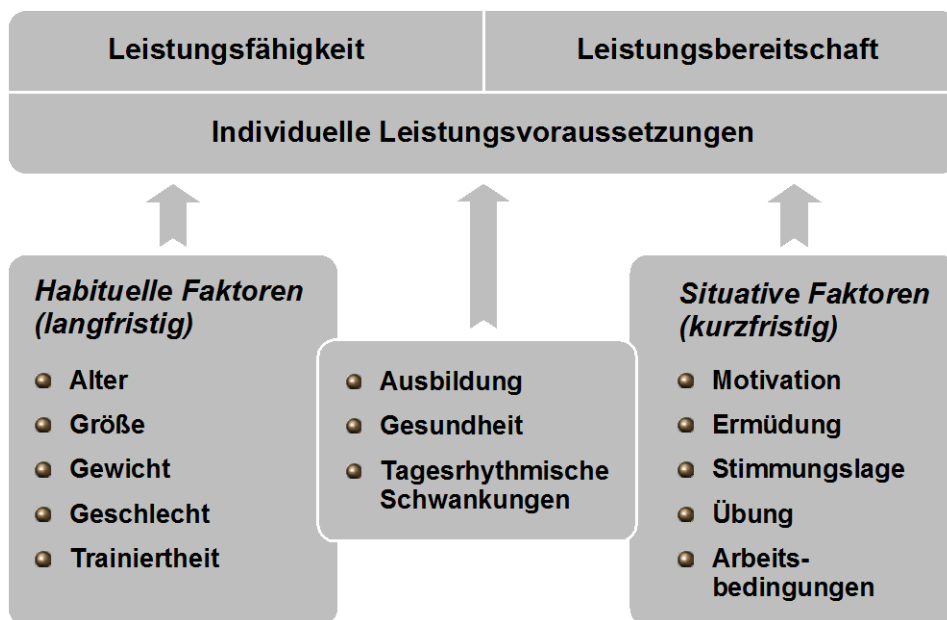


Abbildung 2.2: Faktoren, die auf die Leistungsvoraussetzungen wirken

Die Körpergröße bzw. die einzelnen Maße des Skelettsystems sind individuell verschieden. Ferner sind Unterschiede zwischen einzelnen Bevölkerungsgruppen und dem Geschlecht zu berücksichtigen.

Verschiedene biologische Rhythmen haben erheblichen Einfluss auf die Leistungsvoraussetzungen des Menschen.

Abbildung 2.3 zeigt die dem **Tagesrhythmus** unterliegende physiologische Leistungsbereitschaft.<sup>1</sup>

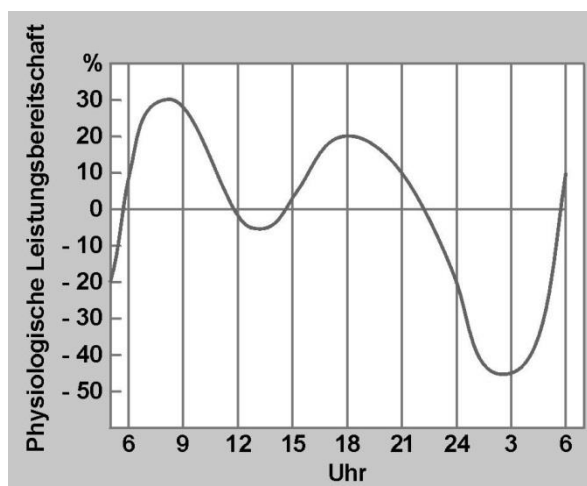


Abbildung 2.3: Verlauf der physiologischen Leistungsbereitschaft im 24-Stunden-Rhythmus

Jeder Mensch unterliegt verschiedenen Entwicklungen und Schwankungen. Die Reaktionsgeschwindigkeit, die Wahrnehmungsfähigkeit und -geschwindigkeit, die Konzentrationsfähigkeit, das Gedächtnis und die Körperkraft verändern sich. Zu diesem **Lebensrhythmus** zählt

<sup>1</sup> Vgl. Schmidt, D.: Arbeitssicherheit. Physiologische, psychologische, organisatorische und rechtliche Grundlagen. Heidelberg: R. v. Deckers Verlag, 1990, S. 60.

auch der natürliche Alterungsprozess. Aus physischer Sicht verringert sich die Fähigkeit zu körperlicher Höchstleistung, nehmen Muskelkraft und Leistungsfähigkeit der Sinnesorgane ab. Dies wird z. T. durch größere Erfahrung ausgeglichen. Man spricht daher von „leistungsgewandelt“.

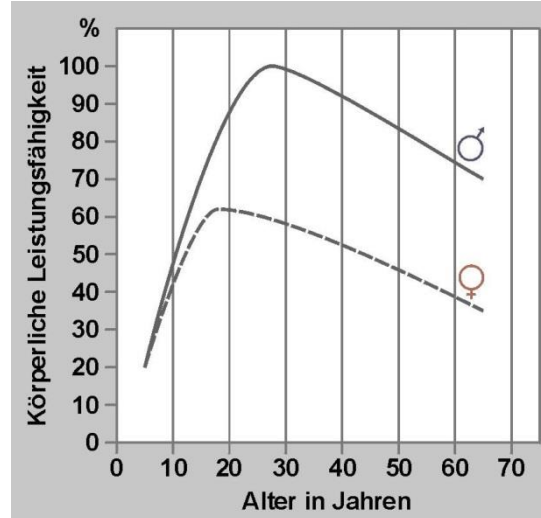


Abbildung 2.4:  
Körperliche Leistungsfähigkeit bei Frauen und Männern in Abhängigkeit vom Alter

Abbildung 2.4 zeigt beispielhaft die altersabhängige Entwicklung der durchschnittlichen Muskelkraft unter Berücksichtigung geschlechtsspezifischer Unterschiede.<sup>2</sup>

In den folgenden Abschnitten dieser Lektion sowie in den Lektionen 2 und 3 werden verschiedene Gefährdungsfaktoren und gesundheitsfördernde Faktoren beschrieben, die auf den Menschen mit seinen individuellen Leistungsvoraussetzungen in der Arbeitswelt einwirken.

Sie führen zu einer individuell unterschiedlichen Beanspruchung. Diesen grundlegenden Zusammenhang haben Sie bereits in der Einführungslektion (Abschnitt 6.3) mit dem Belastungs-Beanspruchungs-Konzept kennengelernt. Es geht nun darum, dass die verschiedenen Faktoren gezielt gestaltet bzw. beeinflusst werden, damit keine Gesundheitsschäden auftreten bzw. eine gesundheitsförderliche Wirkung hinsichtlich der Leistungsvoraussetzungen entsteht.



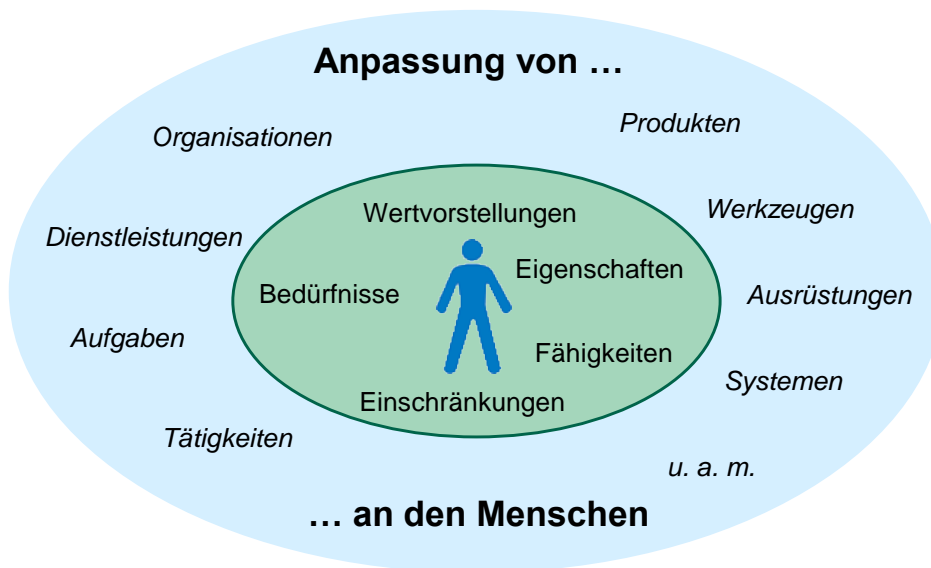
In Anlage 1 dieser Lektion finden Sie weiterführende Informationen zu den menschlichen Leistungsvoraussetzungen. Die Lektionen 1 bis 3 enthalten – bezogen auf die einzelnen Gefährdungsfaktoren – weitere spezifische Informationen zu den Leistungsvoraussetzungen.

### Zusammenfassung:

Die Leistungsvoraussetzungen des Menschen ergeben sich aus seiner physischen und psychischen Leistungsfähigkeit und -bereitschaft. Die Körpermaße des Menschen, seine physiologische Beschaffenheit und seine Psyche sind entscheidende Maßstäbe für Erfordernisse des Arbeitsschutzes. Diese körperlichen und geistigen Kräfte bestimmen die Anforderungen an den Arbeitsschutz.

Darüber hinaus wird die Leistungsfähigkeit und -bereitschaft durch weitere Faktoren bestimmt wie Wertvorstellungen, Bedürfnisse, Eigenschaften und physische, psychische aber auch soziale oder kulturelle Einschränkungen wie z. B. Betreuungsbedürftigkeit von Familienangehörigen (vgl. Abbildung 2.5). Dabei ist die Mannigfaltigkeit und Unterschiedlichkeit der Betroffenen so zu beachten, dass Diskriminierung vermieden wird (vgl. DIN EN ISO 26800).

<sup>2</sup> Vgl. Fachtagung Heben und Tragen im Gesundheitsdienst. Hrsg.: Bundesverband der Unfallversicherungsträger der öffentlichen Hand und der BG für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege. 1991, S. 18.



**Abbildung 2.5:**  
Anpassung aller  
Arbeitssystem-  
elemente  
an den Menschen

Die Leistungsvoraussetzungen des Menschen sind Ausgangspunkt für alle Maßnahmen des Arbeitsschutzes. Alle Erfordernisse für Sicherheit und Gesundheit ergeben sich aus den Leistungsvoraussetzungen des Menschen. Alle Arbeitssystemelemente sind abgestimmt auf einander an die Menschen mit ihren Leistungsvoraussetzungen anzupassen.





### 3 Mechanische Faktoren

Welche mechanischen Faktoren zu Verletzungen oder auch anderen Gesundheitsschäden führen können, wie es zu Gefährdungen durch mechanische Faktoren kommen kann und welche prinzipiellen Ansätze zur Gestaltung von Arbeitsschutzmaßnahmen existieren, ist Thema dieses Abschnitts.

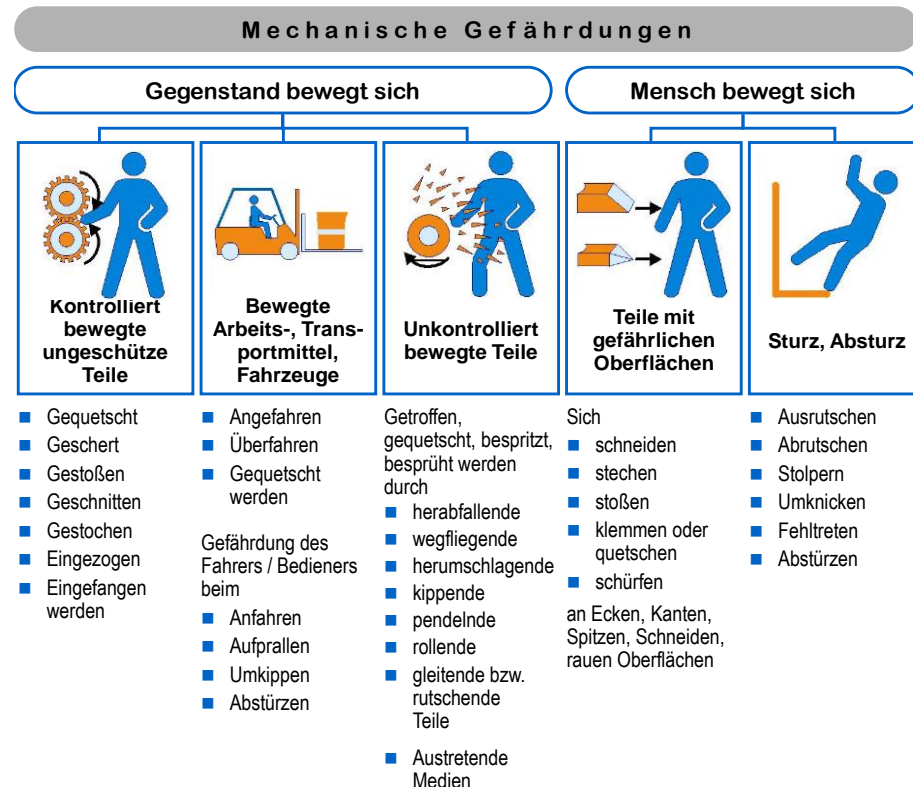
#### 3.1 Was sind mechanische Gefährdungen?

In der Einführungslektion, Abschnitt 6.1, haben Sie bereits im Fallbeispiel aus dem Krankenhaus eine mechanische Gefährdung kennengelernt: das Sich-stechen an einer Spritzennadel. Allen mechanischen Gefährdungen ist gemeinsam, dass mechanische Energie in unterschiedlicher Form auf den Menschen einwirkt und ihn dabei verletzen kann.



**Mechanische Gefährdungen resultieren aus frei werdender Bewegungsenergie (kinetische Energie oder potenzielle Energie) von Gegenständen oder Personen.<sup>3</sup>**

Bei den mechanischen Gefährdungen ist zu unterscheiden, ob sich der Gegenstand zum Menschen oder der Mensch sich zum Gegenstand bewegt. Es lassen sich fünf Gruppen bilden (vgl. Abbildung 3.1).



**Abbildung 3.1:**  
Übersicht mechanische Gefährdungen

<sup>3</sup> Vgl. Laurig, W.: Grundzüge der Ergonomie. REFA-Fachbuchreihe Betriebsorganisation. 4. Auflage. Berlin: Beuth, 1992.

### 3.2 Wirkung auf den Menschen

Im Falle ihres Wirksamwerdens führen mechanische Gefährdungen zu Unfällen, d. h. zu Verletzungen und zur Beschädigung bzw. Zerstörung von Sachwerten. Körperschäden können von Schnittverletzungen oder Schürfwunden bis hin zu tödlichen Verletzungen reichen.

**Verletzungen**

Die **Schwere der Verletzung** hängt ab von

- ⇒ der Art und Größe der frei werdenden Energie (Bewegung und Geschwindigkeit der Masse),
- ⇒ der Oberflächengestalt des bewegten bzw. verletzungsbewirkenden Teils,
- ⇒ der Wirkungsrichtung bzw. dem Wirkungsbereich der verletzungsbewirkenden Kraft,
- ⇒ dem betroffenen Körperteil und dessen Widerstandsfähigkeit gegen äußere Einwirkungen,
- ⇒ der Schutzwirkung von Kleidung und Persönlicher Schutzausrüstung.

Über offene Wunden können Verschmutzungen und Krankheitserreger (biologische Arbeitsstoffe) in den Körper gelangen. Sie können die Heilung behindern und zu Folgeerkrankungen – insbesondere durch Infektionen – führen (z. B. Hepatitis, AIDS durch Nadelstichverletzungen). Vor allem kleinere Verletzungen wie Stich- und Schnittwunden werden häufig unterschätzt.

**Mögliche  
Folgeschäden**

Verletzungen durch mechanische Gefährdungen können zu **bleibenden Schäden** führen, wie beispielsweise zum Verlust von Gliedmaßen, zu eingeschränkter Beweglichkeit oder zu Querschnittslähmungen. Derartige gesundheitliche Schäden können das Privat- und Berufsleben einschneidend verändern. Teilweise können bisherige Tätigkeiten nicht mehr ausgeführt werden. Einerseits sind dann Rehabilitationsmaßnahmen und andererseits Anpassungen am Arbeitsplatz oder Umsetzungen an andere Arbeitsplätze erforderlich. Das verlangt meist auch eine Anpassungs- bzw. Neuqualifizierung der betroffenen Mitarbeiter. Schwere bleibende gesundheitliche Schäden können aber auch zur Berufsunfähigkeit führen. Nicht zuletzt beeinflussen solche Veränderungen die soziale Stellung und finanzielle Situation der Betroffenen.

Besondere Beachtung erfordern mögliche **psychische Folgen** eines Unfalls. Dies gilt für den Fall, dass ein Unfall als traumatisches Ereignis erlebt wird oder selbst erfahrenes bzw. miterlebtes Leid anderer Menschen zu verarbeiten ist.

### 3.3 Gefahrenquellen und Entstehungszusammenhänge

Im Folgenden werden – geordnet nach Gefährdungsgruppen – beispielhaft mögliche Gefahrenquellen und Entstehungszusammenhänge aufgezeigt.

Anschließend werden jeweils typische Beispiele für Entstehungszusammenhänge (auch „gefahrbringende Bedingungen“ genannt) beschrieben. Solche Entstehungszusammenhänge kennen Sie bereits vom Fallbeispiel aus dem Krankenhaus in der Einführungslektion (Abschnitt 6.1). Sie verweisen auf die Ursachen für die Entstehung von Gefährdungen.

Schließlich folgen teilweise Hinweise auf Bedingungen, die das Wirksamwerden der Gefährdungen begünstigen können.



#### Kontrolliert bewegte ungeschützte Teile

Gefährdungen	Beispiele für typische Gefahrenquellen
<input type="checkbox"/> <b>Gequetscht werden</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusammenfahrende Werkzeuge (Pressen)</li> <li>• Bewegte Bedienteile (Handräder)</li> </ul>
<input type="checkbox"/> <b>Geschert werden</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schließende Werkzeuge (an Blechscheren oder Papierschneidemaschinen)</li> </ul>
<input type="checkbox"/> <b>Gestoßen werden</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herausfahrende Maschinentische oder Werkstücke</li> </ul>
<input type="checkbox"/> <b>Geschnitten/ Gestochen werden</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herausfahrende Werkzeuge</li> <li>• Sägeblätter</li> <li>• Kraftbetriebene Handwerkzeuge (Elektrotacker, Winkelschleifer)</li> </ul>
<input type="checkbox"/> <b>Eingefangen/ Eingezogen werden</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rotierende Teile, insbesondere Werkzeuge (Drehmaschinen, Bohrmaschinen)</li> <li>• Offene Wellen, Keilriemenantriebe oder Zahnradantriebe</li> </ul>

Ein Kontakt mit den Gefahrenquellen kontrolliert bewegter ungeschützter Teile ist normalerweise durch Konstruktion und technische Schutzmaßnahmen ausgeschlossen. Nur durch bestimmte Umstände ist ein Kontakt mit dem Menschen und schließlich ein Wirksamwerden der Gefährdung möglich. Dabei wird hier nach Normalbetrieb und besonderen Betriebszuständen unterschieden.

**Normalbetrieb** Im Normalbetrieb können mechanische Gefährdungen durch kontrolliert bewegte ungeschützte Teile entstehen durch:

- ⇒ Konstruktive Mängel
- ⇒ Fehlende oder unzureichende Schutzeinrichtungen (z. B. bei fehlender Nachlaufsicherung oder bei rotierenden Teilen, die bei ca. 50 Umdrehungen pro Sekunde dem menschlichen Auge bei bestimmter künstlicher Beleuchtung als stehend erscheinen (stroboskopischer Effekt))
- ⇒ Störungen insbesondere an Schutzeinrichtungen (z. B. Versagen von Bremsenrichtungen)
- ⇒ Umgehen, Entfernen, Beschädigungen der Schutzeinrichtungen

Gefährdungen entstehen auch bei weiteren sogenannten **besonderen Betriebszuständen**, die ein Arbeiten ohne Schutzeinrichtungen erfordern, wie z. B. Anfahren, Abschalten, Probetrieb, Einrichten, Programmieren, Fehlersuche, Wartung und Inspektion. Insbesondere auch bei Störungen und der anschließenden Störungsbeseitigung treten vielfach gravierende Gefährdungen auf. Um bei laufendem Betrieb Störungen beseitigen zu können, müssen oft Schutzeinrichtungen außer Kraft gesetzt werden. Dabei sind Gefahrenquellen vielfach offen zugänglich.

#### Besondere Betriebszustände

Maschinen mit kontrolliert bewegten ungeschützten Teilen werden in fast allen Betriebsbereichen eingesetzt.

Überlegen Sie bitte, welche Maschinen in Ihrem Zuständigkeitsbereich<sup>4</sup> eingesetzt werden, an denen Gefährdungen durch kontrolliert bewegte ungeschützte Teile auftreten können:

---



---



---



---



---



---

Nennen Sie Beispiele für Umstände, unter denen solche Gefährdungen entstehen können:

---



---



---



---



---



---



<sup>4</sup> Wenn in Ihrem Zuständigkeitsbereich keine solchen Maschinen eingesetzt werden, weichen Sie auf einen Bereich außerhalb aus, den Sie gut kennen.



### Bewegte Arbeitsmittel, Transportmittel sowie Fahrzeuge

Gefährdungen	Beispiele für typische Gefahrenquellen
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Angefahren werden</li> <li><input type="checkbox"/> Überfahren werden</li> <li><input type="checkbox"/> Gequetscht werden</li> <li><input type="checkbox"/> Gefährdung des Fahrers/Bedieners durch:               <ul style="list-style-type: none"> <li>– Anfahren</li> <li>– Aufprallen</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alle bewegten Arbeitsmittel, Transportmittel sowie Fahrzeuge – die Bandbreite reicht von innerbetrieblichen Transportmitteln wie Hubwagen, Gabelstaplern und diversen Transportwagen über Baufahrzeuge (Bagger, Radlader) oder Ver- und Entsorgungsfahrzeuge bis hin zu bewegten Arbeitsmitteln (Rasenmäher)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Gefährdung des Fahrers/Bedieners durch:               <ul style="list-style-type: none"> <li>– Umkippen</li> <li>– Abstürzen</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Insbesondere Transport- und Baufahrzeuge mit Fahrersitzen, Fahrerkabine oder Führerstand auf dem Transportmittel</li> </ul>

Bewegte Arbeitsmittel, Transportmittel sowie Fahrzeuge können gefährden:

- ⇒ Transportmittelführer
- ⇒ Mithelfer (Anschläger, Einweiser)
- ⇒ Dritte, die sich „zufällig“ im Wirkungsbereich des Transportmittels aufhalten

Solche Gefährdungen entstehen häufig durch ungeeignete Auswahl und Abstimmung im Arbeitssystem „Transport“, beispielsweise durch:

- ⇒ Auswahl ungeeigneter Transportmittel (z. B. Überlastung)
- ⇒ Technische Mängel (z. B. Versagen von Bremseinrichtungen)
- ⇒ Ungeeignete, unebene, beschädigte, unbefestigte Transportwege
- ⇒ Verwendung ungeeigneter oder beschädigter Anschlagmittel
- ⇒ Bestimmungsfremde Verwendung
- ⇒ Ungeeignete Qualifikation und Eignung des Fahrers/Bedieners (z. B. Gabelstapler fahren mit hoch erhobener Last)

Das Wirksamwerden der Gefährdungen durch Fahrzeuge wird z. B. begünstigt durch:

- ⇒ Schlechte Witterung
- ⇒ Unübersichtliche Verkehrsführung
- ⇒ Hektik, Zeitdruck



Notieren Sie sich bitte, wo in Ihrem Zuständigkeitsbereich welche bewegte Arbeitsmittel, Transportmittel sowie Fahrzeuge zum Einsatz kommen:

---



---



---



---

Überlegen Sie sich bitte typische Umstände, die zur Gefährdung des Transportmittelführers, ggf. vorhandener Mithelfer (Anschläger, Einweiser) und Dritter führen können:

---



---



---



---



---



---



---



### Unkontrolliert bewegte Teile



Gefährdungen: Getroffen, gequetscht, bespritzt, besprüht werden durch	Beispiele für typische Gefahrenquellen
<input type="checkbox"/> herabfallende Teile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alle im Verhältnis zum Beschäftigten höher liegenden Gegenstände wie Werkzeuge, Werkstücke, Bauteile (herabfallende Werkzeuge vom Gerüst, herabfallende Transportgüter beim Krantransport)</li> </ul>
<input type="checkbox"/> wegfliegende Teile <input type="checkbox"/> herumschlagende Teile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unter äußerer oder innerer Spannung stehende Gegenstände (Spannfedern, durch Krafteinwirkung niedergehaltene Teile oder in sich verspannte Teile)</li> <li>• Rotierende Gegenstände (Unwucht, Fliehkrafteinwirkung)</li> <li>• Sich lösende Gegenstände (wegfliegende Späne, berstende Werkstücke, Werkzeuge)</li> </ul>
<input type="checkbox"/> kippende Teile <input type="checkbox"/> pendelnde Teile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kippfähige Gegenstände, d. h. Arbeitsgegenstände oder Arbeitsmittel mit instabiler oder ungünstiger Schwerpunktlage (schlanke, hohe oder kopflastige Teile, Regale oder Stapel, bewegte, teilgefüllte Flüssigkeitsbehälter, flache Teile bei hoher Krafteinwirkung)</li> <li>• Schwebende Lasten</li> </ul>
<input type="checkbox"/> rollende Teile <input type="checkbox"/> gleitende bzw. rutschende Teile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Roll- und gleitfähige Gegenstände (Transportfässer, Papierrollen, Stapelgüter, Schüttgüter)</li> </ul>

Gefährdungen: Getroffen, gequetscht, bespritzt, besprüht werden durch	Beispiele für typische Gefahrenquellen
<input type="checkbox"/> verspritzen <input type="checkbox"/> versprühen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Freiwerden von unter Druck stehenden Medien (austretende Medien an Überdruckventilen, an Verbindungen von hydraulischen oder pneumatischen Einrichtungen oder bei berstenden Leitungen)</li> <li>• Unkontrolliertes Freiwerden von heißen oder aggressiven (ätzenden) Medien, an undichten Rohrleitungen</li> </ul>

Diese Gefährdungen entstehen erst durch eine Kraft, die auf die Gegenstände einwirkt. Solche Kraftereinwirkungen können sein:

- ⇒ Äußere Kraftereinwirkung, z. B. maschinelle, menschliche Kräfte, Windkraft
- ⇒ Brems- und Beschleunigungskräfte
- ⇒ Schwerkraft

Materialfehler, unzureichend dimensionierte Materialien und Konstruktionsfehler können dazu beitragen, dass Teile wegfliegen oder herumschlagen, bersten oder platzen.

Das Wirksamwerden der Gefährdung wird begünstigt durch fehlende oder unzureichend dimensionierte sicherheitstechnische Mittel, z. B.:

- ⇒ Fehlende Begrenzungen (z. B. Bordbretter bei Gerüsten)
- ⇒ Sich lösende Verriegelungen, Halterungen oder Befestigungen
- ⇒ Fehlende bzw. unzureichend dimensionierte Kippsicherungen bzw. Bewegungssicherungen



Wo in Ihrem Zuständigkeitsbereich können Beschäftigte durch welche unkontrolliert bewegten Teile getroffen, gequetscht, bespritzt oder besprüht werden?

---



---



---



---

Überlegen Sie bitte typische Umstände, die zu solchen Gefährdungen führen können:

---



---

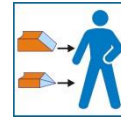


---



---

## Teile mit gefährlichen Oberflächen



Gefährdungen	Beispiele für typische Gefahrenquellen
<input type="checkbox"/> <b>Sich schneiden</b> <input type="checkbox"/> <b>Sich stechen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spitze bzw. scharfe Gegenstände im Handhabungs- und Bewegungsbereich des Menschen (Spritzenkanülen, Messer)</li> <li>• Handwerkzeuge (Axt, Stechbeitel)</li> <li>• Beschädigte Gegenstände oder deren Abrissmaterial (Splitter, Scherben)</li> </ul>
<input type="checkbox"/> <b>Sich stoßen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stumpfe vorstehende Gegenstände im Handhabungs- bzw. Bewegungsbereich des Menschen, (vorstehende Stellteile, in den Transportweg ragende Maschinenteile)</li> <li>• Unerwartete, zeitweilige Hindernisse im Gehbereich (in den Gehweg öffnende Türen)</li> </ul>
<input type="checkbox"/> <b>Sich klemmen, quetschen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gefährliche Engen im Handhabungs- und Bewegungsbereich des Menschen (die Enge bezieht sich dabei auf das jeweilige im Einzugsbereich befindliche Körperteil des Beschäftigten)</li> </ul>
<input type="checkbox"/> <b>Sich schürfen, aufreißen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raue Oberflächen, insbesondere in räumlicher Enge</li> </ul>

Gefährdungen durch gefährliche Oberflächen entstehen z. B. durch:

- ⇒ Fehlerhafte konstruktive oder architektonische Gestaltung
- ⇒ Unsachgemäße Verwendung von Werkzeugen
- ⇒ Unordnung (z. B. in Lagerbereichen auf Verkehrswegen)

Das Wirksamwerden der Gefährdung wird begünstigt u. a. durch:

- ⇒ Schlechte Wahrnehmbarkeit der gefährlichen Oberfläche wegen fehlender Sicht, unzureichender Beleuchtung sowie fehlender Kontraste
- ⇒ Ungünstigen Bewegungsraum, ungünstige Wegführung mit Kontaktmöglichkeit zu gefährlichen Oberflächen
- ⇒ Räumliche Enge, zu geringe Standfläche sowie Zwangshaltungen

Überlegen Sie sich bitte mögliche Beispiele für typische Gefahrenquellen durch Teile mit gefährlichen Oberflächen in Ihrem Zuständigkeitsbereich:

---



---



---

Wie können solche Gefährdungen entstehen?

---



---



---



---





## Sturz und Absturz<sup>5</sup>

Gefährdungen	Beispiele für typische Gefahrenquellen
<input type="checkbox"/> Ausrutschen <input type="checkbox"/> Abrutschen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rutschige Trittplächen durch Öl, Fett, Nässe, Oberflächenbehandlung (z. B. polierte Flächen), Witterung (Eis, Schnee), lose Ablagerungen (Laub, körniges Material), lose Beläge (Teppiche, Roste)</li> <li>• Trittplächen mit Neigung bzw. Steigung</li> </ul>
<input type="checkbox"/> Stolpern <input type="checkbox"/> Umknicken <input type="checkbox"/> Fehltreten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unebene Trittplächen (Stufen, Schrägen, Welligkeit, Erhöhungen, Vertiefungen, Öffnungen)</li> <li>• Gelöste, hochstehende Belagränder</li> <li>• Herumliegende Gegenstände, Hindernisse (Spanndraht)</li> </ul>
<input type="checkbox"/> Abstürzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hochgelegener Standort (auf dem Gerüst oder der Leiter bzw. vor Vertiefungen und Öffnungen)</li> </ul>

**Sturzgefährdungen** können beispielsweise entstehen durch:

- ⇒ Reinigungsarbeiten während des Betriebs
- ⇒ Unzureichende oder unsachgemäße Reinigungsverfahren (falsche Reinigungsmitteldosierung, zu viel Wasser)
- ⇒ Verschütten von Ölen
- ⇒ Verschleiß, unzureichende Instandhaltung (z. B. ausgetretene Treppenstufen)
- ⇒ Unzureichende oder unsachgemäße Schneeräumung
- ⇒ Ungeeignete Gestaltung von Trittplächen (Form, Größe, Tragfähigkeiten usw.)

Das Wirksamwerden der Gefährdung wird u. a. begünstigt durch ungünstiges Schuhwerk sowie schlechte Wahrnehmbarkeit der Trittpläche.

**Absturzgefährdungen** lassen sich grob in zwei Gruppen einteilen. Entweder gerät der Mensch (durch eigene Handlung oder äußere Krafteinwirkung) oder das Standobjekt außer Kontrolle.

Ursachen für das Außer-Kontrolle-Geraten des Menschen können sein:

- ⇒ Plötzliche, unerwartete Bewegungen
- ⇒ Stolpern, ausrutschen
- ⇒ Unvermutete Höhenunterschiede (z. B. Treppenstufen sind unterschiedlich)
- ⇒ Gesundheitsstörungen (z. B. des Kreislaufs)
- ⇒ Tätigkeit des Beschäftigten (z. B. wenn diese ein zu weites Hinauslehnen erfordert)

<sup>5</sup> Auch „Mangelnde Trittsicherheit“ genannt.

- ⇒ Ablenkung durch Signale, Anrufe etc.
- ⇒ Versagende, unzureichende oder gar fehlende Absturzsicherungen

Ursachen für das Außer-Kontrolle-Geraten des Standobjektes können sein:

- ⇒ Zusammenbrechen, Einstürzen des Standobjektes durch Einwirkung zu großer Kräfte (z. B. Materiallagerung, Sturm) oder Materialversagen (unzureichende Dimensionierung, Verschleiß, Korrosion)
- ⇒ Umkippen, Abrutschen oder Wegrollen des Standobjektes, wie z. B. Umkippen eines Gerüsts, Abrutschen einer Leiter, Wegrollen einer fahrbaren Arbeitsbühne oder das Verrutschen einer Abdeckung

Wo in Ihrem Zuständigkeitsbereich kann es zu Sturzgefährdungen kommen?

---



---



---



---

Wo begeben sich Beschäftigte auf absturzgefährdete Standorte?

---



---



---



---



### Zusammenfassung:

**Die Quellen für mechanische Gefährdungen liegen immer im technischen Bereich. Ein Wirksamwerden der mechanischen Gefährdung wird durch weitere Faktoren begünstigt, die schließlich ein Freiwerden von Bewegungsenergie auslösen.**



Mechanische Gefährdungen können auch zu Verletzungen führen, wenn ihre Wahrnehmung bei gleichzeitigem Vorhandensein weiterer Gefährdungsfaktoren wie Lärm oder Klima zusätzlich beeinträchtigt ist. Ferner können andere Gefährdungsfaktoren, wie z. B. Elektrizität, das Wirksamwerden mechanischer Gefährdungen auslösen (z. B. Absturz nach Berührung spannungsführender Teile).

**Wechselwirkung mit anderen Gefährdungsfaktoren**

### 3.4 Pflichten des Arbeitgebers



Bei der Beurteilung der Arbeitsbedingungen muss der Arbeitgeber ermitteln, ob mechanische Gefährdungen vorhanden sind. Dies betrifft sowohl die Gefährdungen, die von einem bewegten Gegenstand ausgehen als auch die, die aus der Bewegung des Menschen selbst resultieren. Werden solche Gefährdungen ermittelt, so sind die damit verbundenen Risiken zu beurteilen und die erforderlichen Maßnahmen zur Minimierung des Risikos abzuleiten und umzusetzen. Rechtsgrundlagen sind vor allem die Betriebssicherheitsverordnung und die Arbeitsstättenverordnung.

Darüber hinaus sind in einer Reihe von Technischen Regeln zu den beiden Verordnungen (TRBS und ASR) Anforderungen an die Ermittlung von mechanischen Gefährdungen sowie qualitative und quantitative Beurteilungsmaßstäbe enthalten.

- ⇒ Grundsätze für die Vorgehensweise zur Ermittlung und Bewertung von Gefährdungen sowie zur Ableitung der notwendigen Maßnahmen für die Bereitstellung von Arbeitsmitteln, die Benutzung von Arbeitsmitteln und das Betreiben überwachungsbedürftiger Anlagen beschreibt die Technische Regeln für Betriebssicherheit TRBS 1111 „Gefährdungsbeurteilung und sicherheitstechnische Bewertung“. Speziell für mechanische Gefährdungen ist die TRBS 2111 zu beachten.
- ⇒ Darüber hinaus muss der Arbeitgeber durch eine geeignete Organisation dafür sorgen, dass die dauerhafte Umsetzung der Maßnahmen sichergestellt ist, ihre Wirksamkeit überprüft und sie erforderlichenfalls an geänderte Gegebenheiten angepasst und dokumentiert wird (vgl. TRBS 2111, 3.1.2, (1)).



Verschaffen Sie sich einen Überblick zu den Anforderungen zu mechanischen Gefährdungen in der Betriebssicherheitsverordnung mit den zugehörigen Technischen Regeln, insbesondere [TRBS 2111](#) und [2121](#), sowie der Arbeitsstättenverordnung mit den Technischen Regeln für Arbeitsstätten (z. B. [ASR A1.7 Türen und Tore](#)).

### 3.5 Mechanische Gefährdungen erkennen und beurteilen

**Ermitteln** Für jede Tätigkeit ist durch eine systematische Erfassung der bestehenden mechanischen Gefährdungen zu ermitteln, welche Maßnahmen erforderlich sind (vgl. TRBS 2111, 3.2, (1)). Mechanische Gefährdungen in vorhandenen Arbeitssystemen sind insbesondere durch Beobachtung der von den Beschäftigten ausgeführten Tätigkeiten zu ermitteln (Analyse von Arbeitsabläufen).

Ein Teil mechanischer Gefährdungen kann auch durch systematische Begehungen und Sichtprüfung sowie objektorientierte Gefährdungsanalysen von Arbeitsmitteln, -gegenständen und -stätten ermittelt werden.

Zu berücksichtigen sind die verschiedenen Betriebszustände und Betriebsarten von Maschinen, Anlagen, Werkzeugen, Räumen usw. Dabei ist in allen Phasen ihrer Verwendung zu prüfen, ob mechanische Gefährdungen auftreten. Neben dem Normalbetrieb sind insbesondere Tätigkeiten in besonderen Betriebszuständen zu ermitteln. In solchen Situationen sind häufig weitere Gefahrenquellen zugänglich, die im Normalbetrieb gesichert sind:

- ⇒ Montage oder Aufstellung
- ⇒ Auf- und Abbau, Transport, Aufbewahrung
- ⇒ Inbetriebnahme
- ⇒ Einarbeitung von Mitarbeitern
- ⇒ Abnahme, betriebliche Prüfung
- ⇒ Einrichten bzw. Rüsten
- ⇒ Bedienen bzw. Betreiben
- ⇒ betriebliche Erprobung z. B. nach Umrüstung, Instandsetzung
- ⇒ Störungsbeseitigung, Instandhaltung, Reinigung und
- ⇒ Außerbetriebnahme und Entsorgung bzw. Rückbau

Bereits in der Planung neuer oder zu ändernder Arbeitssysteme sind mechanische Gefährdungen vorausschauend zu ermitteln. Die Tätigkeitsabläufe sowie Bewegungen und Merkmale von Arbeitsmitteln und -gegenständen können anhand von Betriebsanleitungen und Zeichnungen analysiert werden. Die unterschiedlichen mechanischen Gefährdungen sind oft nur mittelbar oder mit weiteren Zusatzinformationen vorausschauend erkennbar. Das erfordert eine frühzeitige Einbeziehung der Fachkraft für Arbeitssicherheit in die Planungsprozesse. Sie sollten hier auch von sich aus tätig werden, wenn Sie von Planungsaktivitäten in Ihrem Zuständigkeitsbereich erfahren. Mögliche Ansatzpunkte und Vorgehensweisen hierzu erfahren Sie in den Lektionen 9 und 10.

Das Spektrum der zu ermittelnden mechanischen Gefährdungen in den fünf Gruppen enthält Abschnitt 3.1. Für die Beurteilung im nächsten Schritt sind insbesondere die Merkmale der Gefahrenquelle(n) sowie die gefahrbringenden Bedingungen zu ermitteln (vgl. Abschnitt 3.3).

Zur Beurteilung mechanischer Gefährdungen stehen nur in Einzelfällen spezifische Verfahren zur Verfügung. Sie sind daraufhin zu prüfen, ob sie für den konkreten Anwendungsfall geeignet und hinreichend sind.

**Beurteilen**

Zu einigen mechanischen Gefährdungen sind in Regeln und Informationen qualitative Anforderungen enthalten, die für die Risikobeurteilung anhand herangezogen werden können. Aber auch hier ist zu prüfen, ob die Anforderungen die Bedingungen des konkreten Anwendungsfalls hinreichend betreffen.



Hinweise auf spezifische Verfahren und qualitative Vorschriften und Regeln sind zusammengestellt unter [www.gefährdungsbeurteilung.de](http://www.gefährdungsbeurteilung.de), Expertenwissen, mechanische Gefährdungen.

Stehen spezifische Verfahren oder qualitative Vorschriften und Regeln für nicht zur Verfügung bzw. sind diese für den konkreten Anwendungsfall nicht geeignet oder hinreichend, muss (ggf. ergänzend) auf die Risikomatrix als ungenaustes Beurteilungsinstrument zurückgegriffen werden.

Bei der Beurteilung sind generell vorhandene Schutzeinrichtungen und -maßnahmen unter Einbeziehung des Grades nachhaltig sicher gestellter Wirksamkeit (z. B. durch regelmäßige fachkundige Prüfungen) mit zu berücksichtigen.

#### Beispiel Ausrutschen

Bei der Beurteilung der Rutschgefährdung ist das Gesamtsystem „Fußboden – Zwischenmedium – Schuhwerk – Gehverhalten“ in Zusammenwirken der Komponenten zu berücksichtigen. Für die Beurteilung der Rutschgefährdung stehen spezifische Messverfahren sowie qualitative Anforderungen in der ASR A1.5/A1.2 zur Verfügung:

Anwendungsgebiet	Verfahren, Bewertungskriterien	Eignung; Grenzen
Ausrutschen	Prüfverfahren für neue Fußböden  Beurteilung der Rutschhemmung nach DIN 51130 (Bewertungsgruppen R 9 bis R 13) bzw. <a href="#">DGUV Regel 108-004</a> , bisher BGR 181	Ableitung der Risikoschwellen aus Anforderungsliste (Anhang 1) der DGUV Regel 108-004  Grobe Orientierung an Kennwerten  Spezifische Merkmale wie Verschmutzung und Schuhwerk nur teilweise berücksichtigt
	Prüfung vorhandener Fußböden  Messverfahren des Gleitreibungskoeffizienten $\mu$ im Betriebszustand ( <a href="#">DGUV Information 208-041</a> , bisher BGI/GUV-I 8687)  Beurteilung des Gleitreibwert $\mu$ anhand der Werte in DIN 51130	Vorhandene Fußböden können mittels mobiler Prüfgeräte vor Ort geprüft werden  Berücksichtigung betrieblicher Gegebenheiten und Schuhwerk möglich  Beurteilung des gemessenen Gleitreibungskoeffizienten gemäß Ampelmodell möglich  Spezialmessgerät erforderlich (Tribo-meter-Prüfgeräte)



Anwendungsgebiet	Verfahren, Bewertungskriterien	Eignung; Grenzen
	Auswahl des Bodenbelags bzgl. Rutschhemmung gemäß <a href="#">ASR A1.5/1.2</a> Fußböden, insbesondere Abschnitte 6 und 9 mit Anhängen und speziell Anhang 2	<p>Mindestanforderungen an die Beschaffenheit von Fußböden (markieren Gefahrenschwelle)</p> <p>Keine hinreichende Berücksichtigung des getragenen Schuhwerks Überprüfung, ob Baumusterprüfung des verbauten Belags zur Nutzung passt; Bekanntheit der Bewertungsgruppe der Rutschgefahr für den Belag erforderlich.</p> <p>Keine Berücksichtigung betrieblicher Gegebenheiten, des Schuhwerks oder von Verschleiß/Abnutzung</p>

Rutschgefahren erkennen und vermeiden, Teil 2: Gefährdungsbeurteilung in der Praxis. Christoph Wetzel, Ulrich Windhövel, Wuppertal, Detlef Mewes, St. Augustin, Thomas Götte:

[http://www.dguv.de/medien/ifa/de/pub/grl/pdf/2013\\_051.pdf](http://www.dguv.de/medien/ifa/de/pub/grl/pdf/2013_051.pdf)

H. Fischer: Beurteilung der Rutschsicherheit von Fußböden. 1. Auflage. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW Verlag für neue Wissenschaft GmbH 2005. (Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Sonderschrift, S 84); [Download als Volltext](#)



Für die Beurteilung der Risiken durch Stolpern, Umknicken, Fehltreten mit der Folge eines Sturzes sind vor allem der Grad der Unebenheit beziehungsweise das Vorhandensein von Bewegungshindernissen relevant. Im Vorschriften- und Regelwerk existieren keine allgemeingültigen Grenzwerte für unzulässige Stolper- und Umknickhöhen, aber es gibt Richtmaße, die herangezogen werden können.

**Beispiel**  
Sturz durch Stolpern,  
Umknicken, Fehltreten

Anwendungsgebiet	Verfahren, Bewertungskriterien	Eignung; Grenzen
<b>Stolpern, Umknicken, Fehltreten</b>	Generelle Richtwerte <a href="#">BAuA-Forschungsbericht „Vermeiden von Unfällen durch Stolpern, Umknicken und Fehltreten“</a>	<p>Richtmaße zur allgemeinen Orientierung für gefährliche Unebenheiten von Trittsflächen Stufungen, Spalten usw. Grobe Orientierung an Kennwerten</p> <p>Spezifische Merkmale wie Verschmutzung und Schuhwerk nur teilweise berücksichtigt</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toleranzen für Unebenheiten</li> <li>• DIN 18202 sowie</li> <li>• weitere DIN-Normen für verschiedene Bautypen von Fußböden</li> </ul>	Richtwerte für den Bau von Fußböden Mehr bautechnische Qualitätsanforderungen als Grenzwerte für die Toleranz- bzw. Akzeptanzschwellen

Anwendungsgebiet	Verfahren, Bewertungskriterien	Eignung; Grenzen
	Zu geringe Tritt- und Standflächen <ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">ASR A1.8</a></li> <li>• <a href="#">DGUV Information 208-005</a>, bisher BGI/GUV-I 561</li> <li>• DIN 18065</li> </ul>	Mindestabmessungen für Treppenstufen und Stufenpodeste

Zusätzlich zu den o.g. Richtwerten sind bei der Risikobeurteilung der Sturzgefährdung das Schuhwerk und die Erkennbarkeit der Gefährdungen mit zu berücksichtigen. Ein nicht Erfüllen der Anforderungen kann das mit den o.g. Verfahren bestimmte Risiko erhöhen.

Anwendungsgebiet	Verfahren, Bewertungskriterien	Eignung; Grenzen
<b>Schuhwerk</b>	Anforderungen an Bereitstellung und Tragen geeigneter Schutzschuhe <ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">DGUV Regel 112-991</a>, bisher BGR 191</li> <li>• DIN EN ISO 13287</li> <li>• DIN EN ISO 20345</li> <li>• DIN EN ISO 20346</li> </ul>	Rutschhemmende Eigenschaften der Schutzschuhe Verschleißzustand der Schuhe Trageeigenschaften der Schuhe
<b>Erkennbarkeit von Gefährdungen</b>	Erkennbarkeit möglicher Sturzgefährdungen auf Trittflächen <ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">ASR A3.4</a></li> <li>• <a href="#">ASR A3.4/3</a></li> <li>• DIN EN 12464-1</li> <li>• DIN 12464-1</li> <li>• DIN 12464-2</li> </ul>	Ausreichende Beleuchtung, Kontrast, farbliche Kennzeichnung Vermeidung von Wahrnehmungstäuschungen (fehlende Übergänge) Hinweise (Schilder, Piktogramme) Unterweisungen

Anwendungsgebiet	Verfahren, Bewertungskriterien	Eignung; Grenzen
<b>Erschwerende Bedingungen (erhöhte Rutschhemmung):</b>	Erhöhte Anforderungen durch erschwerende Bedingungen <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beim Gehen mit getragener Last, Ziehen/Schieben von Last (Sichteinschränkungen, Schwerpunktverlagerung des Körpers ...)</li> <li>• Neigung/Steigung des Fußbodens</li> <li>• Kurven und sonstige Änderungen der Bewegungsrichtung</li> <li>• Schnelles, hektisches Gehen – Kombination von o. g. Bedingungen</li> </ul>	Keine Werte und qualitativen Anforderungen vorhanden

In die Risikobeurteilung des Absturzes sind insbesondere folgende Merkmale der jeweiligen konkreten räumlichen und betrieblichen Gegebenheit einzubeziehen:

#### Beispiel Absturz

- ⇒ die mögliche Absturzhöhe (genereller Grenzwert 1 Meter)
- ⇒ die Beschaffenheit der Aufprallfläche: Bei Aufprallflächen mit beispielsweise scharfen Kanten oder Spitzen, herausragenden oder sich bewegenden Teilen ist schon bei geringen Höhen auch unter einem Meter von einem erhöhten Risiko auszugehen
- ⇒ die Neigung von Flächen mit Arbeitsplätzen oder Verkehrswegen
- ⇒ der Abstand zur Absturzkante
- ⇒ Art, Umfang und Häufigkeit der auszuführenden Arbeiten (zum Beispiel Arbeiten mit Zwangshaltungen, Mitführen von Lasten, körperlich leichte oder schwere Arbeiten, Arbeiten mit kurzer oder längerer Dauer?)
- ⇒ Arbeitsumgebungsbedingungen wie Sichtverhältnisse, Witterungsverhältnisse, Vibration, äußere Krafteinwirkungen

Anwendungsgebiet	Verfahren, Bewertungskriterien	Eignung; Grenzen
<b>Absturz</b>	<a href="#">ASR A1.5/1,2</a> ; <a href="#">DGUV Vorschrift 39</a> , bisher GUV-V C22, §12	Ableitung der Risikoschwellen mit Hilfe von Grenzwerten zur Absturzhöhe Grobe Orientierung an Kennwerten Spezifische Merkmale wie Verschmutzung und Schuhwerk nur teilweise berücksichtigt



Weiterführende Hinweise zu Beurteilungskriterien finden Sie im Internet unter [www.gefahrungsbeurteilung.de](http://www.gefahrungsbeurteilung.de), Expertenwissen, [Mechanische Gefährdungen](#).

- ⇒ Für die Gefährdungen Sturz und Absturz sind insbesondere die Technische Regeln für Arbeitsstätten ASR A2.1 „Schutz vor Absturz und herabfallenden Gegenständen, Betreten von Gefahrenbereichen“ und ASR A1.5/1,2 „Fußböden“ von Belang.

### 3.6 Gestaltungskonzepte

In Abschnitt 6.5 der Einführungslektion haben Sie mit der Maßnahmenhierarchie einen wichtigen Grundsatz zur Gestaltung kennengelernt. Er wird nachfolgend bezogen auf Gestaltungskonzepte zur Vermeidung von Gefährdungen durch mechanische Faktoren wieder aufgegriffen.



#### Gefahrenquelle vermeiden

Priorität hat die **Vermeidung der Gefahrenquelle**, z. B. durch Anwenden der in Abschnitt 3.4 genannten Richtgrößen, Sicherheitsabstände, Berechnungsgrößen, des Standsicherheitsfaktors zur Vermeidung des Kippens kippfähiger Teile oder die Bewertungsgruppen der Rutschhemmung zur Vermeidung des Ausrutschens auf Fußböden. Oftmals erfordert die Vermeidung der Gefährdung durch mechanische Faktoren aber die Suche nach alternativen technischen Gestaltungslösungen bis hin zum Einsatz anderer Fertigungsverfahren.

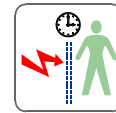


#### Wirksamwerden der Gefahrenquelle technisch ausschließen

Gefahrenquellen sind häufig nicht zu vermeiden. Es gibt jedoch vielfältige Ansätze, das **Wirksamwerden der Gefahrenquelle technisch auszuschließen**. Solche Schutzkonzepte sind u. a.:

- ⇒ Begrenzung der Kräfte und Geschwindigkeiten
- ⇒ Vermeidung von Engstellen
- ⇒ Schutzeinrichtungen zum Schutz vor bewegten Maschinenteilen sowie vor anderen Gefahrenquellen, wie trennende und/oder abweisende Schutzeinrichtungen
- ⇒ Selbsttätige Bremseinrichtungen an Transportmitteln
- ⇒ Wegrollsicherung zum Schutz vor rollenden, gleitenden Teilen
- ⇒ Fest installierte Zugänge zu hochgelegenen Arbeitsplätzen mit Absturzsicherungen

### Wirksamwerden der Gefahrenquelle organisatorisch ausschließen



Weitere bzw. ergänzende Möglichkeiten zur Verhinderung des Wirksamwerdens von Gefahrenquellen durch mechanische Faktoren liegen im **organisatorischen Bereich**. Beispiele hierfür sind:

- ⇒ Gestaltung der Arbeitsorganisation mit Arbeitsabläufen, die den Kontakt mit möglichen Gefahrenquellen ausschließen oder zumindest minimieren
- ⇒ Organisation des Transports mit Trennung zwischen Geh- und Fahrverkehr sowie unter Berücksichtigung der Anforderungen des Richtungsverkehrs
- ⇒ Vermeidung von Störungen durch vorbeugende Instandhaltung, um den Kontakt mit den Gefahrenquellen bei der Störungsbeseitigung zu reduzieren
- ⇒ Vermeidung von Instandhaltungsmaßnahmen bei laufender Produktion durch eine entsprechende Planung

### Einwirkung der Gefahrenquelle verhindern bzw. mindern/ Arbeitsschutzgerechtes Verhalten



Kann ein Wirksamwerden der mechanischen Gefährdungen nicht durch technische und organisatorische Maßnahmen verhindert werden, können nur noch die weniger wirksamen Gestaltungsansätze im Bereich der **Persönlichen Schutzausrüstungen** und **des arbeitsschutzgerechten Verhaltens** Anwendung finden. Beispiele hierfür sind:

- ⇒ Schutzhandschuhe beim Handhaben scharfkantiger Teile, rutschfeste Sicherheitsschuhe
- ⇒ Gezielte Hinweise für ein Verhalten entsprechend den verbliebenen Gefährdungen

**Lassen Sie sich immer von der Rangfolge der verschiedenen Schutzkonzepte leiten. An erster Stelle muss immer der Versuch stehen, die Gefahrenquelle zu vermeiden oder das Wirksamwerden der Gefahrenquelle technisch auszuschließen.**



Weiterführende Hinweise zu Schutzkonzepten für mechanische Gefährdungen

- Schutzmaßnahmen und Anforderungen bei mechanischen Gefährdungen enthalten auch die Technischen Regeln für Betriebssicherheit ([TRBS](#))
- Gestaltungsregeln für Absturzsicherungen in Anhang 2 Abschnitt 5 BetrSichV und in der Arbeitsstättenregel [ASR A2.1](#) „Schutz vor Absturz und herabfallenden Gegenständen, Betreten von Gefahrenbereichen“



- Sicherheitsabstände zu Gefahrenquellen nach DIN EN 13857 „Sicherheit von Maschinen - Sicherheitsabstände gegen das Erreichen von Gefährdungsbereichen mit den oberen und unteren Gliedmaßen“ (siehe BG ETEM Bestell Nr. 68 Sicherheitsabstände)
- DIN EN 349 „Mindestabstände zur Vermeidung des Quetschens von Körperteilen“
- BGR/[GUV-R 181](#) Fußböden in Arbeitsräumen und Arbeitsbereichen mit Rutschgefahr
- Anhang 1 der EG-Maschinenrichtlinie (an den Hersteller gerichtet, aber auch für Betreiber hilfreich)
- Schutz gegen Absturz – Persönliche Schutzausrüstung sachkundig auswählen, anwenden und prüfen ([BGI 826](#))
- Auswahl und Benutzung von Steigleitern ([BGI/GUV-I 5189](#))

## 4 Elektrizität

In diesem Abschnitt lernen Sie die Gefährdungen durch Elektrizität kennen (elektromagnetische Gefährdungen werden erst in Lektion 3 behandelt). Sie erhalten einen Überblick zum umfangreichen Regelwerk und die Gestaltungskonzepte, mit denen ein sicherer Umgang mit Elektrizität angestrebt wird.



### 4.1 Was ist Elektrizität?

**Elektrizität ist der Fluss von Elektronen durch elektrisch leitendes Material.**



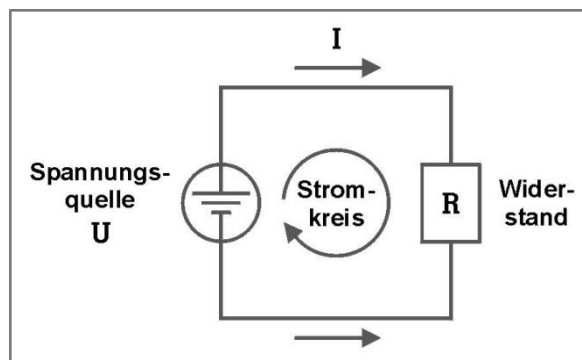
Elektrizität

Elektrisch leitende Materialien sind vor allem

- ⇒ Metalle wie Kupfer, Eisen, Aluminium,
- ⇒ in bestimmtem Maße aber auch andere Feststoffe wie Erd- oder Fußböden, spezielle Kunststoffe,
- ⇒ Flüssigkeiten (z. B. Wasser) oder
- ⇒ ionisierte Gase (z. B. in Leuchtstoffröhren, bei Gewitter oder in Lichtbögen).

Damit ein solcher Elektronenstrom fließen kann, muss eine Spannungsquelle vorhanden sein und ein Stromkreis geschlossen werden (vgl. Abbildung 4.1). Wie

groß der Stromfluss (I) ist, hängt von der Größe der Spannung (U) und der Größe des Widerstandes (R) ab, der den Stromfluss bremst. Diesen Zusammenhang drückt das Ohmsche Gesetz aus.



Ohmsches Gesetz:

$$I = \frac{U}{R}$$

Abbildung 4.1: Stromkreis

Der dauerhaft in eine Richtung fließende Strom wird als **Gleichstrom** (international direct current, kurz: DC) bezeichnet. Wenn sich dagegen die Flussrichtung des Stroms mit einer bestimmten Frequenz (bei der häuslichen Stromversorgung 50-mal pro Sekunde = 50 Hz) immer wieder umkehrt, wird von **Wechselstrom** gesprochen (international alternating current, kurz: AC). Auch der sogenannte Dreh- oder Kraftstrom ist ein solcher Wechselstrom.

Gleichstrom, Wechselstrom

**Gefährlich wird Elektrizität, wenn der Mensch in irgendeiner Form in den Stromkreis einbezogen ist und der Körper durchströmt wird.**



Das kann je nach Größe der Spannung durch Berührung spannungsführender (sogenannter aktiver) Teile oder auch schon bei kritischer Annäherung an solche Teile (z. B. näher als 6 cm bei 3.000 Volt (V) oder näher als 3 m bei 400.000-V-Überlandleitungen) und Schließen des Stromkreises durch einen Lichtbogen geschehen.

Entscheidend für den Stromfluss ist entsprechend dem Ohmschen Gesetz der Gesamtwiderstand im Stromkreis. Die Widerstandswerte des menschlichen Körpers liegen zwischen 250 und 1.000 Ohm. Zwischengeschaltete Körper mit hohen Widerstandswerten wie z. B. entsprechende Kleidung, Handschuhe, Schuhe oder wenig elektrisch leitende Fußböden können den Stromfluss deutlich verringern.

#### Faktoren der Gesundheitsgefährdung

Neben dem Weg des Stroms durch den Körper hängt die gesundheitsgefährdende Wirkung auf den Menschen insbesondere von der Stärke des Stroms ab, der durch den Körper fließt, aber auch von der Frequenz (bei Wechselspannung) und der Einwirkungsdauer. Schon ab einer Stromstärke von 0,01 A (Ampere) ist eine Gefährdung gegeben.

Da die Widerstände bei der Körperdurchströmung bekannt sind, können drei Spannungsbereiche unterschieden werden (Übersicht 4.1).

Spannungsbereiche		Spannungsgrenzen
<b>Klein- spannung (Extra Low Voltage, kurz: ELV)</b>	Hier ist in der Regel keine unmittelbare Gesundheitsgefährdung bei der Berührung spannungsführender Teile zu befürchten. Dieser Spannungsbereich findet zunehmend Verbreitung, z. B. in Halogenbeleuchtungen und vielen Haushaltsgeräten, denen ein Transformator vorgeschaltet ist und die auch für den Akku-Betrieb geeignet sind.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bis 120 V Gleichspannung</li> <li>• bis 50 V Wechselspannung</li> </ul>
<b>Nieder- spannung (Low Voltage, kurz: LV)</b>	Eine Gesundheitsgefährdung ist bei Berührung und auch schon bei Annäherung an spannungsführende Teile zu erwarten. Die übliche Stromversorgung von 230 Volt und auch der Dreh- oder Kraftstrom mit 400 Volt liegen in diesem Spannungsbereich.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bis 1.500 V Gleichspannung</li> <li>• bis 1.000 V Wechselspannung</li> </ul>
<b>Hoch- spannung (High Voltage, kurz: HV)</b>	Schon bei geringer Annäherung kann es durch Lichtbögen zum Schließen des Stromkreises kommen. Hochspannung wird bei Überlandleitungen, aber auch bei zahlreichen Spezialgeräten eingesetzt.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gleichspannung über 1.500 V</li> <li>• Wechselspannung über 1.000 V</li> </ul>

#### Übersicht 4.1: Spannungsbereiche – Spannungsgrenzen

#### Kurzschluss- Lichtbogen

Eine besondere Form der Gefährdung durch Elektrizität ist der Kurzschluss-Lichtbogen. Er tritt auf, wenn der Stromkreis (vgl. Übersicht 4.1) ohne oder mit einem sehr kleinen Widerstand geschlossen wird. Am Lichtbogen erkennbar schließt der Stromkreis bereits deutlich vor der Berührung. Je nach Höhe der Spannung kommt es zu einer extrem schnellen Entladung mit sehr hohen Stromwerten. In kürzester Zeit sind Temperaturen von über 4.000 °C erreicht, sodass geschlos-



sene Körper explodieren, Metallteile verdampfen und weggeschleudert werden. Der sich in der Nähe aufhaltende Mensch ist entsprechend gefährdet.

Elektrostatische Entladungen stellen eine weitere Art der Gefährdung durch Elektrizität dar. Bei Annäherung und Berührung unterschiedlich elektrostatisch geladener Körper kommt es zu einem Kurzschlussstromfluss zum Ausgleich der Ladungspotenziale. Größe und Dauer des Stromflusses hängen wieder vom Gesamtwiderstand zwischen den geladenen Körpern, aber vor allem von der Speicherkapazität in den Körpern und der Spannungsdifferenz zwischen den Körpern ab. Die hohen Spannungsdifferenzen bei elektrostatischen Entladungen sind durch Funken sichtbar.

**Elektrostatische Entladungen**

Auch der menschliche Körper kann sich elektrostatisch aufladen (vor allem bei niedriger Luftfeuchtigkeit in Verbindung mit Kunststofftextilien oder -böden). Dabei können Spannungspotenziale von mehreren 10.000 V auftreten. Typisch ist die elektrostatische Entladung beim Greifen nach Metallteilen wie Türklinken oder Heizkörpern.

## 4.2 Wirkung auf den Menschen

Bei der **Körperdurchströmung** ist zwischen elektrischer und thermischer Wirkung auf den Menschen zu unterscheiden:

**Schwere Unfälle sind möglich**

⇒ Elektrische Wirkung

Je nach den konkreten Bedingungen spürt man Elektrizität schon bei sehr niedrigen Werten durch Kribbeln an der Berührungsstelle (z. B. bei Wechselstrom von 50 Hz: 0,5 mA, 12 V). Schmerzempfinden tritt bei nur geringfügig höheren Werten ein (z. B. bei Wechselstrom von 50 Hz: 3,5 mA, 25 V).

Ein Teil des menschlichen Körpers, insbesondere die Muskulatur, wird über das Gehirn mithilfe relativ schwacher elektrischer Impulse gesteuert. Bei der Durchströmung des Körpers mit elektrischem Strom wird diese Steuerung überlagert und nachhaltig gestört. Die durchströmten Körperteile können unterschiedlich betroffen sein:

- Es werden unwillkürliche, unkontrollierbare Bewegungen ausgeführt. Folgeunfälle wie z. B. Sturz oder Absturz sind möglich.
- Die betroffene Muskulatur verkrampft. So kann z. B. ein mit der Hand erfasstes spannungsführendes Teil willentlich nicht mehr losgelassen werden. Die Grenze des Loslassens schwankt je nach Konstellation (z. B. bei Wechselstrom von 50 Hz: 10 mA, 50 V).
- Wird die Brust durchströmt, kann Atemstillstand eintreten.
- Ist das Herz betroffen, kann es zu Herzkammerflimmern (ungeordnete Bewegungen ohne Pumpwirkung) bis zum Herzstillstand kommen.

⇒ Thermische Wirkung

Bei der Durchströmung des Körpers wird ein Teil des elektrischen Stroms im Körper in Wärme umgewandelt. Das kann innere und äußere Verbrennungen zur Folge haben. Äußere Verbrennungen treten an den Ein- und Austrittsstellen in den bzw. aus dem Körper auf und sind an typischen Strommarken erkennbar. Innere Verbrennungen können zur Schädigung von Organen und Verkochung der Blutbahn führen. Je nach Stromstärke und Einwirkungsdauer sind Flüssigkeitsverluste, aber auch Verbrennungen bis zur Verkohlung (Verbrennung vierten Grades) möglich. Durchfließender Strom kann zu Verklumpungen des Blutes und so zur Embolie führen.

Bei **Kurzschluss-Lichtbögen** sind vier verschiedene Wirkungsmechanismen zu unterscheiden:

⇒ Thermische Wirkung

Die extrem schnelle Erhitzung von Gasen und Metallteilen im Kurzschlussstromkreis und seiner unmittelbaren Umgebung kann bei Menschen im Gefahrenbereich zu Verbrennungen aller Verbrennungsgrade führen.

⇒ Dynamische Wirkung

Durch das Zerbersten geschlossener Körper, die explosionsartige Ausdehnung der Luft sowie elektromagnetische Blaswirkung können Teile wie Geschosse weggeschleudert werden und Menschen treffen.

⇒ Toxische Wirkung

In solchen Lichtbögen können Gase und Stäube entstehen, die z. T. für den Menschen giftig sind.

⇒ Lichtwirkung

Beim Blick in den Lichtbogen ist ein Verblitzen der Augen möglich.

**Schreckreaktionen**

Sowohl bei der Durchströmung als auch bei Lichtbögen und elektrostatischen Entladungen sind unkontrollierte Schreckreaktionen möglich, die Folgeunfälle insbesondere durch mechanische Gefährdungen wie sich stoßen oder Absturz auslösen können.

**Auslösen von Bränden oder Explosionen**

Lichtbögen können schließlich in besonderen Fällen, wenn sich brennbares Material in der Nähe befindet oder eine explosionsfähige Atmosphäre vorhanden ist, Brände, Verpuffungen oder Explosionen auslösen. Bereits kleinste Funkenentladungen können hier schon ausreichen (Näheres in Lektion 2, Abschnitt 3).

Im Allgemeinen sind Elektrounfälle relativ selten. Wenn sie aber eintreten, sind sie oft tödlich. Der Anteil tödlicher Unfälle an der Gesamtzahl aller Elektrounfälle liegt bei 1 bis 2 %. Bei Arbeiten an Ortsbeleuchtungen liegt der Anteil jedoch bei 5 %, bei Arbeiten an Maststationen sogar bei 18 %. In diesen Fällen ist die Quote der tödlichen Unfälle 50- bis 200-mal höher als im Durchschnitt aller Arbeitsunfälle.

### 4.3 Gefahrenquellen und Entstehungszusammenhänge

Gefahrenquellen sind in erster Linie die Spannungsquellen bzw. alle daran angeschlossenen spannungsführenden Teile. Im Idealfall sind diese entweder nicht erreichbar (z. B. bei Hochspannungsüberlandleitungen), isoliert (z. B. bei Kabeln) oder gegen Berühren gesichert (z. B. in Gerätegehäusen).

Gleichwohl kann es zur Annäherung oder Berührung spannungsführender Teile kommen. Solche Entstehungszusammenhänge können beispielsweise sein:

- ⇒ Kräne mit einem Schwenkbereich in der Gefahrenzone von Hochspannungsleitungen
- ⇒ Beschädigung der Isolierung von Kabeln, z. B. bei Ausschachtarbeiten, beim Bohren oder Aufstemmen von Wänden mit Stromleitungen
- ⇒ Beschädigung der Isolierungen oder Abschirmungen bei unsachgemäßem Gebrauch, z. B. Herausziehen des Steckers am Kabel
- ⇒ Schadhafte Leitungen, Schalter, Steckverbindungen, elektrische Geräte und Anlagen aufgrund von Verschleiß und Alterung
- ⇒ Entfernen von Schutzvorrichtungen (z. B. bei Instandhaltungs-, d. h. Wartungs-, Reparatur-, Instandsetzungs- und Inspektionsarbeiten oder zur Störungsbeseitigung)
- ⇒ Verwendung ungeeigneter elektrischer Betriebsmittel
- ⇒ Zündfunke bei elektrostatischen Entladungen
- ⇒ Mangelhafte Kenntnis über Elektrizität und Umgang mit elektrischen Einrichtungen
- ⇒ Unzureichende Stilllegung einer Anlage und mangelhafte Sicherung der Spannungsfreiheit
- ⇒ Durchführung von Elektroarbeiten während des Betriebs bei unzureichender Koordination
- ⇒ Elektroarbeiten unter Zeitdruck

### 4.4 Gefährdungen durch Elektrizität erkennen und beurteilen

Elektrischer Strom ist nicht sichtbar – dies stellt ein grundlegendes Problem beim Erkennen von Gefährdungen durch Elektrizität dar. Es ergeben sich zwei unterschiedliche Strategien für das Erkennen der Gefährdung:

- ⇒ Systematische Suche nach Spannungsquellen und spannungsführenden Teilen sowie anschließende Prüfung, ob eine Berührung bzw. kritische Annäherung an spannungsführende Teile durch erkennbare Mängel (z. B. defekte Isolierung, demontierte Abdeckungen, fehlende Kennzeichnungen) möglich ist

**Sichtprüfung  
elektrischer Geräte,  
Anlagen und  
Einrichtungen**

Bei Gebäuden, aber auch bei feststehenden Einrichtungen und Anlagen kann dies nur vor Ort geschehen. Bei beweglichen elektrischen Geräten kann auch eine Prüfung auf speziellen Prüfständen stattfinden.

- Prüfen, Messen** ⇒ Prüfen, ob Teile unter elektrischer Spannung stehen bzw. messen, wie groß die elektrische Spannung oder auch der Schutzwiderstand ist
- Hierfür stehen je nach Anwendungsfall unterschiedliche Prüf- und Messgeräte zur Verfügung.



**Ohne entsprechende Qualifizierung oder Unterweisung dürfen Sie Prüfungen oder Messungen nicht selbst durchführen. Auch für das sichere Ausschließen von Gefährdungen durch Elektrizität benötigen Sie in vielen Fällen zusätzliche elektrotechnische Qualifikation und Erfahrung. Schätzen Sie Ihren Kenntnisstand kritisch ein und ziehen Sie im Zweifelsfall elektrotechnische Experten (vgl. Abschnitt 4.6) hinzu.**

## 4.5 Pflichten des Arbeitgebers



**Grundlegende Vorschriften zur Beschaffenheit**

Zu unterscheiden ist zwischen Vorschriften an den Hersteller, die Anforderungen an die Beschaffenheit elektrischer Geräte, Anlagen und Einrichtungen stellen, und solchen an den Arbeitgeber, die sich auf ihren Betrieb beziehen.

Grundlegende Vorschriften zur Beschaffenheit elektrischer Geräte, Anlagen und Einrichtungen sind vor allem im Geräte- und Produktsicherheitsgesetz in Verbindung mit seiner 1. Verordnung (Verordnung über das Inverkehrbringen elektrischer Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen) zu finden. Für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen ist die Explosionsschutzverordnung (Verordnung über das Inverkehrbringen von Geräten und Schutzsystemen für explosionsgefährdete Bereiche – 11. Verordnung zum Geräte- und Produktsicherheitsgesetz) zu beachten.

**Grundlegende Vorschriften zum Betrieb**

Für den Betrieb elektrischer Geräte, Anlagen und Einrichtungen gelten insbesondere folgende grundlegende Vorschriften:

- ⇒ Arbeitsschutzgesetz in Verbindung mit der Betriebssicherheitsverordnung
- ⇒ UVV Elektrische Anlagen und Betriebsmittel (GUV-V A3 bzw. BGV A3)

**Grundlegende Pflichten zum Betrieb**

Diese Vorschriften enthalten u. a. die grundlegenden Pflichten des Arbeitgebers für den Betrieb elektrischer Geräte, Anlagen und Einrichtungen. Im Rahmen der Beurteilung der Arbeitsbedingungen muss der Arbeitgeber ermitteln, ob Gefährdungen durch elektrischen Strom möglich sind. Ist dies der Fall, muss er dafür sorgen, dass

- ⇒ Arbeitsmittel mit einem Schutz gegen direktes oder indirektes Berühren spannungsführender Teile ausgelegt sind,
  - Anhang 1 Nr. 2.18 BetrSichV,
- ⇒ elektrische Anlagen und Betriebsmittel nur von Elektrofachkräften bzw. unter ihrer Leitung und Aufsicht nach den elektrotechnischen Regeln errichtet, geändert und instand gehalten werden
  - § 3 GUV–V A3 bzw. BGV A3,
- ⇒ elektrische Anlagen und Betriebsmittel den elektrotechnischen Regeln entsprechend betrieben werden
  - § 3 GUV–V A3 bzw. BGV A3,
- ⇒ elektrische Anlagen und Betriebsmittel von entsprechend befähigten Personen auf ihren ordnungsgemäßen Zustand geprüft werden, in der Regel vor der ersten Inbetriebnahme, vor der Wiederinbetriebnahme nach Änderungen oder Instandsetzungen und in bestimmten regelmäßigen Zeitabständen
  - § 5 UVV GUV–V A3 bzw. BGV A3.

Die Rechtsquellen enthalten grundlegende Vorschriften zur Beschaffenheit und zum Betrieb und verweisen zur Konkretisierung auf die Regeln der Technik (vgl. die Formulierung „... den elektrotechnischen Regeln entsprechend ...“ in GUV–V A3). Von Bedeutung ist hier vor allem die umfangreiche Sammlung von Regeln der Elektrotechnik des Verbandes deutscher Elektroingenieure (VDE).

**VDE-Bestimmungen  
und andere Regeln  
der Technik**

Sie können sich vertiefend informieren in:

- ⇒ Sicherheit bei Arbeiten an elektrische Anlagen ([BGI 519](#))
- ⇒ Elektrofachkräfte ([BGI 548](#))

In Anlage 2 dieser Lektion sind weitere wichtige Regeln zusammengestellt.



## 4.6 Gestaltungskonzepte

### Gefahrenquelle vermeiden

Ziel von Gestaltungskonzepten muss es zuerst sein, die **Gefahrenquelle** selbst, d. h. die Elektrizität oberhalb Gefahr schaffender Spannungsgrenzen zu **vermeiden** bzw. zu **beseitigen**. Dies kann z. B. geschehen durch:



- ⇒ Einsatz von gefahrlosen Kleinspannungen, Schutzkleinspannung (Safety Extra Low Voltage, kurz: SELV) oder Funktionskleinspannung (Protective Extra Low Voltage, kurz: PELV) bei Arbeiten an elektrischen Anlagen, Einrichtungen und Betriebsmitteln
- ⇒ Einsatz anderer Energiequellen und Steuerungen wie Hydraulik oder Pneumatik, wenn damit nicht andere vergleichbare oder größere Gefährdungen verbunden sind

- ⇒ Vermeiden von elektrostatischen Entladungen, indem man elektrostatische Aufladungen ausschließt oder minimiert – hierfür sind Fußböden und Textilien mit entsprechenden Eigenschaften einzusetzen



### Wirksamwerden der Gefahrenquelle technisch ausschließen

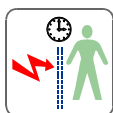
Ist der Einsatz gefährlicher Elektrizität nicht zu vermeiden, muss das **Wirksamwerden der Gefahrenquelle ausgeschlossen** werden durch:

- ⇒ Basisschutz, d. h. sicheres Isolieren, Abdecken oder Umhüllen aktiver Teile, Aufbau von Hindernissen  
Um den Basisschutz dauerhaft zu gewährleisten, sind regelmäßige Prüfungen und der Austausch beschädigter, unzureichender oder unzulässiger Isolierungen, Abdeckungen, Gehäuse, Kapselfungen, Steckverbindungen bzw. die Beseitigung von Schäden und Mängeln durch qualifiziertes Personal erforderlich und vorgeschrieben. Grundlage für die Prüfung von Arbeitsmitteln sind die Regelungen der Betriebssicherheitsverordnung (siehe Lektion 5, Abschnitte 3.3.2 und 3.3.4). Richtwerte für Prüffristen sowie die für unterschiedliche Prüfungen erforderliche Qualifikationen enthalten UVV Elektrische Anlagen und Betriebsmittel (GUV-V A3) sowie Prüfung ortsveränderlicher elektrischer Betriebsmittel (GUV-I 8524).
- ⇒ Schutz im Fehlerfall durch Schutzleiter, Überstrom- und/oder Fehlerstromschutzeinrichtungen oder durch Schutztrennung
- ⇒ Schutz durch Isolierungen, nicht leitende Räume oder erdungsfreien örtlichen Potenzialausgleich



Einzelheiten und Erläuterungen zu den Schutzmaßnahmen können Sie DIN VDE 0100–410 „Schutzmaßnahmen: Schutz gegen elektrischen Schlag“ entnehmen.

- ⇒ Vermeidung elektrostatischer Entladungen insbesondere durch erhöhte relative Luftfeuchtigkeit und geringen Schwebstoffanteil in der Luft



### Wirksamwerden der Gefahrenquelle organisatorisch ausschließen

Insbesondere bei Arbeiten an normalerweise spannungsführenden (aktiven) Teilen oder Arbeiten im Gefahrenbereich spannungsführender Teile ist auf das Schutzkonzept der **räumlich-zeitlichen Trennung von Mensch und Gefahrenquelle** zurückzugreifen. Vor Beginn der Arbeiten ist dabei der spannungsfreie Zustand herzustellen und für die Dauer der Arbeiten zu sichern. Dies geschieht durch Einhaltung der fünf Sicherheitsregeln:

**Fünf  
Sicherheitsregeln**

- ⇒ Freischalten
- ⇒ Gegen Wiedereinschalten sichern

- ⇒ Spannungsfreiheit feststellen
- ⇒ Erden und kurzschließen
- ⇒ Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschranken

An unter Spannung stehenden aktiven Teilen darf nur unter besonderen Umständen (z. B. bei Kleinspannung) oder aus zwingenden Gründen gearbeitet werden, wenn durch das Spannungsfreischalten höhere Risiken entstehen (z. B. Gefährdung von Leben und Gesundheit von Personen, Entstehung erheblichen wirtschaftlichen Schadens, Störung von Verkehrssicherungsanlagen). Solche Arbeiten dürfen nur von entsprechend ausgebildeten Elektrofachkräften ausgeführt werden.

### Einwirkung der Gefahrenquelle verhindern bzw. mindern

Für Arbeiten an elektrischen Anlagen stehen **spezielle isolierende Schutzausrüstungen und Schutzeinrichtungen** zur Verfügung, die für die jeweils zu erwartenden Spannungspotenziale ausgelegt sein müssen. Hierzu zählen insbesondere:

- ⇒ Isolierende Schutzkleidung
- ⇒ Isolierende Handschuhe
- ⇒ Elektrikerstiefel
- ⇒ Isoliermatten zum Abdecken des Fußbodens und weiterer spannungsführender Bereiche
- ⇒ Isoliertes Werkzeug



### Arbeitsschutzgerechtes Verhalten

Für den sicheren Umgang mit elektrischen Anlagen, Einrichtungen und Betriebsmitteln ist eine dem hohen Gefährdungspotenzial durch Elektrizität entsprechende besondere Qualifikation erforderlich.



Grundlegende Qualifikationsanforderungen bei Elektroarbeiten enthält [TRBS 1203](#) „Befähigte Personen“.



Generell gilt, dass Elektroarbeiten nur durch Elektrofachkräfte oder unter ihrer Leitung und Aufsicht durchgeführt werden dürfen.

**Elektrofachkraft ist, wer aufgrund seiner fachlichen Ausbildung, Kenntnisse und Erfahrungen sowie Kenntnis der einschlägigen Bestimmungen die ihm übertragenen Arbeiten beurteilen und mögliche Gefährdungen erkennen kann.**



Elektrofachkraft

Elektrofachkräften sind insbesondere Arbeiten vorbehalten wie:

- ⇒ Prüfungen von elektrischen Anlagen vor der ersten Inbetriebnahme, nach Änderungen oder Instandsetzungsarbeiten vor der Wiederinbetriebnahme
- ⇒ Arbeiten an aktiven Teilen im Ausnahmefall entsprechend § 8 GUV-V A3 bzw. BGV A3

Sogenannte „Elektrofachkräfte für festgelegte Tätigkeiten“ dürfen bestimmte Arbeiten an elektrischen Anlagen selbstständig durchführen, wenn sie nach einer mindestens handwerklichen Ausbildung (Geselle, Meister) eine anerkannte, auf diese Tätigkeiten zugeschnittene Weiterbildung erfahren haben.



**Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten**

**Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten ist, wer aufgrund seiner fachlichen Ausbildung, Kenntnisse und Erfahrungen sowie Kenntnis der einschlägigen Bestimmungen festgelegte Tätigkeiten an elektrischen Anlagen beurteilen und mögliche Gefährdungen erkennen kann.**

Festgelegte Tätigkeiten sind gleichartige, sich wiederholende Arbeiten, die vom Unternehmer in einer Arbeitsanweisung festgelegt sind und für die eine Betriebsanweisung vorliegt. Solche Tätigkeiten können z. B. sein:

- ⇒ Bei Elektrofachkräften für festgelegte Tätigkeiten im Sanitär-Heizungs-Klima-Handwerk:  
Installation, Inbetriebnahme, Wartung und Instandsetzung von Heizungs-, Trink-, Abwasseranlagen usw.
- ⇒ Bei Elektrofachkräften für festgelegte Tätigkeiten beim Einrichten von Produktionsmaschinen:  
Austausch, Inbetriebnahme, Wartung und Instandsetzung von elektrisch betriebenen Werkzeugen und Baugruppen

Bis auf Feststellen der Spannungsfreiheit mit normgerechten Spannungsprüfern und Fehlersuche dürfen keine Arbeiten an spannungsführenden Teilen durchgeführt werden.



Nähere Hinweise zu den Qualifikationsvoraussetzungen der Elektrofachkraft finden sich in der UVV Elektrische Anlagen und Betriebsmittel (GUV-V A3 bzw. BGV A3), Durchführungsanweisungen zu § 2, Abs. 3.

Das Durchführen bestimmter weniger gefährlicher Arbeiten wie z. B. das Feststellen der Spannungsfreiheit mit geeigneten Geräten oder Einrichtungen ist auch sogenannten elektrotechnisch unterwiesenen Personen erlaubt.



**Elektrotechnisch unterwiesene Person**

**Elektrotechnisch unterwiesene Person ist, wer durch eine Elektrofachkraft über die ihr übertragenen Aufgaben und die möglichen Gefährdungen bei unsachgemäßem Verhalten unterrichtet und erforderlichenfalls angelernt sowie über die notwendigen Schutz Einrichtungen und Schutzmaßnahmen belehrt wurde.**



Folgende Tätigkeiten bedürfen der Qualifikation einer elektrotechnisch unterwiesenen Person:

- ⇒ Reinigen elektrischer Anlagen, elektrischer Betriebsstätten oder abgeschlossener elektrischer Betriebsstätten
- ⇒ Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender aktiver Teile
- ⇒ Feststellung der Spannungsfreiheit
- ⇒ Betätigen von Stellgliedern in der Nähe unter Spannung stehender aktiver Teile, die für die Sicherheit oder Funktion einer elektrischen Anlage oder eines elektrischen Betriebsmittels erforderlich sind.

Nähere Hinweise zu den Arbeiten, die elektrotechnisch unterwiesene Personen durchführen dürfen, finden Sie in:

- UVV Elektrische Anlagen und Betriebsmittel (GUV-V A3 bzw. [BGV A3](#))
- Prüfung ortsveränderlicher elektrischer Betriebsmittel ([BGI/GUV-I 8524](#))
- Sicherheit bei Arbeiten an elektrischen Anlagen ([BGI 519](#))



Weil Elektrizität nicht sichtbar ist, sind auch entsprechende Kennzeichnungen und Gefahrenhinweise von Bedeutung. Wichtigster Warnhinweis ist das nebenstehende Zeichen in schwarzer Schrift auf gelbem Grund.

Isolierte Schutzvorrichtungen, Schutzkleidungen und isolierte Werkzeuge sind mit Sonderkennzeichnungen versehen. Hierbei wird im Zeichen die Spannungsobergrenze des zulässigen Verwendungsbereichs angegeben.



Weitere Hinweise zur Kennzeichnung finden sich unter anderem in DIN VDE 0113, Teil 102 „Anforderungen an die Kennzeichnung“.





## 5 Klima

Sie lernen in diesem Abschnitt, was unter Klima verstanden wird und wie vielfältig es auf den Menschen wirkt. Sie machen sich mit den Entstehungszusammenhängen und entsprechenden Beurteilungsmöglichkeiten vertraut. Sie lernen rechtliche Grundlagen und einige prinzipielle Gestaltungskonzepte kennen.

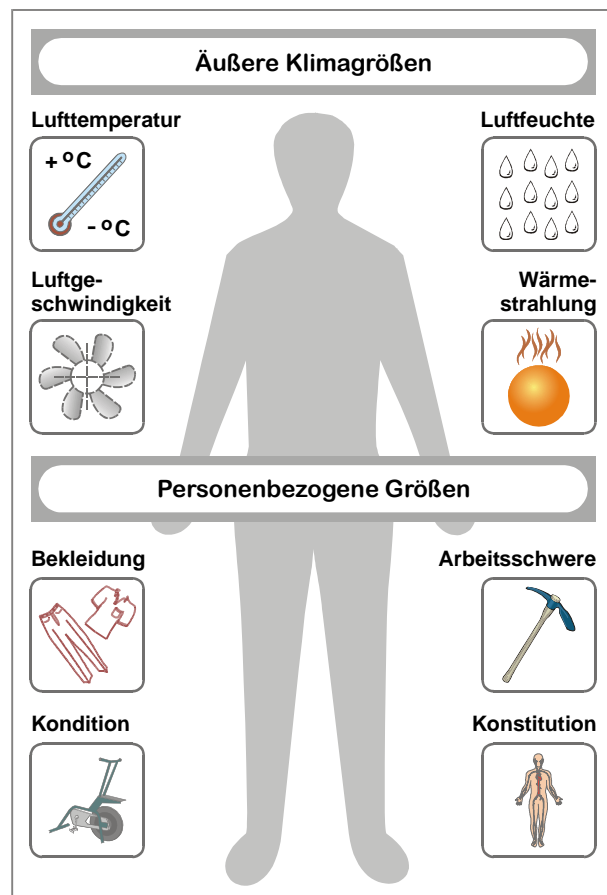
### 5.1 Was sind klimatische Faktoren?

Klima ist der Sammelbegriff der physikalischen Größen, die den Wärmeaustausch des Körpers mit seiner Umgebung beeinflussen. Es wird physikalisch bestimmt durch die vier äußeren Klimagrößen (vgl. Abbildung 5.1).

Zu berücksichtigen sind bei der Beurteilung der Arbeitssituation auch die personenbezogenen Größen:

- ⇒ Bekleidung
- ⇒ Arbeitsschwere
- ⇒ Körperliche Verfassung (Kondition) und Akklimatisation
- ⇒ Körperliche und seelische Veranlagung (Konstitution)

Abbildung 5.1:  
Einflussgrößen  
auf die Klima-  
empfindung  
des Menschen



Zusätzlich ist insbesondere in Kälte- oder Hitzebereichen die Aufenthaltsdauer (Exposition) von Bedeutung.

Das Zusammenwirken dieser Einflussgrößen führt beim Menschen zum Empfinden eines behaglichen oder eines unbehaglichen Klimas. Daher können Klimafaktoren gesundheitsfördernd oder auch gesundheitsgefährdend wirken (vgl. Abschnitt 5.2).

Das Klima am Arbeitsplatz kann aufgrund der vorhandenen Temperatur grob in vier Klimabereiche aufgegliedert werden. Die Übergänge

sind dabei fließend (vgl. Übersicht 5.1). Gefährdungen treten insbesondere durch extreme klimatische Bedingungen auf. In bestimmten Arbeitsbereichen finden sich aber Temperaturen, die weit über den Erträglichkeitsbereich hinausgehen (Hitze- und Kältearbeitsplätze).

Klimabereich	Temperaturbereich (Lufttemperatur)
Kälte	Tiefkalter Bereich (unter -30 °C)
	Sehr kalter Bereich (-30 bis unter -18 °C)
	Kalter Bereich (-18 bis unter -5 °C)
	Leicht kalter Bereich (-5 bis unter +10 °C)
	Kühler Bereich (+10 bis +15 °C)
Thermische Behaglichkeit	Zwischen ca. 10 °C und 26 °C in Abhängigkeit von den anderen äußeren Klimagrößen sowie von Aktivität, Bekleidung und Nutzungskategorie der Räume
Erträglichkeit (Zumutbarkeit)	Ab ca. 26 – 28 °C bis ca. 32 – 35 °C in Abhängigkeit von den anderen äußeren Klimagrößen sowie von Aktivität, Bekleidung, körperlichem Zustand, Flüssigkeitsmangel (Dehydratation) und Akklimatisation
Hitze (Ausführbarkeit)	Ab ca. 32 – 40 °C (Randbedingungen wie bei Erträglichkeit)

Übersicht 5.1:  
Einteilung der  
Klimabereiche

Zum Teil wird auch die Raumluftqualität als Klimafaktor genannt. Dabei handelt sich aber nicht um Größen, die den Wärmeaustausch beeinflussen, sondern um eine Belastung durch chemische oder biologische Stoffe. Das Thema Innenraumluft wird in Lektion F 1 „Verwaltung, Büroarbeit“ vertiefend behandelt.

Vertiefende Hinweise zu den Klimafaktoren finden Sie in:

- [BGHM 101](#): Mensch und Arbeitsplatz, Abschnitt 4.1 Klima
- Bux, K.: Klima am Arbeitsplatz. Stand arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse – Bedarfsanalyse für weitere Forschungen, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, F 1987. PDF-Datei unter [www.baua.de](http://www.baua.de) >> Publikationen >> Fachbeiträge



## 5.2 Wirkung auf den Menschen

### 5.2.1 Wärmehaushalt des Menschen

Unterschiedlichen Klimabedingungen kann sich der Mensch über eine Temperaturregulation anpassen. Der Mensch hält seine Körpertemperatur konstant auf einem Durchschnittswert von 37 °C. Er ist nur in dem relativ engen Bereich von ca. 35 °C bis 40 °C Körpertemperatur lebensfähig, seine Leistungsfähigkeit sinkt jedoch schon innerhalb wesentlich engerer Grenzen. Deshalb bestimmen die Erträglichkeitsbereiche der **Körperkerntemperatur** und der **Hauttemperatur** die Anforderungen an die Umgebungstemperatur (vgl. Tabelle 5.1).

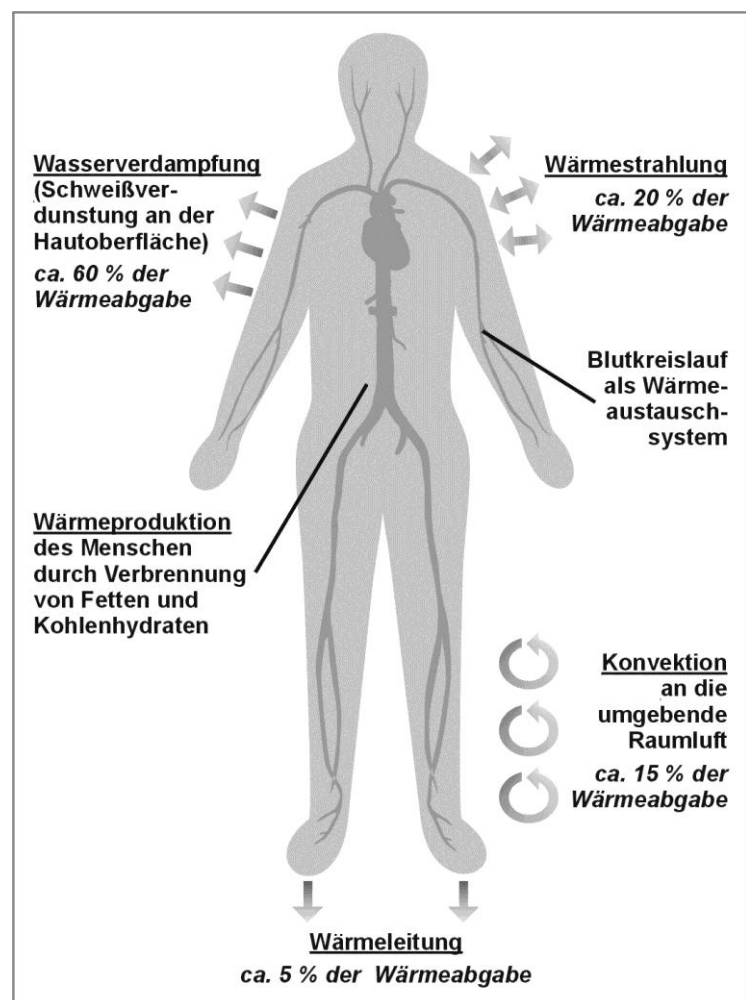
Zusammenhang  
Mensch und Klima

**Tabelle 5.1:**  
Körperkerntemperatur,  
Hauttemperatur,  
Umgebungstemperatur

	Körperkerntemperatur in °C	Hauttemperatur in °C	Umgebungstemperatur in °C
<b>Normal</b>	37,0 ± 0,8	32,0 ± 4,0	20,0
<b>Erträglichkeitsbereich</b>	36,0 – 38,5	12,0 – 40,0	12,0 – 28,0

### Menschlicher Wärmehaushalt

Die Körperaußentemperatur auf der Haut steht mit dem Umgebungs-klima in unmittelbarem Zusammenhang. Der Organismus versucht, ein Gleichgewicht zwischen der körpereigenen Wärmeproduktion und den externen Klimaeinflüssen herzustellen (vgl. Abbildung 5.2). Ziel der Regulation ist ein Konstanthalten der Körperkerntemperatur.



**Abbildung 5.2:**  
Wege der Wärmeregulation des menschlichen Körpers



In Anlage 3 dieser Lektion finden Sie Informationen zu physiologischen Größen in Abhängigkeit von der Raumtemperatur.

## 5.2.2 Gesundheitsfördernde Wirkungen

Ein behagliches Klima reduziert den Aufwand des menschlichen Organismus für die Klimaregulation und schafft günstige Bedingungen, um das menschliche Leistungsvermögen voll ausschöpfen zu können. Erkrankungen durch ungünstige klimatische Verhältnisse können vermieden und gesundheitliche Ressourcen durch behagliches Klima gestärkt werden. Darüber hinaus kann behagliches Klima die Motivation steigern und das Betriebsklima positiv beeinflussen.

**Stärkung der gesundheitlichen Ressourcen**

Durch ein behagliches Klima können Konzentrationsstörungen vermieden und Fehlverhalten verringert werden. Das reduziert die Wahrscheinlichkeit, dass andere vorhandene Gefährdungsfaktoren wirksam werden.

**Ziel zeitgemäßer Arbeitsgestaltung muss es sein, ein behagliches Klima zu schaffen.**



Es ist aber zu beachten, dass ein behagliches Klima individuell unterschiedlich empfunden werden kann, wie eine Befragung zum Klimaempfinden von 1.296 Personen zeigt, die in normaler Kleidung leichte Bürotätigkeiten verrichten (vgl. Abbildung 5.3). Eine Temperatur von ca. 21 °C empfinden danach gut 60 % der Befragten als angenehm, aber immerhin je knapp 20 % zu warm oder zu kalt.

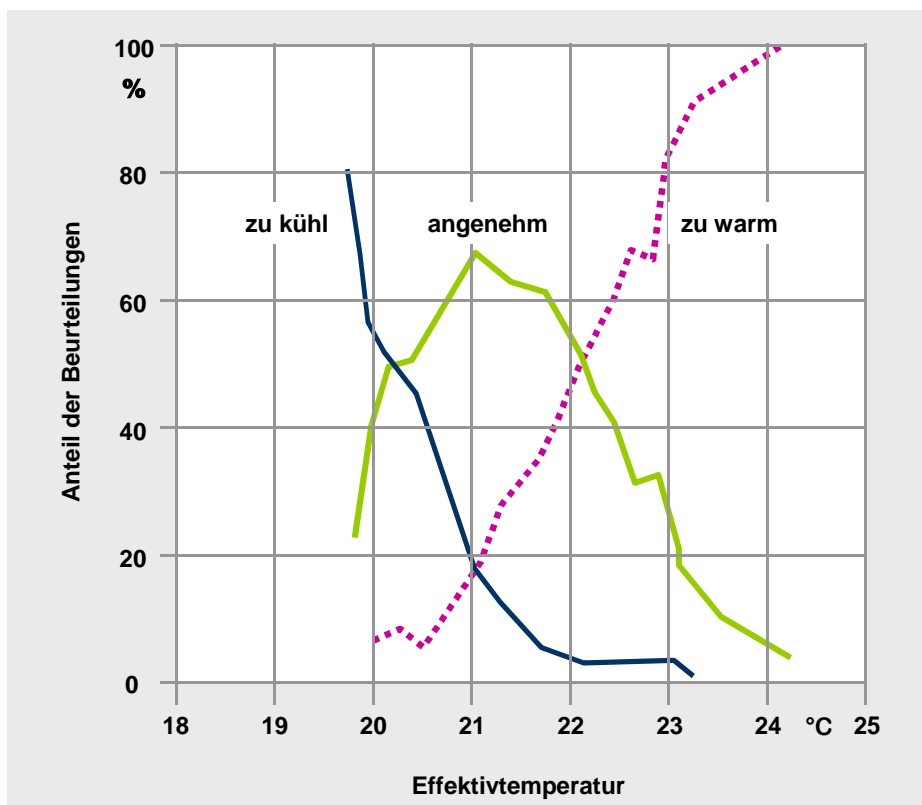


Abbildung 5.3: Gefühlsmäßige Klimabeurteilung<sup>6</sup>





<sup>6</sup> Nach: Bullinger, H.-J.: Ergonomie: Produkt- und Arbeitsplatzgestaltung. Unter Mitarbeit von Ilg, R. und Schmauder, M., nach Fanger, in: Schmidtke, 1993. Stuttgart: Teubner, 1994, S. 188. – ISBN 3-519-06366-2.

### 5.2.3 Gesundheitsgefährdende Wirkungen

Gesundheitsgefährdende Wirkungen durch das Klima können dann auftreten, wenn der menschliche Organismus durch die Temperaturregulation zu stark beansprucht wird oder wenn es nicht mehr gelingt, die Erträglichkeitsbereiche einzuhalten. Die möglichen Wirkungen reichen dabei von einer Beeinträchtigung der Behaglichkeit über Einschränkungen der Leistungsfähigkeit und leichten Erkrankungen bis hin zu lebensbedrohlichen Vorfällen (Hitzekollaps, Hitzschlag).

Um gesundheitliche Schäden zu vermeiden, sollte die Temperatur des Menschen im Körperkern (Gehirn und innere Bereiche der Brust und des Bauchraums) ständig  $37,0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  betragen (Körperkern-temperatur).

In Übersicht 5.2 sind mögliche Auswirkungen klimatischer Gefährdungen zusammengefasst.

	Bedingung	Effekt	Wirkungen auf Gesundheit, Leistung, Befinden
Temperatur	Zu kalt 	Körper gibt mehr Wärme an die Umgebung ab, als er durch den Energieumsatz erzeugt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unangenehm</li> <li>• Feinmotorische Arbeiten werden schwieriger</li> <li>• Häufigeres Auftreten von Erkältungskrankheiten</li> <li>• Chronische Organschädigungen (z. B. der Nieren – insbesondere bei Kopplung mit feuchten Arbeitsumgebungen)</li> </ul>
	Zu warm 	Körper kann die erzeugte Wärme nicht an die Umgebung abgeben	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unangenehm, Reizbarkeit nimmt zu</li> <li>• Körperliche Leistungsfähigkeit nimmt ab, Ermüdung tritt früher ein, Konzentration lässt nach</li> <li>• Belastung des Herz-Kreislauf-Systems, der Atemwege und des Wasser- und Elektrolyt-haushaltes</li> <li>• Kopfschmerz, Übelkeit</li> <li>• Hitzekrämpfe, Hitzekollaps, Hitzschlag</li> </ul>
Luftfeuchte	Zu trocken, zu feucht 	<p>Zu trocken:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>☐ Schleimhäute trocknen aus</li> </ul> <p>Zu feucht:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>☐ Schweißverdunstung wird behindert</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unangenehm</li> <li>• Heiserkeit tritt auf</li> <li>• Erkrankungen des Nasen-, Rachenraums und der Atemwege treten auf</li> <li>• Unangenehm</li> <li>• Bei gleichzeitiger Hitze besteht die Gefahr schneller Überwärmung</li> </ul>
Luftgeschwindigkeit	Zu hohe Luftgeschwindigkeit 	Örtliche Unterkühlung, besonders wenn gleichzeitig geschwitzt wird	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erkältungen treten auf</li> <li>• Schleimhäute trocknen aus</li> <li>• Erkrankungen des Nasen-, Rachenraums und der Atemwege entstehen</li> </ul>
Temperaturstrahlung	Wärmestrahlung	Körper wird lokal oder als Ganzes stark aufgeheizt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unangenehm</li> <li>• Thermoregulation wird gestört</li> </ul>
	Wärmeabstrahlung an kalte Körper	Körper wird lokal oder als Ganzes stark abgekühlt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unangenehm</li> <li>• Thermoregulation wird gestört</li> <li>• Erkältungen</li> <li>• Lokale Entzündungen</li> </ul>
Unbehagliches Klima	Ungünstige Gesamtkonstellation		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unangenehm</li> <li>• Konzentration lässt nach</li> <li>• Körperliche Leistungsfähigkeit nimmt ab</li> </ul>

**Übersicht 5.2:**  
Auswirkungen  
klimatischer  
Gefährdungen

### 5.3 Gefahrenquellen und Entstehungszusammenhänge

Typische Quellen, die ein behagliches Klima beeinträchtigen oder zur Gefährdung durch klimatische Faktoren führen können, sind u. a.:

- ⇒ Technische Wärmequellen an Maschinen und Anlagen, aber auch Bildschirme oder PC und andere Geräte
- ⇒ Technische Kältequellen, wie z. B. Kühltheken
- ⇒ Arbeiten im Freien und in offenen Räumen
- ⇒ Arbeiten mit kalten oder warmen Werkzeugen
- ⇒ Sonneneinstrahlung (z. B. Südseite in Arbeits-, Bürogebäuden)
- ⇒ Wärmeverlust durch kalte Oberflächen (auch fälschlich bezeichnet als „Kältestrahlung“), insbesondere im Winter durch einfachverglaste Fenster oder ungenügend isolierte Wände
- ⇒ Schlechte Regulation der Heizung
- ⇒ Veraltete Klimaanlage bzw. Mängel an Klimaanlage
- ⇒ Kleidung des Beschäftigten, Persönliche Schutzausrüstung wie Handschuhe, Helme, Gehörschutz, Atemschutz, Schutzkleidung

#### **Einfluss von Jahreszeit und Witterung**

Bei **Arbeiten im Freien** sind die Beschäftigten teilweise extremen Schwankungen des Klimas ausgesetzt. Die Bedingungen sind abhängig von Jahreszeit und Witterung. Hinzu kommen Beeinträchtigungen durch Niederschläge, Wind und/oder UV-Strahlung.

Weitere extreme klimatische Gefährdungen sind insbesondere gegeben bei **Hitzearbeitsplätzen** (Ausmauerung bei Müllverbrennung, in Bäckereien oder Wäschereien im Sommer) sowie bei **Kältearbeitsplätzen** (Arbeiten in Kühlhäusern und -räumen).

Die Gefährdungen hängen sehr stark von den jeweiligen **Tätigkeiten** ab. Beispielsweise können sich bei körperlich schwerer Arbeit klimatische Bedingungen besonders stark auswirken.

#### **Individuell unterschiedliches Klima-Empfinden**

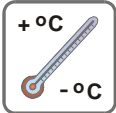



Weitere Ursachen für die Störung des Behaglichkeitsklimas sind zum einen das individuell unterschiedliche Klima-Empfinden des Menschen und zum anderen eine individuell verschiedene Wärmeabgabe des Menschen. Das ist besonders problematisch, wenn viele Personen in einem Raum arbeiten.

Es ist zu beachten, dass die einzelnen Klimagrößen stets im Zusammenhang zu sehen sind. So führt die Veränderung nur eines Faktors (z. B. Temperaturerhöhung durch Heizung im Winter) nicht automatisch zur Verbesserung des Klimas bzw. zur Vermeidung von Gefährdungen. Oft ist durch Heizungsluft im Winter die Luftfeuchtigkeit zu gering. Auch die Wärmestrahlung der Heizung kann als unangenehm empfunden werden.



## 5.4 Klimatische Faktoren erkennen und beurteilen

Das Klima als Ganzes ist nicht messbar, es können nur die einzelnen Klimagrundgrößen bestimmt werden (vgl. Übersicht 5.3).

Klimagröße	Messgröße	Messgerät	Maßeinheit	
Lufttemperatur	 + °C - °C	Trocken- temperatur	Thermometer	Grad Celsius oder Grad Kelvin
Luftfeuchte		Feucht- temperatur	Aspirations- psychrometer (direkt: auch Hygrometer)	Prozent relativer Feuchte
Luftgeschwindigkeit		Luftströmungs- geschwindigkeit	Flügelrad- oder thermisches Anemometer	Meter pro Sekunde
Wärmestrahlung		Wärme- stromdichte	Globether- mometer oder Infrarot-Fein- messsonden	Watt pro Quadratmeter

Übersicht 5.3:  
Klimamessung

Zur Beurteilung des Klimas insgesamt besteht die Möglichkeit, sogenannte **Klimasummenmaße** zu verwenden. Dabei werden Klimagrößen zu einer Größe zusammengefasst. Diese Größe entspricht dem subjektiven Klima-Empfinden des Menschen.

### Klimasummenmaße

Bei der Klimabeurteilung sind auch die personenbezogenen Einflussgrößen **Bekleidung**, **Arbeitsschwere**, **Kondition** (Verfassung) und **Konstitution** (Veranlagung) zu berücksichtigen. Einen erheblichen Einfluss auf das klimatische Wohlbefinden des Menschen hat die **Bekleidung**, die über sogenannte **Isolationswerte** zu beurteilen ist.

In Anlage 3 dieser Lektion finden Sie eine Übersicht zu Isolationswerten verschiedener Bekleidungsstypen.



Die **Arbeitsschwere** beeinflusst die Wärmeproduktion des Menschen. Durch Abschätzung fließt sie in die Beurteilung der Klimasituation mit ein. Bei der Beurteilung der Arbeitsschwere sind auch die stark individuell geprägten Faktoren **Kondition** und **Konstitution** zu berücksichtigen. Sie führen zu einer individuell unterschiedlichen Beanspruchung der Beschäftigten.

In Anlage 3 dieser Lektion finden Sie Hinweise zu weiteren arbeitswissenschaftlichen Bewertungsverfahren.



**Raumklima-  
beobachtung**

Zur Beurteilung der klimatischen Arbeitsbedingungen reicht in den meisten Fällen eine sogenannte Raumklimabeobachtung aus. Dabei erfolgt zunächst eine grobe Einstufung der äußeren Klimafaktoren und personenbezogenen Einflussgrößen. Die Einstufung der subjektiven Größen bedarf der Beteiligung der betroffenen Beschäftigten. Für die Klimagrößen „Lufttemperatur“ und „rel. Luftfeuchte“ kann ein Risikograph Klima verwendet werden. Auf dieser Basis erfolgt die Feststellung, ob Handlungsbedarf besteht.

**Raumklimaanalyse  
durch Experten**

Bei komplexeren und problematischen Klimabedingungen, z. B. bei Zugluft, die nicht durch einfache Maßnahmen (z. B. zur Begrenzung der Luftgeschwindigkeit) in den Behaglichkeitsbereich gebracht werden können, sind Raumklimaanalysen durch Experten (wie z. B. die Fachkraft für Arbeitssicherheit) erforderlich.



Zu Raumklimabeobachtung ist insbesondere heranzuziehen:

- Beurteilung des Raumklimas ([BGI/GUV-I 7003](#))

Für Raumklimaanalysen sind folgende Quellen zu beachten:

- LASI-Veröffentlichung [LV 16](#): Kenngrößen zur Beurteilung raumklimatischer Grundparameter
- Hitzearbeit: Erkennen - Beurteilen – Schützen ([BGI 579](#))
- Beurteilung von Hitzearbeit - Eine Handlungshilfe für kleinere und mittlere Unternehmen ([BGI/GUV-I 7002](#))
- DIN 33403-3: Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung - Teil 3: Beurteilung des Klimas im Warm- und Hitzebereich auf der Grundlage ausgewählter Klimagesamtenmaße

## 5.5 Pflichten des Arbeitgebers



Der Arbeitgeber muss bei der Beurteilung der Arbeitsbedingungen auch die klimatischen Faktoren beachten und ermitteln, ob Gesundheitsgefährdung durch Klimafaktoren möglich ist. Ist dies der Fall, müssen eine Beurteilung vorgenommen und die erforderlichen Maßnahmen ergriffen werden.

Grundlegende Anforderungen an das Raumklima stellt die Arbeitsstättenverordnung. Vorgaben für einzelne Klimagrößen enthalten die Technischen Regeln für Arbeitsstätten.



Lesen Sie im Anhang der Arbeitsstättenverordnung die Abschnitte 3.5 und 3.6 sowie die zugehörigen Technischen Regeln für Arbeitsstätten

- [ASR A3.5](#) „Raumtemperatur“
- [ASR A3.6](#) „Lüftung“

## 5.6 Gestaltungskonzepte

Das Klima beeinflusst maßgeblich Gesundheit, Leistungsvermögen und Wohlbefinden des Menschen. Deshalb sind die gesundheitsförderlichen Wirkungen eines behaglichen Klimas anzustreben.

Ziel der Klimagestaltung ist also immer die **Schaffung eines behaglichen Klimas**. Die Gestaltungsziele sollen sich dabei nicht nur auf eine Klimagröße beziehen, sondern die Gesamtheit der Einflussgrößen auf das Klima berücksichtigen. Zum Klima gibt es konkrete Richtwerte in den Vorschriften oder aus Studien, die für die Bildung von Gestaltungszielen herangezogen werden können.

Zielsetzung

Ist aufgrund der Arbeitssituation kein behagliches Klima zu erreichen, muss eine Annäherung angestrebt werden. Ergänzend sind ggf. Begrenzungen für Zeiten unter extremen Klimabedingungen vorzusehen (Wechselerarbeit, Pausenregelungen etc.).

Bei der konkreten Gestaltung des Klimas ist analog zu den anderen Gefährdungsfaktoren nach der Maßnahmenhierarchie vorzugehen.

### Gefahrenquelle vermeiden

- ⇒ Klimatisch günstige Architektur und Bauweise von Gebäuden, z. B. Zugluft durch entsprechende Bauweise ausschließen, Einsatz klimaregulierender Materialien, die auch Luftfeuchtigkeitsschwankungen ausgleichen, Vermeidung von sehr heißen bzw. kalten Außenflächen
- ⇒ Wärme- bzw. Kältequellen vermeiden, z. B. Einsatz von Energiesparlampen, die eine erheblich geringere Wärmeentwicklung haben als herkömmliche Leuchtmittel

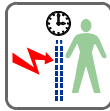


### Wirksamwerden der Gefahrenquelle technisch ausschließen

- ⇒ Anordnung von Wärme abstrahlenden Aggregaten außerhalb von Arbeitsräumen
- ⇒ Isolation von Wärme- bzw. Kältequellen
- ⇒ Hohe Luftwechselrate ohne Zugerscheinungen (gezielte Luftführung)
- ⇒ Örtliche Lüftungsmaßnahmen usw. (etwa Erfassung von feuchter Luft in Küchen, Wäschereien, direkt an der Quelle)
- ⇒ Örtliche Kühlung, z. B. durch Luftduschen, Speziallüfter, Raumlüftung bzw. raumluftechnische Anlagen
- ⇒ Klimaanlage (möglichst individuell regelbar und regelmäßig gewartet)



- ⇒ Einsatz wärmeisolierender Fußbodenbeläge, wärmeisolierender Arbeits- und Fahrersitze
- ⇒ Individuelle Klimaregelung;  
Optimal ist, wenn jeder Beschäftigte sein Klima selbst regeln kann (z. B. in Einzelbüros).



### Wirksamwerden der Gefahrenquelle organisatorisch ausschließen

- ⇒ Einrichtung von Aufwärmräumen, klimatisierten Pausen- und Umkleieräumen
- ⇒ Reduzierung der Arbeitsschwere
- ⇒ Expositionszeit reduzieren durch Pausengestaltung, z. B. Reduzierung der Aufenthaltszeiten in warmen oder kalten Räumen



### Einwirkung der Gefahrenquelle verhindern bzw. mindern

Lassen sich die klimatischen Gefährdungen nicht technisch ausschließen, ist der Einsatz **Persönlicher Schutzausrüstung** erforderlich. Ein klassisches Beispiel hierfür ist der Einsatz von Handschuhen und Wärmejacken bei Arbeiten in Kühltälern.

**Zusätzliche Belastungen berücksichtigen**

Persönliche Schutzausrüstung kann aber auch zusätzlich belastend wirken, z. B. beim Einsatz zum Schutz gegen Strahlungswärme. Besonders zu beachten ist der Einsatz von Persönlicher Schutzausrüstung aufgrund vorhandener anderer Gefährdungsfaktoren. Oft wird dadurch die individuelle Klimasituation verschlechtert.



Maßnahmenkataloge zur klimatischen Gestaltung enthalten u. a.:

- Technische Regel für Arbeitsstätten [ASR A3.5](#) „Raumtemperatur“
- Beurteilung des Raumklimas ([BGI/GUV-I 7003](#))
- Klima im Büro, Antworten auf die häufigsten Fragen ([BGI 7004](#))
- Sonnenschutz im Büro ([BGI 827](#))
- Empfehlungen für heiße Sommertage in Arbeitsstätten.  
[www.baua.de](http://www.baua.de), Informationen für die Praxis, Handlungshilfen und Praxisbeispiele, Klima am Arbeitsplatz
- DIN 33403-5: Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung - Teil 5: Ergonomische Gestaltung von Kältearbeitsplätzen



## 6 Thermische Faktoren

Sie lernen in diesem Abschnitt die möglichen Gefährdungen durch thermische Faktoren sowie die entsprechenden Gestaltungskonzepte kennen.



### 6.1 Was sind thermische Gefährdungen und wie wirken sie auf den Menschen?

Gegenstände bzw. Medien mit heißen oder kalten Temperaturen können über die klimatischen Auswirkungen hinaus durch unbeabsichtigten oder beabsichtigten Hautkontakt oder Annäherung zu thermischen Gefährdungen führen (vgl. Übersicht 6.1).

Gefährdung	Mögliche Verletzungsfolgen
Kontakt mit heißen Medien 	Verbrennungen, Verbrühungen
Kontakt mit kalten Medien 	Schmerzepfinden, Taubheit, lokale Erfrierungen

Übersicht 6.1:  
Auswirkungen  
thermischer  
Gefährdungen

Von den thermischen Gefährdungen zu unterscheiden sind Hitze bzw. Kälte als klimatische Umgebungsbedingungen (vgl. Abschnitt 5). Als Wechselwirkungen können diese aber die Wirkung thermischer Gefährdungen verstärken (z. B. heiße Oberfläche bei warmer Umgebung) oder abschwächen (z. B. kalte Oberfläche in warmer Umgebung).

Einfluss auf mögliche Gefährdungen durch heiße oder kalte Medien haben:<sup>7</sup>

- ⇒ Oberflächentemperatur
- ⇒ Kontaktdauer
- ⇒ Oberflächenart (Material, Struktur, Beschichtung)
- ⇒ Dicke, Fläche und Beschaffenheit der betroffenen Hautpartien

Als Orientierung zur Einstufung möglicher Wirkungen beim Kontakt mit heißen Medien kann Abbildung 6.1 dienen.

<sup>7</sup> Vgl. Ratgeber zur Ermittlung gefährdungsbezogener Arbeitsschutzmaßnahmen im Betrieb, Abschnitt 6 (siehe weiterführende Literatur in Abschnitt 1).

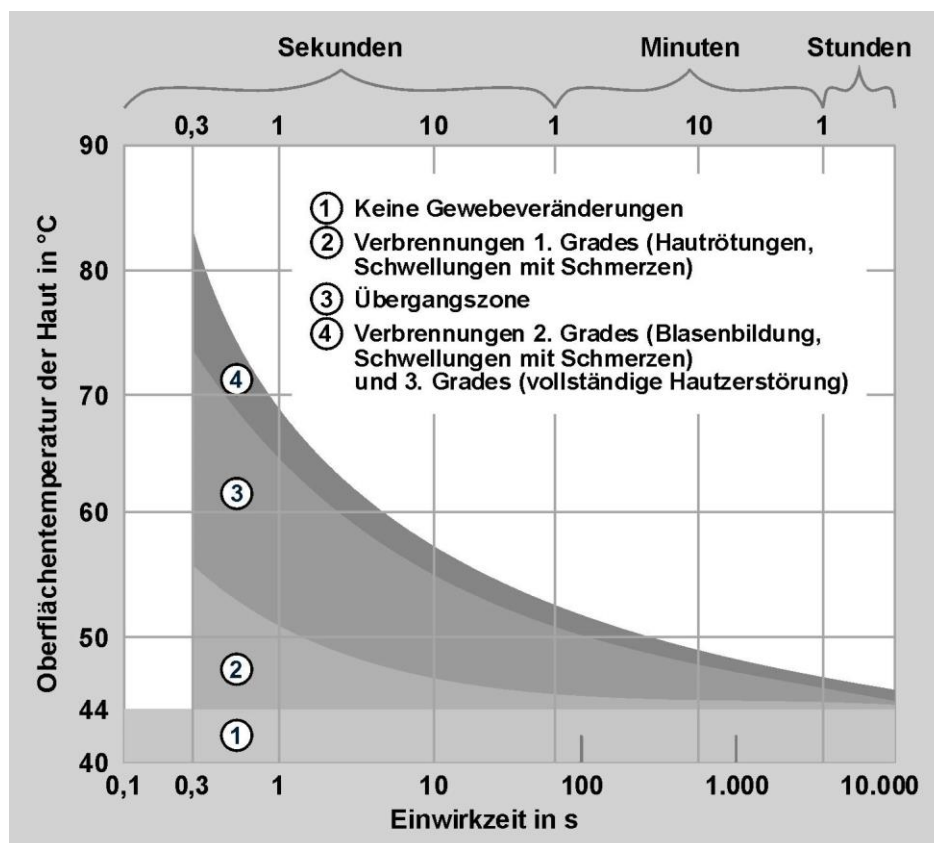


Abbildung 6.1:  
Grad der Verbrennung  
in Abhängigkeit  
von Hauttemperatur  
und Einwirkzeit<sup>8</sup>

Der Kontakt mit unerwartet sehr heißen bzw. kalten Medien kann unkontrollierte Reflexbewegungen auslösen.

Heiße Oberflächen oder Medien können auch Brände auslösen (vgl. Lektion 2).

## 6.2 Gefahrenquellen und Entstehungszusammenhänge

Gefahrenquellen für thermische Gefährdungen sind insbesondere kalte oder heiße Oberflächen (Rohrleitungen, Brennöfen, Herdplatten usw.), kalte oder heiße Stoffe (Flüssigkeiten, Heißdampf, Heißluft usw.) und offene Flammen. Heiße Oberflächen können auch durch thermische Bearbeitungsverfahren (z. B. Schweißen) oder Verfahren mit hoher Reibung (z. B. Schleifen) sowohl am Werkstück als auch am Werkzeug entstehen. Wegfliegende heiße Teile (z. B. Funken) können die Haut oder Kleidung treffen. Verschleiß oder mangelhafte Wartung kann zu erhöhter Reibung und Erwärmung von Geräteteilen führen.

Der zeitliche und räumliche Kontakt mit dem Menschen kann durch fehlende technische Einrichtungen oder organisatorische Faktoren begünstigt werden. Der Kontakt mit heißen Stoffen kann z. B. erfolgen durch unbeabsichtigtes Berühren heißer Oberflächen (Rohrleitungen,

<sup>8</sup> Nach Skiba, R.: Taschenbuch Arbeitssicherheit. Bielefeld: Erich Schmidt, 2000, S. 467.

Behälter usw.), beabsichtigtes Berühren (Handräder, Griffe usw.), durch Austreten oder Verspritzen von heißen Flüssigkeiten, durch Heißdampf und Heißluft sowie durch offene Flammen.

Dies gilt analog auch für das Berühren kalter Oberflächen (Transport von Tiefkühlkost) sowie bei Tätigkeiten mit Kältemitteln und verflüssigten tiefkalten Gasen (z. B. flüssiger Stickstoff).

### 6.3 Gefährdungen durch thermische Faktoren erkennen und beurteilen

Gefährdungen durch thermische Faktoren sind nur in extremen Fällen optisch sichtbar, wenn z. B. eine Oberfläche glühend heiß ist oder Frostbildung erkennbar ist.

Durch vorsichtige Annäherung an eine mögliche Gefahrenquelle (Strahlungseinwirkung) oder kurzzeitiges Berühren können thermische Faktoren grob abgeschätzt werden. Dabei muss man sich jedoch der eigenen Gefährdung bei der Berührung bewusst sein.

Sicherer und genauer ist das Messen der Oberflächentemperatur mittels eines geeigneten Messgeräts. Geeignet ist ein Strahlungsthermometer (auch Pyrometer genannt; preiswert und praktikabel) oder eine Wärmebildkamera (Thermografiekamera; teuer).

### 6.4 Gestaltungskonzepte

Eine grundlegende Forderung enthält Anhang 1 BetrSichV. Hier heißt es in Punkt 2.10:

*„Sehr heiße oder sehr kalte Teile eines Arbeitsmittels müssen mit Schutzeinrichtungen versehen sein, die verhindern, dass die Beschäftigten die betreffenden Teile berühren oder ihnen gefährlich nahe kommen.“*

Obwohl das Geräte- und Produktsicherheitsgesetz in erster Linie für den Hersteller von technischen Arbeitsmitteln gilt, sind grundlegende Schutzziele auch für den Benutzer anwendbar. Orientierung hierzu gibt Anlage I Abschnitt 1.5.5 der Maschinenrichtlinie 98/37/EG:

*„Es müssen Vorkehrungen getroffen werden, um jegliche Verletzungsgefahr – durch Berührung oder Aufenthalt in unmittelbarer Umgebung – durch Teile oder Materialien mit hoher oder sehr niedriger Temperatur zu vermeiden. Gefahren durch Spritzer von heißen oder sehr kalten Materialien müssen ermittelt werden. Falls solche Gefahren existieren, müssen die zur ihrer Vermeidung notwendigen Maßnahmen ergriffen werden und, falls dies technisch nicht möglich ist, müssen sie entschärft werden.“*

Die weiteren Konzepte für Benutzer orientieren sich wieder an der Rangfolge der Wirksamkeit von Maßnahmen.



### Gefahrenquelle vermeiden

An erster Stelle muss der Versuch stehen, die zu heißen Oberflächentemperaturen oder die Temperatur eingesetzter Stoffe zu senken oder die Kältebelastung zu reduzieren. Dies ist durch Temperaturregelsysteme mit Begrenzung oder Senkung der Temperatur möglich.

Regelmäßige vorausschauende Instandhaltung kann durch Schmierer Erhitzen durch Reibung vermeiden.

Ist das Entstehen der Wärmeenergie nicht vermeidbar, können durch Kühlung während oder unmittelbar nach der Bearbeitung hohe Oberflächentemperaturen vermieden oder sofort wieder verringert werden.



### Wirksamwerden der Gefahrenquelle technisch ausschließen

Technische Schutzmaßnahmen sind zu ergreifen, wenn die Temperaturen nicht beeinflusst werden können. Dies kann geschehen durch:

- ⇒ Isolierung (z. B. auf Rohrleitungen)
- ⇒ Trennende Schutzeinrichtungen (z. B. Abschirmungen, Absperren)
- ⇒ Einsatz von Hilfsmitteln für den Umschlag und Transport heißer bzw. kalter Produkte
- ⇒ Verringerung von Kontaktflächen durch Strukturierung der Oberflächen (z. B. durch Aufrauen, Rippen, Noppen)



### Einwirkung der Gefahrenquelle verhindern bzw. mindern

Persönliche Schutzausrüstungen können mögliche Verletzungen verhindern (z. B. Schutzhandschuhe oder auch Schutzkleidung gegen Kälte oder Hitze).



### Arbeitsschutzgerechtes Verhalten

Durch Warnzeichen, optische und akustische Warnsignale kann auf die Gefährdung hingewiesen werden. Verhaltensregeln und entsprechende Unterweisungen können Gefährdungen zwar nicht wirksam vermeiden, aber unterstützend auf entsprechende Verhaltensweisen der Beschäftigten Einfluss nehmen.



Vertiefende Informationen zur Beurteilung des Verbrennungsrisikos und zu Schutzmaßnahmen gegen Verbrennungen enthält der Sonderdruck „Schutz vor Verbrennungen durch heiße Oberflächen“ von H. Siekmann.



## 7 Lärm

In diesem Abschnitt wird die vielfältige Wirkung von hörbarem Schall auf die Gesundheit der Menschen behandelt. Sie lernen Entstehungszusammenhänge kennen und wie man Lärm erkennen kann. Sie machen sich mit den rechtlichen Pflichten des Arbeitgebers sowie Gestaltungskonzepten zum Schutz vor Lärm vertraut.



### 7.1 Was ist Lärm?

**Lärm<sup>9</sup> ist hörbarer Schall, der die Gesundheit der Menschen in ihrem körperlichen und/oder seelischen Wohlbefinden schädigen, beeinträchtigen oder belästigen kann.**



Lärm

Physikalisch entsteht hörbarer Schall durch periodische Druckschwankungen der Luft mit Frequenzen zwischen 16 und 20.000 Hz (Hz = Hertz als Schwingungen pro Sekunde. Schall ist durch verschiedene Merkmale gekennzeichnet (vgl. Übersicht 7.1).

<b>Zeitlicher Verlauf des Geräuschs</b>	Er kann sich als Dauengeräusch oder als kurzer Knall oder Impuls (z. B. durch einen Hammerschlag) äußern.
<b>Frequenzspektrum (Tonhöhe)</b>	Es können hochfrequente (z. B. pfeifende, klirrende, zischende) bis niederfrequente (z. B. brummende) Geräusche oder eine Mischung von Schall unterschiedlicher Frequenzen auftreten.
<b>Schwingungsstruktur</b>	Es kann sich um weiche (sogenannte Sinus-Klänge) oder harte, an den Nerven zerrende Töne (sogenannte Sägezahn-Klänge) handeln.
<b>Lautstärke</b>	Die Druckschwankungen können gerade noch hörbar leise oder schmerzhaft laut sein.
<b>Inhalt des Geräuschs</b>	Es kann sich um Warnsignale, inhaltsleeres Rauschen, verständliche Sprache oder Musik unterschiedlicher Stilrichtungen handeln.
<b>Richtung</b>	Das Geräusch kann von vorn, hinten, seitlich oder von oben an die Ohren dringen, oder die Herkunft des Geräuschs ist nicht erkennbar.

**Übersicht 7.1:**  
**Merkmale des Schalls**

Das menschliche Gehör kann eine extrem große Lautstärkebandbreite wahrnehmen. Gerade noch hörbare Geräusche an der Hörschwelle liegen bei einem Billionstel ( $10^{-12}$ ) der Schalleistung der Schmerzgrenze. Das Lautstärkeempfinden des Menschen ist nicht dem Schalldruck, sondern dem Logarithmus des Schalldrucks proportional. Deshalb werden Schallereignisse durch den **Schalldruckpegel in Dezibel** (dB, amerikanischer Telefonerfinder **Alexander Graham Bell**)<sup>10</sup> angegeben.

**Lautstärkeeinheit:**  
**Dezibel = dB**

<sup>9</sup> Das Wort „Lärm“ stammt von ital. *all'arme*, „zu den Waffen!“, und ist mit „Alarm“ verwandt.

<sup>10</sup> Eine Erhöhung um 1 Bel = 10 dB entspricht der Verzehnfachung der Schalleistung.

Die Empfindlichkeit des Gehörs ist zudem für Töne unterschiedlicher Frequenz nicht konstant. Töne mittlerer Frequenzen werden sehr viel empfindlicher wahrgenommen als sehr tiefe oder sehr hohe Töne (vgl. Abbildung 7.1). Durch frequenzbewertete Filter können diese Unterschiede gehörgerecht korrigiert werden. Hierfür kommen Dämpfungskennlinien zur Anwendung, die mit A, B oder C bezeichnet sind. Für Dauergeräusche ist die Dämpfungskennlinie A üblich – daher dB(A), für Impuslärm die Dämpfungskennlinie C. Die Hörschwelle liegt bei 0 dB(A), die Schmerzgrenze bei ca. 120 dB(A) (vgl. Abbildung 7.2).

Abbildung 7.1: Geräuschwahrnehmung des Gehörs für unterschiedliche Frequenzen

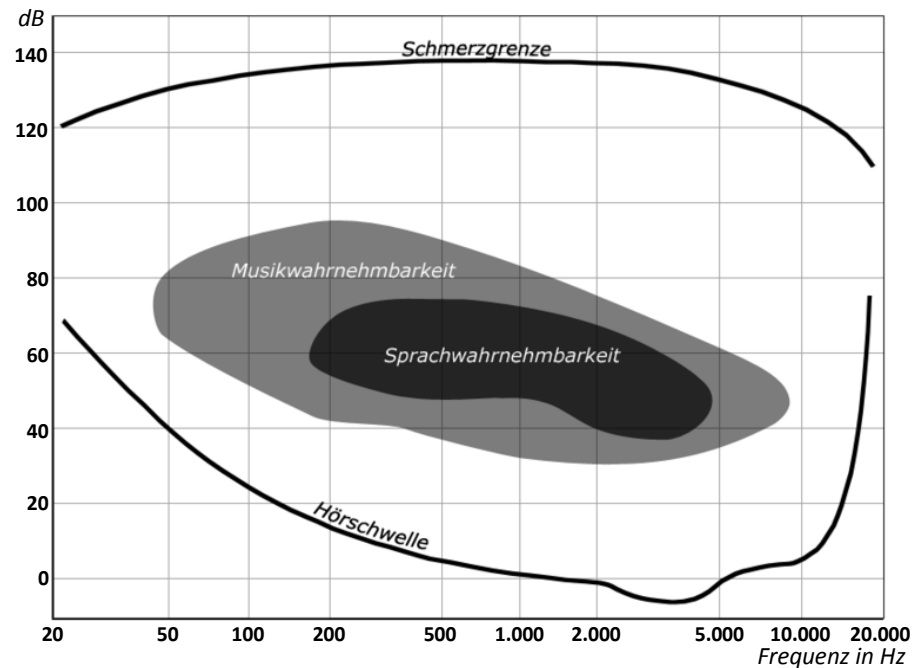
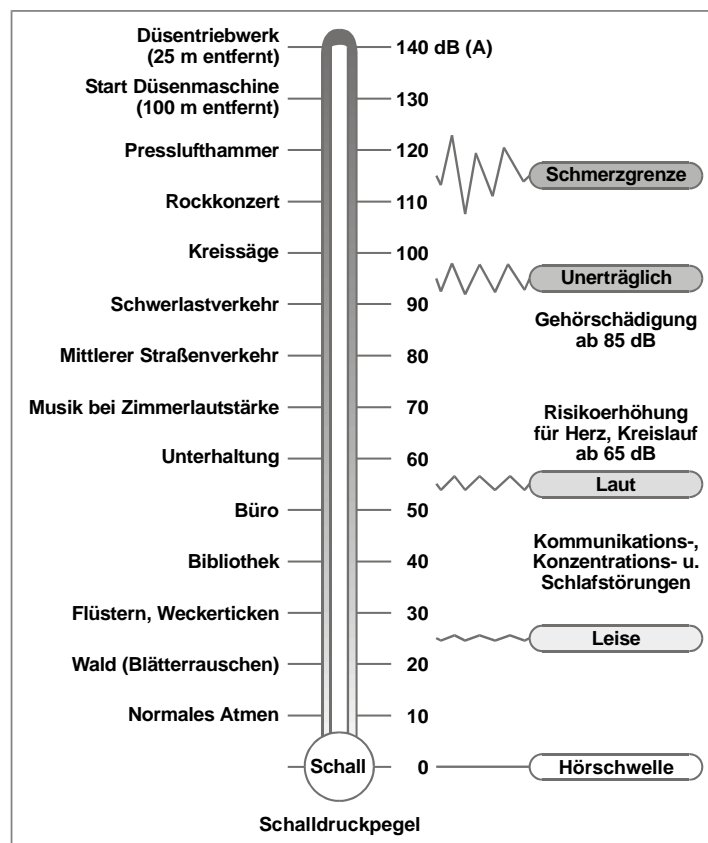


Abbildung 7.2: Lautstärke unterschiedlicher Geräuschquellen



In Deutschland sind mehr als 50 % der Erwerbstätigen in Produktionsberufen und ca. 15 % der Erwerbstätigen im Dienstleistungsbereich belastendem Lärm ausgesetzt. Durch Leistungsverdichtung bezüglich der Arbeitsaufgaben und Arbeitszeit sowie Leistungssteigerung der Maschinen nimmt die Lärmbelastung eher noch zu.

## 7.2 Wirkung auf den Menschen

Lärm kann das Wohlbefinden und die Gesundheit vielfältig beeinträchtigen und gefährden. Einen Überblick gibt Abbildung 7.3.<sup>11</sup>

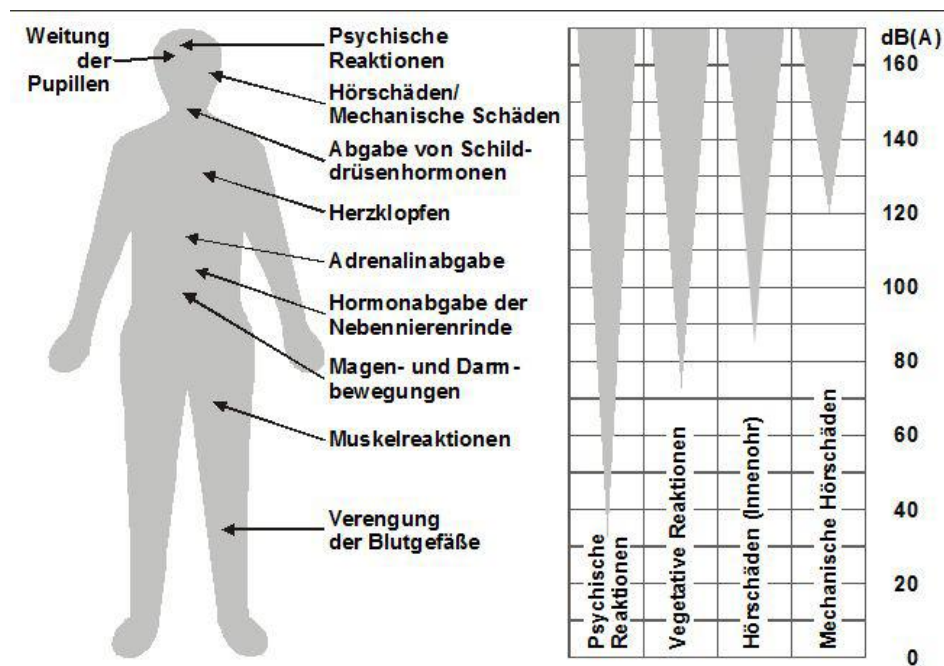


Abbildung 7.3: Auswirkungen des Lärms auf den menschlichen Organismus

Ob ein Geräusch als „Lärm“ empfunden wird, hängt von zahlreichen Faktoren ab:

⇒ Äußere Faktoren

wie die in Übersicht 7.1 genannten Geräusche sowie Tätigkeitsanforderungen (Komplexität, Konzentration, Dauer) und Tageszeit

⇒ Individuelle Faktoren

wie Einstellung zur Geräuschquelle, dem Geräusch und der Tätigkeit, Einsicht in die Notwendigkeit, Beeinflussbarkeit des Geräuschs, Erwartungen an die Umgebung, Erziehung und Tradition, aktuelle Stimmungs- und Anspannungslage, Alter, Geschlecht, gesundheitliche Konstitution

Psychische Wirkungen

Bereits ab der sehr geringen Lautstärke von 30 dB(A) können bestimmte Geräusche zu **Ärger, körperlicher Anspannung, Angst, Nervosität,**

<sup>11</sup> in Anlehnung an Bullinger, H.-J.: Ergonomie. Stuttgart, 1994, S. 132.

**Kopfschmerzen** oder **Resignation** führen. Solche als unangenehm empfundene Geräusche können z. B. sein:

- ⇒ Leises Flüstern über ein interessantes Thema nebenan bei konzentrierter geistiger Büroarbeit
- ⇒ Pfeifgeräusche eines (ausgeschlagenen oder verschmutzten) Computergebläses
- ⇒ Leise Musik eines ungeliebten Musikstils
- ⇒ Sprache in einem lauten Grundschallpegel der Umgebung, der die Verständlichkeit beeinträchtigt
- ⇒ Geräusche, deren Herkunft und Bedeutung nicht erkannt und nicht eingeordnet werden können.

#### Vegetative Wirkungen

Das menschliche Ohr ist für die Wahrnehmung sehr leiser Geräusche angelegt. Laute Geräusche signalisieren tendenziell „Alarm“, auf den jeder Mensch unterschiedlich und unterschiedlich stark reagiert. Ab einem Geräuschpegel von ca. 65 dB(A) beginnt der Körper Stresshormone auszuschütten. Darauf reagiert das Zentralnervensystem u. a. mit Pupillenerweiterung, beschleunigtem Herzschlag, erhöhtem Blutdruck, erhöhter Atemrate, Durchblutungsstörungen durch Verengung der Blutgefäße, Störung der Magen- und Darmaktivität sowie Gesichtsfeldeinschränkung. Signalverarbeitung und Reaktionsleistung verzögern sich, Aufmerksamkeit und Konzentration sind herabgesetzt, Fehlerquote und Risikobereitschaft erhöht. Kurzfristige Folgewirkungen können insbesondere Müdigkeit, Schlafstörungen, Schwächung des Immunsystems und erhöhte Allergieanfälligkeit sein. Diese Wirkungen nehmen mit der Dosis, also mit steigender Lautstärke und Expositionsdauer zu.

Aber auch andere Faktoren wie z. B. unerwartete Knallgeräusche sowie unbekanntes Herkunft und Bedeutung von Geräuschen können diese Wirkungen stark beeinflussen.

Das menschliche Gehör selbst ist sehr belastbar, sodass es erst bei höheren Geräuschpegeln zu kurzfristigen Gehörbeeinträchtigungen wie z. B. Taubheitsgefühl oder Ohrengeräuschen (Pfeifen, Rauschen) kommt. Je nach Geräuschbelastung und individueller Konstitution erholt sich das Gehör nach einer Ruhephase. Es kann sich aber auch ein Tinnitus (bleibende Ohrengeräusche) oder ein Knalltrauma (plötzlicher starker Hörverlust z. T. mit Ohrengeräuschen und Schwindel) einstellen. Tinnitus und Knalltrauma können ohne sofortige klinische Behandlung zu bleibender Gehörschädigung führen.

Ab einem Geräuschpegel von etwa 120 dB(A) treten starke Schmerzen im Innenohr auf, die **Schmerzschwelle** wird überschritten. Sie sind Anzeichen für eine unmittelbar stattfindende bleibende mechanische Schädigung des Gehörs (Zerstörung der Sinneshärchen und der Haarzellen im Innenohr), die schon nach kurzer Einwirkung zu Schwerhörigkeit bis zur Ertaubung führen können.

Eine sehr kurze Schalleinwirkung mit extrem hohem Schalldruck (Schüsse, Knallkörper) führt zu einer Schädigung des Innenohrs (Knalltrauma). Explosionen können das Trommelfell und das Mittelohr verletzen (Explosionstrauma).

Die bisher genannten kurzfristigen Wirkungen des Lärms sind von den **Langzeitwirkungen** zu unterscheiden. Sie werden häufig unterschätzt, weil ihre Schädigungswirkung bereits deutlich unterhalb der akut als unangenehm, störend oder schmerzhaft wahrgenommenen Geräuschpegel einsetzt und häufig zu irreparablen Schäden führt. Beispiele sind Bluthochdruck, Herz-Kreislaufkrankungen, erhöhtes Herzinfarktrisiko (beschleunigte Alterung des Herzens) und Erkrankungen des Verdauungssystems (z. B. Magengeschwüre) oder Funktionsstörung des Sprechorgans bei ständigem Sprechen (Schreien) bei erhöhtem Grundschallpegel.

Die bekannteste Langzeitwirkung ist die Ausbildung einer **Lärmschwerhörigkeit**, bei der durch sich ständig wiederholende Lärmbelastung die Sinneshärchen des Innenohres für die besonders belastenden Frequenzbereiche geschädigt und dauerhaft zerstört werden. Lärmschwerhörigkeit tritt bei Langzeitbelastung **ab einem Tageslärmaxpositionspegel<sup>12</sup> von 85 dB(A)** ein. Aufgrund der unten genannten Wechselwirkungen mit anderen Faktoren muss aber auch unterhalb von 85 dB(A) mit Gehörschädigungen gerechnet werden. Arbeitsbedingte Lärmschwerhörigkeit ist bei Weitem die häufigste Berufskrankheit.<sup>13</sup> Jedes Jahr werden ca. 7.000 Verdachtsfälle berufsbedingter Lärmschwerhörigkeit angezeigt.

Lärmschwerhörigkeit

Insbesondere bei jüngeren Lärmexponierten haben die ersten Expositionsmonate die höchste Schädigungswirkung.<sup>14</sup> Der lärmbedingte Hörverlust überlagert und verstärkt dabei den altersbedingten Hörverlust: Erworbene Hörverluste werden zunächst nicht bemerkt, wirken sich aber Jahrzehnte später mit der altersbedingten Abnahme der Hörfähigkeit unaufhaltsam aus und führen zu früherer Lärmschwerhörigkeit.

Der Lärmbelastungsrechner ermöglicht es, bei wählbaren Lärmbelastungen der Hörverlust über die Jahre zu simulieren:

[www.dguv.de: Lärmbelastungsrechner](http://www.dguv.de/Laermbelastungsrechner)

Die Hörbeispiele vermitteln einen Eindruck, was ein Hörgeschädigter im Vergleich zu einem Nicht-Hörgeschädigten hört:

[www.dguv.de: Gehörschäden und ihre Folgen](http://www.dguv.de/Gehorschaden_und_ihre_Folgen)



<sup>12</sup> Im Regelfall schwankt der Schallpegel bei der Arbeit mehr oder weniger stark. Der Tages-Lärmaxpositionspegel  $L_{EX,8h}$  entspricht dem mittleren Schalldruckpegel über eine Arbeitsschicht von acht Stunden und geht davon aus, dass außerhalb der Arbeitszeit keine nennenswert zusätzliche Lärmbelastung auftritt und daher als Erholungszeit angesehen werden kann. Das ist jedoch nicht immer der Fall (siehe Wechselwirkungen mit anderen Faktoren).

<sup>13</sup> Berufskrankheit Lärm (BK 2301).

<sup>14</sup> 5 % der 20- bis 50-jährigen Lärmexponierten haben bereits nach einem Jahr Lärmaxexposition bei 85 dB(A) eine Hörminderung von 4 dB, die sich bei weiter bestehender Exposition in den nächsten 30 Jahren um nur 2 dB auf 6 dB erhöht – zusätzlich zur altersbedingten Abnahme der Hörfähigkeit.

<b>Besonders gefährdete Personengruppen</b>	<p>Bestimmte Personengruppen können durch Lärm besonders gefährdet und damit schutzbedürftig sein. Hierzu zählen z. B.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Schwangere (zum Schutz des Fötus)</li> <li>⇒ Jugendliche</li> <li>⇒ Beschäftigte mit Vorerkrankungen (z. B. bereits eingetretener Gehörschädigung)</li> <li>⇒ Auszubildende, Berufsanfänger, Praktikanten (aufgrund ihrer geringen Berufserfahrung und Kenntnisse zum lärmarmen Verhalten)</li> <li>⇒ Leiharbeitnehmer</li> </ul>
<b>Wechselwirkungen mit anderen Faktoren</b>	<p>Viele andere Faktoren können die psychischen und physischen Wirkungen des Lärms verstärken und beschleunigen, insbesondere Schichtarbeit, Zeitdruck und Überforderung, Rauchen, Vibrationen, bestimmte Gefahrstoffe und Medikamente (sogenannte Ototoxine<sup>15</sup>). Nicht zu unterschätzen ist auch die zusätzliche Wirkung von Lärm außerhalb der Arbeitszeit bei der Nachtruhe, im Straßenverkehr, bei musikalischen Veranstaltungen (Konzert, Disco) und durch MP3-Player oder Smartphones. In diesen Fällen können die jeweiligen Wirkungen bereits bei niedrigeren Lärmpegeln und nach kürzerer Expositionsdauer einsetzen.</p>
<b>Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit</b>	<p>Lärm kann die Leistungsfähigkeit des Menschen deutlich verringern. Um bei Lärm eine Verständigung zu erreichen, muss lauter gesprochen und konzentrierter hingehört, ggf. nachgefragt werden. Dadurch wird der Mensch abgelenkt und die Konzentration lässt nach. Hinzu kommt die Ermüdung durch die o. g. psychischen und physischen Wirkungen des Lärms. Fehler treten auf und die Tätigkeit nimmt mehr Zeit in Anspruch. So verdoppelt sich die Fehlerhäufigkeit bei Sachbearbeitertätigkeiten schon bei einem Geräuschpegel von 50 bis 60 dB(A). Bei 70 bis 80 dB(A) nimmt die Leistungsfähigkeit deutlich um mehr als ein Drittel ab, d. h., man braucht 50 % mehr Zeit, um das gleiche Ergebnis wie in Ruhe zu erzielen.<sup>16</sup></p>
<b>Lärm als unfallbegünstigender Faktor</b>	<p>Bei Lärm sind die mit Geräuschen verbundenen Vorgänge in der Umgebung nur noch eingeschränkt wahrnehmbar. Neben den Schrecksituationen (plötzlich taucht ein Mensch oder ein Fahrzeug auf) und psychischen Belastungen durch das entsprechende Unsicherheitsgefühl können aber auch unmittelbare Unfallgefährdungen eintreten (z. B. wird ein herannahendes Fahrzeug überhört oder zu spät gehört, der Fahrweg betreten oder nicht rechtzeitig ausgewichen). Auch ist das Überhören von Warnrufen und -signalen (z. B. Hupen bei Gleis-</p>

<sup>15</sup> Ototoxine sind das Innenohr zerstörende chemische Stoffe wie z. B. Lösungsmittel (Alkylbenzole, Benzol, Xylol, Styrol, Toluol, n-Heptan, n-Hexan, Tri- und Tetrachlorethen), Schwermetalle (Blei, Cadmium, Quecksilber), Arsen, Schwefelkohlenstoff, Kohlenmonoxid, Kohlendisulfid, Zyanide, Arzneimittel (Antibiotika, Aminoglykoside), Zytostatika (Cisplatin), Diuretika (Furosemid), Chinin (u. a. Inhaltsstoff in Bitter Lemon und Tonic Water), Salicylate (Acetylsalicylsäure, Wirkstoff in Aspirin), Protonenpumpeninhibitoren (Omeprazol).

<sup>16</sup> Vgl. Ising, H.; Sust, C.A.; Plath, P.: Lärmwirkungen: Gehör, Gesundheit, Leistung. Dortmund, 2004. (Broschüren-Reihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Gesundheitsschutz 4). – ISBN 3-88261-435-8.

bauarbeiten als Zeichen eines sich nähernden Zuges oder bei rückwärtsfahrenden Radladern oder Lkw) möglich. Ein nicht unerheblicher Teil der Transportunfälle ist auf solche Situationen zurückzuführen (vgl. Abschnitt 3).

Die bisher beschriebenen Lärmwirkungen führen zu einer allenfalls grob abschätzbaren Anzahl von Arbeitsunfähigkeitstagen, mit entsprechendem wirtschaftlichen Schaden. Allein für die fast 50.000 Rentenfälle zur Berufskrankheit „Lärmschwerhörigkeit“ müssen die Unfallversicherungsträger jährlich über 150 Mio. € aufbringen. Medizinische und berufliche Rehabilitationsleistungen sowie die betrieblichen Ausfallkosten kommen hinzu und sind vermutlich noch deutlich höher anzusetzen.

**Wirtschaftliche  
Folgen**

Irreparable Schädigungen wie Lärmschwerhörigkeit können weitreichende Einschränkungen der Lebensqualität, der Entfaltungsmöglichkeiten und der Leistungsfähigkeit sowohl im Privat- als auch im Erwerbsleben zur Folge haben. Bestimmte Tätigkeiten, die ein gutes Gehör erfordern, wie z. B. Telefonieren, können nur noch eingeschränkt ausgeübt werden. Im normalen Gespräch ist die Verständigung z. T. stark beeinträchtigt. Das führt nicht selten zur Vereinsamung. Und nicht zuletzt verschlechtert sich in vielen Fällen auch die finanzielle Situation, wenn eine Arbeitsunfähigkeitsrente die Verluste des bisherigen Einkommens nicht ausgleicht.

**Soziale Wirkungen  
und Folgen**

Zur Vertiefung wird die [Broschüre „Lärmwirkungen: Gehör, Gesundheit, Leistung“](#) in der Reihe „Gesundheitsschutz“ Nr. 4, herausgegeben von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund 2004, empfohlen.



### 7.3 Gefahrenquellen, gefahrbringende Bedingungen und Entstehungszusammenhänge

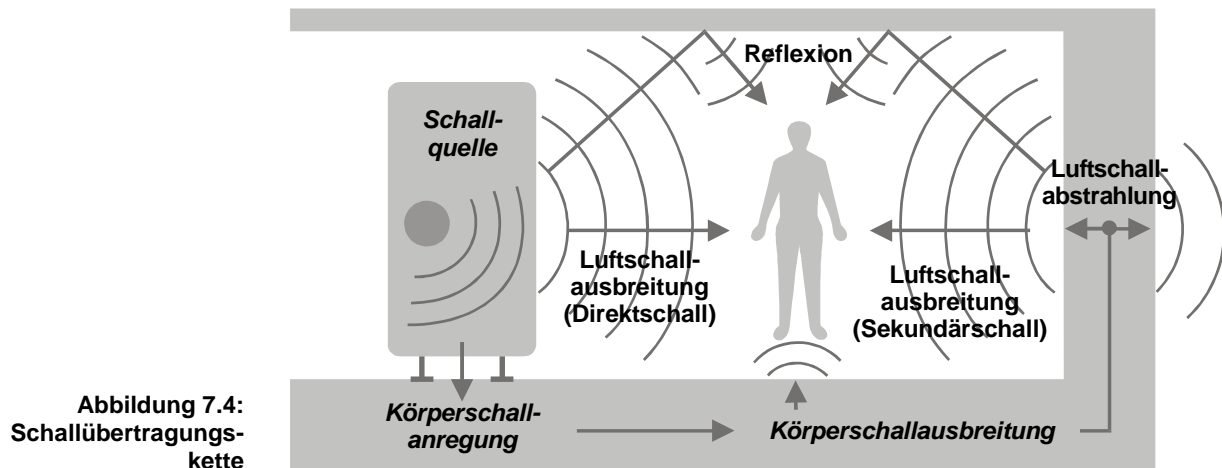
Gefahrenquellen sind zunächst die meist kraftbetriebenen Werkzeuge, Geräte, Maschinen, Anlagen und sonstigen Einrichtungen, die durch Energieübertragung Schwingungen im hörbaren Frequenzbereich erzeugen. Typische derartige Schallquellen sind z. B. Kreissägen, Rüttler, Vibratoren, Stanzen, Druckluftdüsen oder Hämmer. Durch Steigerung der Leistungsfähigkeit der Arbeitsmittel und Beschleunigung der Produktion erhöht sich in vielen Fällen auch der Lärmpegel. Lärm kann aber auch aus externen Quellen wie Straßen-, Flug- oder Bahnverkehr, benachbarten Betrieben oder in der Nähe stattfindenden Bauarbeiten stammen.

**Gefahrenquellen**

An das menschliche Ohr dringen die Schwingungen über die Schallübertragungskette (vgl. Abbildung 7.4). Die Schallquelle kann direkt Luftschall erzeugen und/oder zunächst andere Körper, wie z. B. Gebäudeböden, auf denen die Schwingungsquelle steht, zur Schwingung anregen (Körperschall). Über die Gebäudemasse breiten sich

**Gefahrbringende  
Bedingungen**

dann die Schwingungen aus und strahlen den Schall (Luftschall) z. B. über die Wände in den Raum ab.



Sind mehrere Lärmquellen vorhanden, überlagern sie sich in ihrer Schallabstrahlung. Die Lärmbelastung nimmt zu. Da der Lärmpegel logarithmisch ist, erhöht sich der Lärmpegel einer Lärmquelle um 3 dB(A), wenn eine zweite gleich laute Lärmquelle hinzukommt.

An Wänden, Decken, Böden und im Raum befindlichen Gegenständen wird der Schall je nach Material unterschiedlich stark reflektiert. Bei Beton oder Kalk-Zement-Putz werden 95 % des Lärms reflektiert, bei bestimmten schallabsorbierenden Materialien dagegen weniger als 3 %. Bei hohem Reflexionsgrad wird die Situation über das Ohr so wahrgenommen, als stünde hinter der Wand noch einmal die gleiche Maschine, die den Schall durch die Wand abstrahlt. Auch hier nimmt die Lärmbelastung entsprechend zu. In geschlossenen Räumen erfolgt sogar eine mehrmalige Reflexion des Schalls an den verschiedenen Wänden. Der Schall wird sozusagen im Raum gefangen.



**Je nach Anzahl der Lärmquellen und schallreflektierender Wirkung der Raumflächen (sogenannte Raumakustik) kann sich der Lärmpegel deutlich um 10 bis 15 dB(A) über den Emissions-Schalldruckpegel der lautesten Lärmquelle erhöhen und auch bei Verstummen der Lärmquellen noch lange nachhallen.**

Mit zunehmendem Abstand von Lärmquelle bzw. Luftabstrahlungsfläche sinkt der Lärmpegel deutlich. Als Regel kann gelten, dass sich im Freien bei Verdoppelung der Entfernung von der Lärmquelle der Pegel um 6 dB(A) verringert. In Räumen liegt diese Schalldruckpegelabnahme je Abstandsverdopplung  $DL_2$  aufgrund des Reflexionsschalls zwischen 2 dB(A) bei kleineren Räumen ohne schallabsorbierende Flächen und 5 dB(A) in großen Räumen mit absorbierenden Flächen.

#### Entstehungs- zusammenhänge

Entstehungszusammenhänge für Lärmbelastungen können z. B. sein:

- ⇒ Einsatz lauter Arbeitsverfahren wie z. B. Hämmern, Stanzen, Pneumatik und Materialien mit hoher Körperschallübertragung und Luftschallabstrahlung wie Bleche, Holzbretter



- ⇒ Schrittweiser Zukauf lauter und leistungsstärkerer Werkzeuge, Geräte, Maschinen, Anlagen oder sonstiger Einrichtungsgegenstände über einen längeren Zeitraum, sodass sich der Lärmpegel schleichend erhöht
- ⇒ Keine Berücksichtigung raumakustischer Anforderungen bei der Errichtung des Gebäudes und der Gestaltung der Räume für die spätere Nutzung
- ⇒ Unzureichende Instandhaltung von Werkzeugen, Geräten usw., insbesondere Fehlen regelmäßiger Wartung

An welchen Stellen Ihres Zuständigkeitsbereichs rechnen Sie mit Lärmproblemen?

---

---

---

---

Auf welche Lärmquellen ist dieser Lärm zurückzuführen?

---

---

---

---

Wie sind diese Lärmquellen in den Betrieb gelangt bzw. entstanden?

---

---

---

---



## 7.4 Pflichten des Arbeitgebers

Grundlegende Rechtsquellen für den Arbeitgeber sind die Lärm- und Vibrationsarbeitsschutzverordnung (LärmVibrationsArbSchV)<sup>17</sup> sowie Nr. 3.7 im Anhang der Arbeitsstättenverordnung. Hinweise zur Umsetzung der LärmVibrationsArbSchV geben die „Technischen Regeln zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (TRLV Lärm)“. Darüber hinaus liefern Normen (hier insbesondere DIN EN ISO 11690) und arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse Orientierung zum Stand der Technik.

<sup>17</sup> Die in älteren Schriften teilweise noch zitierte Unfallverhütungsvorschrift „Lärm“ (BGV B3 bzw. GUV-V B3) wurde zurückgezogen.



Verschaffen Sie sich bitte einen ersten groben Überblick zum Aufbau und den Inhalten der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung und der TRLV Lärm. (Downloads unter [www.baua.de](http://www.baua.de), Themenbereich „Lärm und Akustik“)

**Pflicht zur Ermittlung und Beurteilung von Lärm**



Ist eine Lärmbelastung möglich, muss der Arbeitgeber nach § 3 Lärm-VibrationsArbSchV<sup>18</sup> alle mit dem Lärm verbundenen Gefährdungen fachkundig ermitteln und beurteilen (Beurteilung der Arbeitsbedingungen). **Da hierfür Fachkunde erforderlich ist, muss in der Praxis die Fachkraft für Arbeitssicherheit und/oder der Betriebsarzt beratend hinzugezogen werden** (vgl. § 5).

**Substitutionsprüfung und Lärminderung am Entstehungsort**

Bereits bei der Gefährdungsbeurteilung ist zu prüfen, ob weniger lärmintensive Alternativen bestehen (Substitutionsprüfung; § 3 (2)). Es sind zunächst alle Möglichkeiten der Lärmvermeidung bzw. -minderung am Entstehungsort auszuschöpfen (§ 7 (1, 2)).

Weitere Maßnahmen der Lärminderung bzw. Risikoüberwachung zur Vermeidung von Gehörschäden sind bei Erreichen bzw. Überschreiten sogenannter Auslösewerte zu ergreifen (vgl. Abbildung 7.5). Ist die Einhaltung der Auslösewerte nicht sicher zu ermitteln, sind fachkundige Messungen erforderlich (§ 3) (vgl. auch Anlage 5 dieser Lektion).

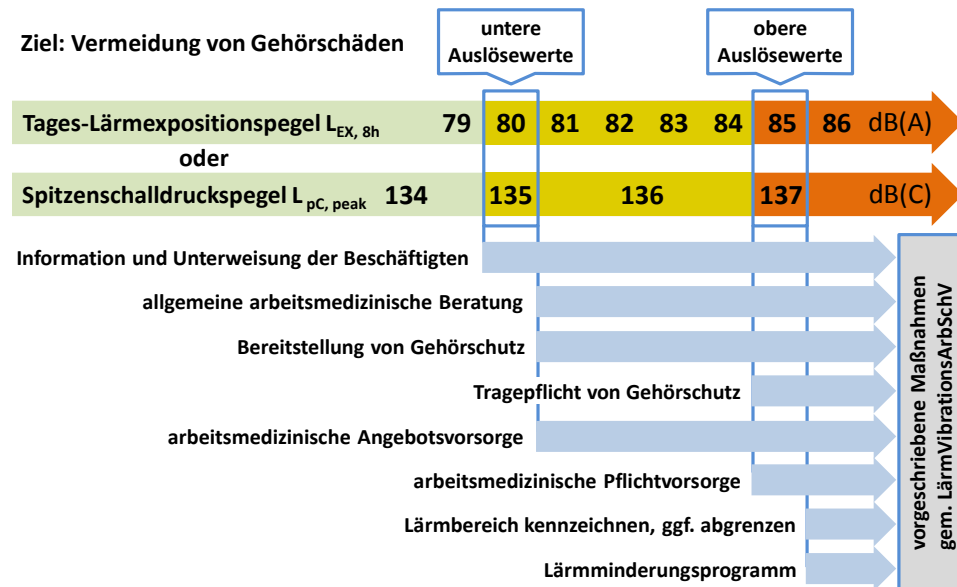


Abbildung 7.5: Vorgeschriebene Maßnahmen bei Erreichen bzw. Überschreiten der Auslösewerte

<sup>18</sup> Die folgenden Quellenhinweise in diesem Abschnitt beziehen sich soweit nicht anders angegeben auf die Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung.

Ab Erreichen der unteren Auslöseschwelle muss vor der Aufnahme der Tätigkeit und danach in regelmäßigen Abständen bzw. bei wesentlichen Änderungen eine Unterweisung der betroffenen Beschäftigten erfolgen, die mindestens die in § 11 genannten Informationen enthalten muss. Bei Überschreiten der unteren Auslöseschwelle muss die Unterweisung zusätzlich eine allgemeine arbeitsmedizinische Beratung z. B. durch den Betriebsarzt umfassen.

**Unterweisung und allgemeine arbeitsmedizinische Beratung**

Bei Überschreiten eines oberen Auslösewerts sind in einem umfassenden Lärminderungsprogramm technische und organisatorische Maßnahmen zur Verringerung der Lärmexposition auszuarbeiten und durchzuführen (§ 7 Abs. 5 unter Beachtung der Abs. 1 und 2).

**Lärminderungsprogramm**

Zur Erstellung und Durchführung eines Lärminderungsprogramms siehe

- [TRLV Lärm, Teil 3](#) „Lärmschutzmaßnahmen“, Abschnitt 7 sowie
- [BGI 675](#) Sicherheitstechnisches Informations- und Arbeitsblatt „Geräuschkinderung im Betrieb: Lärminderungsprogramm“.



Arbeitsbereiche, in denen einer der oberen Auslösewerte erreicht oder überschritten wird, sind als Lärmbereiche (vgl. nebenstehende Abbildung) zu kennzeichnen und falls technisch möglich, abzugrenzen. In diesen Bereichen dürfen sich Beschäftigte nur aufhalten, wenn das Arbeitsverfahren dies erfordert (§ 7 (4)).

**Lärmbereich**



**Gehörschutz**

Persönlicher Gehörschutz ist bereitzustellen, wenn die unteren Auslösewerte überschritten werden können. Ab Erreichen der oberen Auslösewerte muss der Arbeitgeber dafür Sorge tragen, dass die Beschäftigten den persönlichen Gehörschutz bestimmungsgemäß verwenden. Der Arbeitgeber ist also für die Durchsetzung der Tragepflicht verantwortlich. Durch die Auswahl von geeignetem Gehörschutz (vgl. Abschnitt 7.6) muss sichergestellt sein, dass die oberen Auslösewerte unter Einbeziehung der dämmenden Wirkung des Gehörschutzes (= Expositionsgrenzwerte) nicht überschritten und eine Gehörgefährdung beseitigt oder auf ein Minimum verringert werden (§ 8).

Wird ein unterer Auslösewert überschritten, sind den betroffenen Beschäftigten vor Aufnahme einer lärmexponierten Tätigkeit und in regelmäßigen Abständen Gehöruntersuchungen durch den Arbeitgeber anzubieten (§ 5 ArbMedVV). Wird ein oberer Auslösewert erreicht, sind diese arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen verpflichtend und Voraussetzung für die Ausübung der Tätigkeit (§ 4 ArbMedVV). Für die untersuchten Beschäftigten hat der Arbeitgeber eine Vorsorgekartei zu führen. Für den Umfang der Vorsorgeuntersuchungen enthält die Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) konkrete Anforderungen.

**Arbeitsmedizinische Vorsorge**



Zur arbeitsmedizinischen Vorsorge Lärm:

- Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 20 ([BGI/GUV-I 504-20](#))
- Sicherheitstechnisches Informations- und Arbeitsblatt „Geräuschkinderung im Betrieb: Lärmreduzierungsprogramm“ ([BGI 675](#))

#### Lärmarme Arbeitsstätten

Die oben genannten Schwellenwerte der LärmVibrationsArbSchV zielen auf die Vermeidung irreparabler Gehörschäden. Nach der Arbeitsstättenverordnung (Anhang, Nr. 3.7) muss der Arbeitgeber aber den Schalldruckpegel am Arbeitsplatz in Arbeitsräumen so weit reduzieren, dass keine Beeinträchtigungen der Gesundheit der Beschäftigten entstehen. Das schließt extraaurale Wirkungen auch unterhalb der Schwellenwerte mit ein.

#### Besonders gefährdete Personengruppen

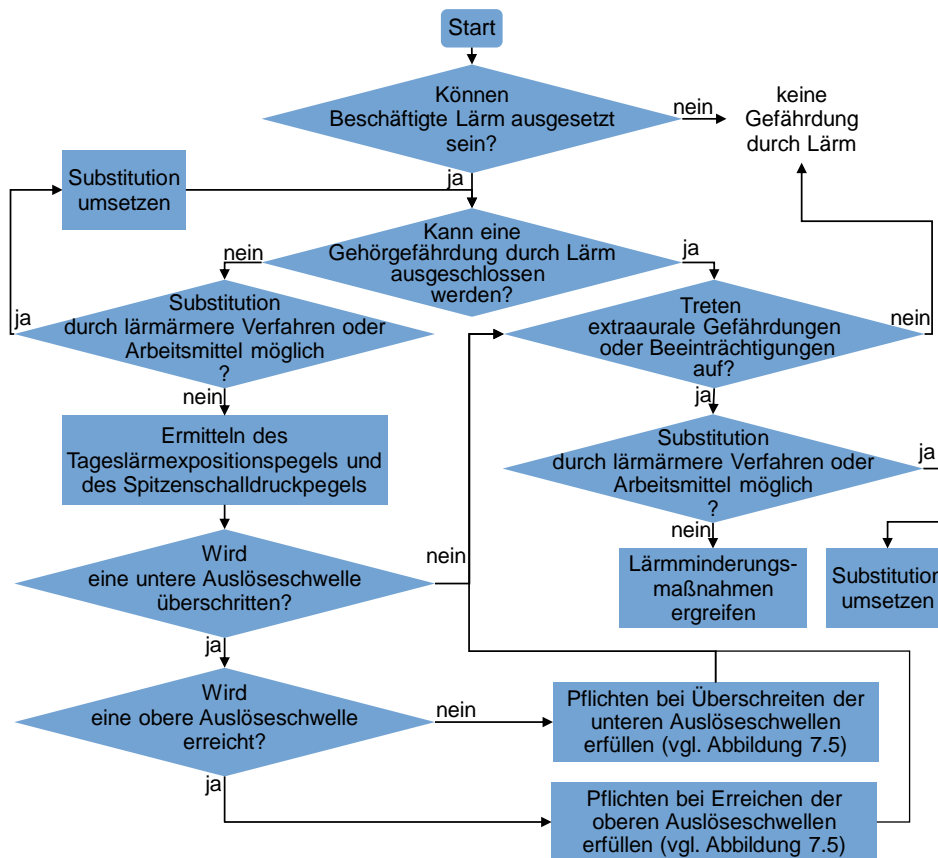
Für besonders gefährdete Personengruppen gelten zusätzliche Regelungen:

- ⇒ Schwangere dürfen nach dem Mutterschutzgesetz zum Schutz des Fötus aufgrund vegetativer Wirkungen nicht in Bereichen arbeiten, bei denen eine untere Auslöseschwelle durch technische Schallquellen überschritten wird; für Musiker gelten andere Regelungen.
- ⇒ Jugendliche dürfen nach dem Jugendarbeitsschutzgesetz nicht in Lärmereichen arbeiten, die eine obere Auslöseschwelle erreichen – unabhängig vom Einsatz von Gehörschutz. Zur Erreichung des Ausbildungsziels darf bei Jugendlichen über 16 Jahren unter fachkundiger Aufsicht hiervon abgewichen werden (mit ausreichendem Gehörschutz).
- ⇒ Ein bereits geschädigtes Innenohr darf nicht weiter durch Lärm belastet werden, um eine Verschlimmerung zu vermeiden.

## 7.5 Lärm erkennen und beurteilen

#### Können Beschäftigte Lärm ausgesetzt sein?

Abbildung 7.6 stellt das Vorgehen zum Ermitteln und Beurteilen von Lärm dar. Zunächst ist festzustellen, ob der Gefährdungsfaktor Lärm vorhanden ist und von daher Beschäftigte Lärm ausgesetzt sind oder sein können.



**Abbildung 7.6:**  
Vorgehen zum  
Ermitteln und  
Beurteilen von Lärm

Ob Beschäftigte Lärm ausgesetzt sind oder sein können, ist unabhängig von Lärmwahrnehmung oder -messung durch die Ermittlung möglicher Lärmquellen feststellbar, wie sie in Abschnitt 7.3 genannt sind.

**Lärmquelle feststellen**

Ist eine Lärmbelastung grundsätzlich möglich, ist zunächst zu klären, ob eine Gesundheitsgefährdung des Gehörs durch Lärm ausgeschlossen werden kann. Es handelt sich dabei um eine grobe worst-case-Abschätzung, ob die Lärmbelastung ausreichend gering ist, dass der Abstand zu kritischen Lärmbelastungen groß genug ist und von daher auf eine spezielle vertiefende Gefährdungsermittlung und Risikobeurteilung verzichtet werden kann.

**Gehörgefährdung ausschließbar?**

Mit Lärmbelastungen im kritischen Bereich muss vor allem gerechnet werden:

- ⇒ bei Tätigkeiten oder Aufenthalt in Lärmbereichen,
- ⇒ bei Tätigkeiten mit lauten Arbeitsmitteln,
- ⇒ bei Aufenthalt in lauter Umgebung, z. B. Baustellen oder Werkstätten,
- ⇒ Tätigkeiten oder Aufenthalt im Bereich lauter Musik,
- ⇒ wenn arbeitsmedizinische Untersuchungen Anhaltspunkte für Gehörschädigungen zeigen.



Übersichten zu Arbeitsverfahren, -bereichen, Arbeitsmitteln oder Berufen mit erhöhter Lärmexposition enthalten:

- Technische Regeln zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (TRLV Lärm) , Teil 1, [Anhang 1](#)
- Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 20 ([BGI/GUV-I 504-20](#)), Abschnitt 4

Vertiefende Zusammenstellungen typischer Lärmpegel zahlreicher Lärmsituationen stellt die Schweizerische SUVA unter [www.suva.ch](http://www.suva.ch) unter [Lärmtabellen](#) bereit.

#### Grobeinschätzung per Hörprobe und Befragung exponierter Beschäftigter

Das eigene Ohr kann – mit etwas Erfahrung – vorhandenen Lärm grob einschätzen. Das Gehör kann aber nicht beurteilen, ob bereits ein gesundheitsschädlicher Geräuschpegel erreicht ist. Erste Anhaltspunkte liefern aber gezielte Fragen der exponierten Beschäftigten nach den in Abschnitt 7.2 genannten Wirkungssymptomen.

#### Herstellerangaben

Weitere Anhaltspunkte können den Angaben zur Geräuschemission entnommen werden, die der Hersteller von Maschinen – nachdem er möglichst technische Lärminderung an der Quelle ergriffen hat – in der Betriebsanleitung und den Verkaufsunterlagen des Produktes angeben muss. Anzugeben sind<sup>19</sup> Schalldruckpegel über 70 dB(A) (darunter genügt die Angabe „70 dB(A)“), Spitzenschalldruckpegel über 130 dB(C) und Schalleistungspegel am Bedienerarbeitsplatz über 85 dB(A) bzw. ab 29.12.2009 über 80 dB(A). Ab 29.12.2009 sind zudem die Messunsicherheiten und die Angaben gleichlautend in Verkaufsprospekten wie in der Betriebsanleitung anzugeben.

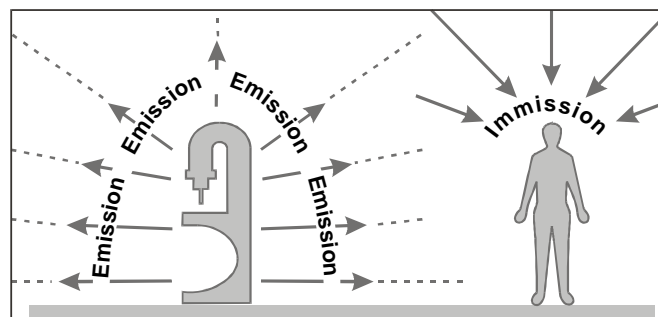


Abbildung 7.7:  
Unterschied  
Emission – Immission

Emissionsangaben sind jedoch klar von Immissionsangaben zu unterscheiden (vgl. Abbildung 7.7). Bei **Emissionen** handelt es sich um die Schallabstrahlung,

die von einer einzelnen Maschine im Betrieb oder vom Einsatz eines Verfahrens (z. B. Nägel mit dem Hammer in eine Kiste einschlagen) unter Normbedingungen ausgeht. **Immissionen** sind dagegen die Summe aller Emissionen, die an einem Arbeitsplatz auf den Beschäftigten einwirken. Darin gehen neben der Emission zusätzlich ein:

- ⇒ Lärmbeiträge durch Schallreflexionen im Aufstellungsraum
- ⇒ Lärmbeiträge anderer Lärmquellen im Raum

19 9. Verordnung zum Geräte- und Produktsicherheitsgesetz (9. GPSGV), beziehend auf Anhang I der EG-Maschinenrichtlinie, Anhang I, 1.5.8 (Pflicht zur technischen Lärminderung an den Quellen), Anhang 1, 1.7.4f (Geräuschangaben in der Betriebsanleitung), Anhang 1, 1.7.4d (Geräuschinformationen in Verkaufsunterlagen).

- ⇒ von außen in den Raum eindringende Geräusche
- ⇒ von den Normbedingungen abweichende Betriebsbedingungen

Die Immissionswerte, die auf Beschäftigte einwirken, sind in der Praxis in aller Regel um einige dB höher als die Emissionsangaben des Herstellers. Für die grobe Abschätzung kann auf den Merksatz aus Abschnitt 7.3 zurückgegriffen werden. Überschreitet der vom Hersteller angegebene Schalldruckpegel der lautesten Lärmquelle  $L_{pA}$  65 bis 75 dB(A), so kann je nach Einschätzung ergänzender Lärmbeiträge eine Überschreitung der Schwellenwerte nicht ausgeschlossen werden.

Geräuschkennzeichnungspflicht durch den Hersteller besteht zudem für 57 im Freien betriebene Geräte- und Maschinengruppen (Baumaschinen, Rasenmäher etc.).<sup>20</sup> Für einen Teil der Maschinen sind Grenzwerte für die Geräuschemission festgelegt. Bestimmte laute Maschinen und Geräte dürfen in Wohn-, Erholungs- und Kurgebieten sowie auf dem Gelände von Krankenhäusern und Pflegeanstalten nur zu eingeschränkten Zeiten betrieben werden, es sei denn, sie verfügen über das nebenstehende Umweltzeichen.



Umweltzeichen

Nähere Hinweise zu Lärmemissionsmessungen finden Sie in: DIN 45 635-1 „Geräuschmessung an Maschinen“.

Informationen zum Geräuschdatenblatt und zur Beschaffung lärmärmer Maschinen finden Sie unter [www.baua.de/prax/laerm](http://www.baua.de/prax/laerm)

Hinweise zu Grenzwerten des Immissionsschutzes finden Sie in der 6. Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz ([Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm](#)) sowie im [IFA-Handbuch](#): Lärmschutz des Menschen am Arbeitsplatz und in der Umwelt – Europäische und nationale Bestimmungen, Grenzwerte, Schutzmaßnahmen, Kennzahl 200 100.

Die betroffenen Geräte- und Maschinengruppen sind in der [Geräte- und Maschinenlärmschutzverordnung – 32. BImSchV](#) angegeben.



In Planungen, die zu (veränderten) Lärmimmissionen führen können, sind mithilfe der Emissionsdaten unter Berücksichtigung raumakustischer Bedingungen die zu erwartenden Immissionslärmpegel vorausschauend abschätzbar. Entsprechend dem Merksatz in Abschnitt 0 kann ohne spezielle raumakustische Maßnahmen nur dann von der Einhaltung eines angestrebten Richt- oder Grenzwertes ausgegangen werden, wenn der Emissionswert der lautesten Lärmquelle diesen Wert um 10 bis 15 dB(A) unterschreitet. Zur genaueren Lärmprognose können Lärmexperten Simulationsprogramme einsetzen.

Lärminderung in der Planung

Weitere Hinweise zur vorausschauenden Abschätzung von Lärmimmissionen in Planungsphasen bei der Raumgestaltung und Maschinenbeschaffung finden sich in Anlage 4 dieser Lektion.



20 32. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Geräte- und Maschinenlärmschutzverordnung – 32. BImSchV) auf der Basis der EG-Richtlinie 2000/14/EG.

**Substitution** Ist eine Gehörgefährdung nicht auszuschließen, ist zunächst zu prüfen, ob eine Substitution durch lärmärmere Verfahren oder Arbeitsmittel möglich ist. Ist dies der Fall, kann ggf. durch Umsetzung solcher Substitutionsmaßnahmen die Lärmbelastung soweit reduziert werden, dass aufwendige Messungen vermieden werden können.



Geräuscharme Arbeitsverfahren siehe in Abschnitt 7.6 dieser Lektion die Auflistung zu geräuscharmen Arbeitsverfahren.

Selbst wenn das Arbeitsverfahren nicht zu ändern ist, gibt es häufig lärmärmere Arbeitsmittel auf dem Markt. Hier eignen sich die Herstellerangaben zu Geräuschemissionen zur vergleichenden Auswahl eines möglichst leisen Fabrikats.

**Tages-Lärmexpositionspegel und Spitzenschalldruckpegel ermitteln**

Ist durch Substitution keine ausreichend sichere Lärminderung zu erzielen, muss (vgl. Abbildung 7.6) das Gesundheitsrisiko durch Lärm durch Ermittlung der Tageslärmdosis unter Berücksichtigung besonders hoher Lärmspitzen beurteilt werden. Dazu sind Tages-Lärmexpositionspegel und Spitzenschalldruckpegel zu ermitteln. Drei Verfahren stehen zur Verfügung:

- ⇒ Abschätzung auf der Grundlage branchenspezifisch typischer Schallimmissionspegel
- ⇒ Abschätzung auf Grundlage von Geräuschemissionswerten (ggf. mit Hilfe von Simulations-Software)



Zur Abschätzung auf Basis von Geräuschemissions- und Lärmimmissionsvergleichswerten vgl. [TRLV Lärm, Teil 1](#), Abschnitt 6.3 mit Anhang 3 sowie Anlage 4 dieser Lektion.

- ⇒ Lärmimmissionsmessungen am Arbeitsplatz und Errechnung des Tages-Lärmexpositionspegels unter Berücksichtigung der Expositionsdauer

**Immissionsmessungen**

Immissionsmessungen sind am Arbeitsplatz zur Ermittlung des ortsbezogenen Lärmexpositionspegels oder personenbezogen durchzuführen. Orientierende Messungen kann auch die Fachkraft für Arbeitssicherheit mit einfachen Schallpegelmessgeräten durchführen. Genauere Betriebsmessungen erfordern z. T. sehr komplexe, aufwendige Mess- bzw. Beurteilungsverfahren und spezielle Messgeräte. Solche Messungen können spezielle Institute, teilweise auch die staatlichen Ämter und einzelne Unfallversicherungsträger durchführen. Bei der Beurteilung der Messergebnisse sind recht hohe Messunsicherheiten zu berücksichtigen: bei orientierenden Messungen  $\pm 6$  dB(A), bei genaueren Betriebsmessungen  $\pm 1,5$  bis 3 dB(A).



Anlage 5 dieser Lektion beschreibt, wie die Fachkraft für Arbeitssicherheit bei orientierenden Lärmmessungen vorgehen kann.

Vertiefende Hinweise zur Messung von Lärm enthält [TRLV Lärm, Teil 2](#) „Messung von Lärm“ sowie [DGUV-Information 209-023 \(bisher BGI 688\) „Lärm am Arbeitsplatz“](#).



Für die Beurteilung des Gesundheitsrisikos eines Gehörschadens durch Lärm sind sowohl die Tageslärmdosis als auch besonders hohe Lärmspitzen zu beachten. Verwendet werden der **Tages-Lärmexpositionspegel**  $L_{EX,8h}$  in dB(A), der den Lärm über eine 8-Stunden-Schicht<sup>21</sup> kumuliert und mittelt, sowie der **Spitzenschalldruckpegel**  $L_{pC,peak}$  in dB(C), der höchste Impulsspitzen erfasst.

### Tages-Lärm-expositionspegel

Die Tageslärmdosis ist abhängig vom Lärmpegel und der Expositionsdauer: Sind Beschäftigte dem Lärmpegel kürzer als 8 Stunden am Tag ausgesetzt, ist der Tageslärmexpositionspegel geringer als der festgestellte Lärmpegel. Dauert die Lärmexposition über eine 8-Stunden-Schicht hinaus an, ist der Tageslärmexpositionspegel dagegen höher als der festgestellte Lärmpegel (vgl. Abbildung 7.8):

$$\text{Lärmpegel} + \Delta \text{ Verringerung/Erhöhung} \\ = \text{Tages-Lärmexpositionspegel } L_{EX,8h}$$

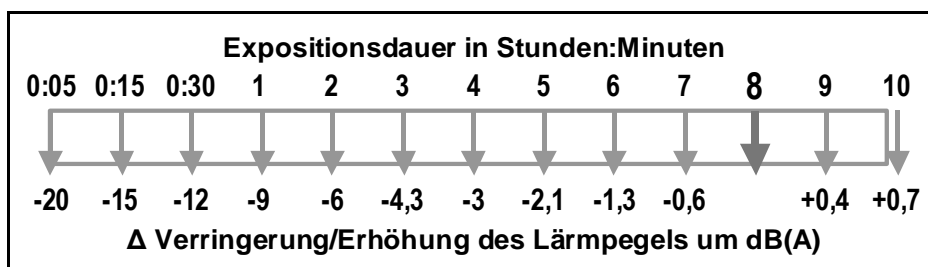


Abbildung 7.8: Korrektur des Tages-Lärmexpositionspegels

Als grobe Faustformel kann gelten:

Mit jeder Halbierung der Expositionsdauer verringert sich der Tagesexpositionspegel um 3 dB(A) gegenüber dem Lärmpegel, z. B. bei vierstündiger Exposition um 3 dB(A), bei zweistündiger Exposition um  $2 \cdot 3 = 6$  dB(A) (vgl. auch Abbildung 7.8).



Übungsaufgabe: Ein Beschäftigter arbeitet durchschnittlich 15 Minuten pro Arbeitstag mit einem Winkelschleifer, der einen Lärmpegel von 100 dB(A) erzeugt. Die restliche Zeit herrscht weitgehende Ruhe. Wie hoch ist der Tages-Lärmexpositionspegel?



Lösung: siehe Fußnote 22

Bei der Risikobewertung ist nun zu prüfen, ob unakzeptable aurale oder extraaurale Wirkungen entstehen können und von daher weitere

### Risikobewertung

<sup>21</sup> Unter bestimmten Bedingungen, die der Genehmigung durch die zuständige Behörde bedürfen, kann der auf 40 Stunden wöchentlich normierte Wochenlärmexpositionspegel  $L_{EX,40h}$  verwendet werden.

<sup>22</sup> Ergebnis der Übungsaufgabe: Die 8-Stunden-Schicht muss 5-mal halbiert werden, um die Expositionszeit von 15 Minuten zu erreichen, daher nimmt der Tages-Lärmexpositionspegel um  $5 \cdot 3 \text{ dB(A)} = 15 \text{ dB(A)}$  ab, also  $100 \text{ dB(A)} - 15 \text{ dB(A)} = 85 \text{ dB(A)}$ . Zum gleichen Ergebnis kommt man mithilfe der Abbildung 7.8.

Risikominderungsmaßnahmen ergriffen werden müssen (vgl. Abbildung 7.5). Das erfolgt durch Vergleich des ermittelten Tageslärmmexpositionspegels und des Spitzenschalldruckpegels mit den Auslösewerten bzw. verfügbaren Richtwerten. Dabei sind Messunsicherheiten zu berücksichtigen (vgl. Anlage 5).

⇒ **Wird eine untere Auslöseschwelle<sup>23</sup> überschritten?**

Überschreitet der ermittelte Tages-Lärmexpositionspegel 80 dB(A) oder der Spitzenschalldruckpegel 135 dB(C), ist eine langfristige Gehörschädigung nicht auszuschließen (vgl. Abbildung 7.5). Das gilt insbesondere, wenn Wechselwirkungen mit anderen Faktoren wie ototoxischen Stoffen vorliegen (vgl. Abschnitt 7.2). Es sind mindestens die entsprechenden Pflichten gem. Abbildung 7.5 zu ergreifen.

⇒ **Wird eine obere Auslöseschwelle<sup>23</sup> erreicht?**

Überschreitet der Tages-Lärmexpositionspegel 85 dB(A) oder der Spitzenschalldruckpegel 137 dB(C), ist mit Gehörschädigung zu rechnen (vgl. Abbildung 7.5). Es sind mindestens die entsprechenden Pflichten gem. Abbildung 7.5 zu ergreifen.

⇒ **Sind besonders gefährdete Personengruppen betroffen?**

Arbeiten in den lärmexponierten Bereichen Beschäftigte, die zu einer besonders gefährdeten Personengruppe gehören, sind ggf. die ermittelten Pegel vor diesem Hintergrund zu bewerten (vgl. Besonders gefährdete Personengruppen in Abschnitt 7.4).

⇒ **Ist die Wahrnehmung akustischer Signale oder Warnsignale beeinträchtigt?**

Zur Prüfung des Hörens von Signalen sind Hörproben geeignet. Dabei wird jedes Signal möglichst während der lärmintensiven Arbeit mehrmals unvorbereitet ausgelöst und die Reaktion mehrerer Betroffener beobachtet. Das kann auch die Annäherung eines Fahrzeugs sein. Voraussetzung ist selbstverständlich, dass bei den Hörproben eine Gefährdung der Beschäftigten ausgeschlossen ist. Vorgesehener Gehörschutz oder erlaubte Tonwiedergabegeräte sind dabei zu benutzen. Auf dieser Basis ist das Unfall- bzw. Schadensrisiko zu beurteilen.

⇒ **Sind extraaurale Gesundheitsgefährdungen möglich?**

Wird der Tages-Lärmexpositionspegel von 65 dB(A) überschritten, so ist zunächst durch Befragung der Beschäftigten, ggf. auch arbeitsmedizinisch zu ermitteln, in welchem Ausmaß Stresssymptome auftreten.

⇒ **Wird das Wohlbefinden (Störung, Ablenkung, Ermüdung) oder die Leistungsfähigkeit beeinträchtigt?**

Dies wird individuell sehr unterschiedlich wahrgenommen. Daher sind die betroffenen Mitarbeiter zu befragen. Die Regeln der

<sup>23</sup> Bei der Anwendung der Auslösewerte bleibt die Wirkung ggf. eingesetzter Persönlicher Schutzausrüstungen (Gehörschutz) grundsätzlich unberücksichtigt.

Technik liefern aber auch objektive Kriterien für unterschiedliche Arbeitsanforderungen. Nach DIN EN ISO 11690 „Akustik; Richtlinien für die Gestaltung lärmarmen maschinenbestückter Arbeitsstätten“ werden die Höchstwerte in Tabelle 7.1 empfohlen. Hierfür wird nicht der auf acht Arbeitsstunden bezogene Tages-Lärmexpositionspegel, sondern der Beurteilungspegel<sup>24</sup>  $L_r$  nach DIN 45645-2 herangezogen.

Kategorie	Empfohlene Höchstwerte
Tätigkeiten, die Konzentration verlangen; auch Tätigkeiten in Konferenz- und Sitzungsräumen	35 bis 45 dB(A)
Routinemäßige Büroarbeiten	45 bis 55 dB(A)
In industriellen Arbeitsstätten	75 bis 80 dB(A)

Tabelle 7.1:  
Empfohlene  
Höchstwerte nach  
DIN EN ISO 11 690



Die [DGUV-Information „Lärm-Stress am Arbeitsplatz“](#) (FB HM-018) des Fachbereichs „Holz und Metall“ gibt in den Tabellen 4 bis 6 weitere Orientierungswerte in Anlehnung an VDI 2058 Blatt 3.

Für Bildschirmarbeitsplätze im Bürobereich gilt z. B.<sup>25</sup>:

- Der Beurteilungspegel  $L_r$  am Arbeitsplatz weist die folgenden Werte auf:

Beurteilungspegel am Arbeitsplatz	Schalltechnische Arbeitsplatzqualifizierung
bis 30 dB(A)	optimal
über 30 bis 40 dB(A)	sehr gut
über 40 bis 45 dB(A)	gut
über 45 bis 50 dB(A)	im gewerblichen Umfeld akzeptabel
über 50 bis 55 dB(A)	ungünstig, aber noch zulässig
über 55 dB(A)	Geräuschbelastung zu hoch

- Ungünstig sind einzelne Lärmquellen, die mehr als 4 dB(A) über den sonstigen Lärmpegel hinausgehen.
- Sprache aus fremden Arbeitsbereichen soll nicht verstehbar sein, d. h. mindestens 5 dB(A), in Mehrpersonenbüros mindestens 3 dB(A) unter dem vorhandenen Geräuschpegel liegen.

Auch wenn nur extracurale Wirkungen möglich sind, ist stets zu prüfen, ob eine Substitution durch lärmärmere Verfahren oder Arbeitsmittel möglich ist.

<sup>24</sup> Der Beurteilungspegel  $L_r$  entspricht weitgehend dem Tages-Lärmexpositionspegel, ist jedoch nicht wie dieser auf eine 8 Stundenschicht bezogen.

<sup>25</sup> Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse Nr. 123 und 124 der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Probst, W.: Beurteilung und Minderung des Lärms an Bildschirmarbeitsplätzen im Büro und in der Produktion



[TRLV Lärm, Teil 1](#) „Beurteilung der Gefährdung durch Lärm“ gibt weitere Hinweise zur fachgerechten Ermittlung und Beurteilung von Lärmgefährdungen.

## 7.6 Gestaltungskonzepte

Generell ist durch Maßnahmen nach dem Stand der Technik die Gefährdung der Beschäftigten auszuschließen oder so weit wie möglich zu verringern. Der Lärmpegel ist so niedrig zu halten, wie es nach Art des Betriebs möglich ist (vgl. Anhang Nr. 3.7 ArbStättV). Der Stand der Technik soll Orientierung sein, um Gefahrenquellen vermeiden bzw. Gefährdungen an ihrer Quelle bekämpfen zu können (§ 4 ArbSchG). Dabei ist die Rangfolge der Schutzmaßnahmen zu berücksichtigen (§ 7 (1) LärmVibrationsArbSchV).



### Geräuscharme Arbeitsverfahren

#### Gefahrenquelle vermeiden

Das kann z. B. geschehen durch:

- ⇒ Wahl eines geräuscharmen Arbeitsverfahrens wie
  - Ablegen statt Abwerfen
  - Absaugen statt Abblasen
  - Bohren statt Stanzen
  - Drehschrauber statt Schlagschrauber
  - Elektrischer oder hydraulischer Antrieb statt Verbrennungsmotor oder pneumatischer Antrieb
  - Gießen statt Schmieden
  - Gleitlager statt Wälzlager
  - Heben und Senken statt Rollen oder Fallenlassen
  - Hydraulisch Verformen (Kraftformer, Drücken) statt Richten oder Bördeln mit Hammer
  - Kleben statt Nieten
  - Laserschneiden statt mechanisch Trennen (Stanzen)
  - Optische Signalgebung statt akustische Signalgebung
  - Pressen statt Schlagen
  - Riemen- statt Kettenantrieb
  - Sägen statt Trennschleifen
  - Schrauben oder Schweißen statt Nieten
  - Schrägschnitt statt Gradschnitt bei Stanzwerkzeugen
  - Schneiden statt Sägen
  - Taumelnieten statt Schlagnieten
  - Transport: kontinuierlich statt stoßweise
  
- ⇒ Verringerung der Wechselkräfte bei gegebenem Arbeitsprinzip über

- Verringerung der Drehzahlen und Geschwindigkeiten
- Vermeidung von Unwuchten
- Verringerung der Oberflächenrauigkeiten
- Verringerung des freien Spiels
- Verringerung hoher Luftgeschwindigkeiten an Ausblasdüsen (geringere Luftdrücke, größere Querschnittsöffnungen, Übergangsluftströmungen, Schalldämpfer)
- Verwendung kleiner bewegter Massen
- Vermeidung magnetischer Kräfte
- Vermeidung des Aufeinanderschlagens von Teilen
- Vermeidung von Stoßstellen bei Aneinanderfügen von Laufflächen oder Schienen
- Vermeidung des freien Falls von Teilen durch Rutschen

Wenn ein Verfahren oder Arbeitsmitteltyp ausgewählt wurde, gibt es auf dem Markt meist unterschiedlich laute Fabrikate. Nicht selten werden neben Standardwerkzeugen auch lärmgeminderte Werkzeuge angeboten. Beispielsweise kann durch Verwendung von Laser- oder Sandwich-Sägeblättern gegenüber Standardsägeblättern bei Kreissägen eine Lärminderung bis zu 5 dB(A) erreicht werden. Ziel muss es sein, durch Aufnahme von Lärminderungsanforderungen in den Anforderungskatalog (Lastenheft), gezielte Nachfrage nach lärmgeminderten Angeboten und Vergleich der Geräuschangaben der Hersteller alternativer Angebote und Varianten ein möglichst lärmarmes geeignetes Arbeitsmittel auszuwählen.

#### Auswahl lärmarmen Arbeitsmittel

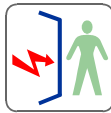
Die Lärmschutz-Arbeitsblätter enthalten Informationen zu lärmarmen Verfahren und Alternativen: <http://publikationen.dguv.de>, Stichwort „Lärmschutz“



Solche Entscheidungen müssen möglichst in der frühen Planungsphase von Beschaffungs- und Gestaltungsmaßnahmen getroffen werden. Damit dies im Betrieb funktioniert, sind geeignete organisatorische Regelungen erforderlich, die z. B. die Beteiligung der Fachkraft für Arbeitssicherheit bei Planungen und Beschaffungen sichern (vgl. hierzu die späteren Lektionen).

Aber auch bei der Arbeitsvorbereitung und vor Ort können häufig Arbeitsvorbereiter, Führungskräfte und Beschäftigte selbst unterschiedlich laute Arbeitsmittel bzw. Verfahren im Hinblick auf Lärmvermeidung auswählen. Dafür ist eine entsprechende Qualifizierung und Sensibilisierung, ggf. auch Kennzeichnung als lärmarme bzw. lärmintensive Arbeitsmittel erforderlich.

Einige der oben genannten Maßnahmen erfordern regelmäßige, bedarfsgerechte und vorausschauende Instandhaltung, um lärmarme Betriebszustände z. B. durch Schmieren, Nachjustieren, ggf. auch durch Austausch von Verschleißteilen zu erhalten.



### Wirksamwerden der Gefahrenquelle technisch ausschließen

Ist die Vermeidung von Lärmquellen nicht möglich, muss durch **technische Maßnahmen die Schallübertragungskette** (vgl. Abbildung 7.4) **möglichst quellennah unterbrochen oder eingedämmt** werden. Dies kann geschehen durch:

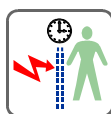
- ⇒ Isolieren der Lärmquelle zur Vermeidung der Körperschallanregung oder der Körperschallausbreitung (elastische Lagerung von Schallquellen)
- ⇒ Möglichst lärmarme Handhabung luftschallabstrahlenden Materials (z. B. keine Schläge auf Bleche)
- ⇒ Dämpfen von schwingungsfähigen Materialien (z. B. Blechen) durch dämpfende Lagerung
- ⇒ Eindämmen der Luftschallausbreitung z. B. durch Schalldämpfer, Kapseln der Lärmquelle
- ⇒ Isolieren von Gebäudeteilen zur Vermeidung der Körperschallausbreitung
- ⇒ Planen und Gestalten möglichst lärmarmen Arbeitsstätten durch raumakustische Maßnahmen, z. B. indem Lärm absorbierende Materialien an Wänden, Decken und Böden verwendet und ggf. Trennwände aufgestellt werden

Insbesondere darf man bei dem recht häufig als korrektive Maßnahme vorgesehenen Kapseln der Lärmquelle gravierende Nachteile nicht übersehen. So wird ggf. das Arbeiten (Einrichten, Instandhalten, Störung beseitigen) erschwert und die Prozessüberwachung eingeschränkt. In der Praxis stehen Kapseln daher meist offen. Ohne zusätzliche Maßnahmen kann es in der Kapsel zu Hitzestaus kommen, die sowohl eine neue Belastung als auch ein Qualitätsproblem darstellen können. Zudem sind die Kosten bei beschränkter Wirkung extrem hoch.



Hinweise zur Auswahl von lärmarmen technischen Arbeitsmitteln und -verfahren, Lärmreduzierungs- und persönlicher Gehörschutz finden sich beispielsweise in:

- Probst, W.: [Akustische Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen in Büros](#), Broschüre der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Technik 26
- Geräuschminderung in Fertigungshallen ([BGI 674](#), [BGI 678](#), [BGI 797](#))



### Wirksamwerden der Gefahrenquelle organisatorisch ausschließen

Kann die Schallausbreitungskette nicht durch dauerhaft wirksame technische Maßnahmen unterbrochen werden, ist durch **technisch-organisatorische Maßnahmen die Lärmbelastung**, d. h. der Immissionslärmpegel am Arbeitsplatz oder/und die Verweildauer im Lärm zu **verringern**. Dies kann z. B. geschehen durch:

- ⇒ Räumliche Trennung geräuschintensiver und weniger geräuschintensiver Tätigkeiten bzw. Betriebsmittel
- ⇒ Zeitliche Trennung geräuschintensiver und weniger geräuschintensiver Tätigkeiten
- ⇒ Räumliche Trennung des Menschen von der Lärmquelle z. B. durch Einrichtung von Schallschutz-Überwachungskabinen oder Fernbedienung
- ⇒ Lärmpausen, Personalrotation in geräuschintensiven Arbeitsbereichen, lärmarme Ausgleichstätigkeiten

### Einwirkung der Gefahrenquelle verhindern bzw. mindern



Als kurzfristige Maßnahme und Notlösung bleibt der **Einsatz persönlichen Gehörschutzes**. Gehörschützer sind nämlich unangenehm und stellen selbst eine mehr oder weniger starke Belastung für den Träger dar. Sie schränken die Kommunikations- und Prozessüberwachungsfähigkeit zusätzlich ein und können dazu führen, Signale zu überhören. Der Träger fühlt sich isoliert und hat das Gefühl, keine Kontrolle mehr über seine Umgebung zu haben. Solche nachvollziehbaren Gründe erklären die häufig geringe Akzeptanz und Tragetreue.

Zum persönlichen Gehörschutz zählen Otoplastiken<sup>26</sup>, Gehörschutzstöpsel, Kapselgehörschützer (ggf. mit Kommunikationseinrichtung oder Musikwiedergabe), Gehörschutzhelme und Schallschutzanzüge.

Die Auswahl muss auf der Basis der Gefährdungsbeurteilung ggf. mit fachkundigen Lärmmessungen erfolgen. Unter Beachtung der Frequenzbänder ist Gehörschutz auszuwählen, der die Lärmbelastung unter dem Gehörschutz sicher unter 85 dB(A), möglichst aber im Bereich zwischen 65 und 79 dB(A) hält. Hierbei sind Abschlüsse bei der Schutzwirkung zu berücksichtigen.<sup>27</sup>

Zur Auswahl und Verwendung von persönlichem Gehörschutz ist [TRLV Lärm, Teil 3](#) „Lärmschutzmaßnahmen“, Abschnitt 6 zu beachten.

Weitere Hinweise sind in folgenden Quellen zu finden:

- Gehörschutzinformationen ([BGI/GUV-I 5024](#))
- Faltblatt/Kurzinformation Gehörschutz ([BGI/GUV-I 8621](#))
- GUV-Regel Benutzung von Gehörschützern ([BGR/GUV-R 194](#))
- Tragen von Gehörschützern bei der Teilnahme am öffentlichen Straßenverkehr ([GUV-I 673](#) bzw. BGI 673)
- Ärztliche Beratung zum Gehörschutz ([BGI 823](#))



<sup>26</sup> Otoplastik ist dem individuellen Gehörgang und dem vorhandenen Geräuschspektrum angepasster Gehörschutz mit hohem Tragekomfort.

<sup>27</sup> Die Schutzwirkung von Gehörschutz ist in der Praxis z. B. aufgrund von Leckagen schlechter als die vom Hersteller aufgrund von Labortests angegebenen Lärminderungswerte. Bei Kapselgehörschutz sind daher 9 dB(A), bei Gehörschutzstöpseln 5 dB(A) und bei Otoplastiken 3 dB(A) von den vom Hersteller angegebenen Lärminderungswerten abzuziehen.



### Arbeitsschutzgerechtes Verhalten

Die Lärmbelastung ist teilweise auch durch arbeitsschutzgerechtes Verhalten beeinflussbar, z. B.:

- ⇒ Auswahl lärmarmen Arbeitsverfahren und Handhabungen durch die Beschäftigten (vgl. oben „Geräuscharme Arbeitsverfahren“)
- ⇒ Vermeidung unnötigem Aufenthalt in lärmexponierten Bereichen, die bekannt gemacht und ggf. gekennzeichnet sind
- ⇒ Wirksame Verwendung des persönlichen Gehörschutzes

Solches arbeitsschutzgerechtes Verhalten wird durch arbeitsmedizinische Beratung, Unterweisung und Durchsetzung durch die verantwortliche Führungskraft erreicht.



Zur Unterweisung und arbeitsmedizinischen Beratung vgl. [TRLV Lärm, Teil 1](#), Abschnitte 7 und 8.



## 8 Vibrationen

Was unter Vibrationen zu verstehen ist, wo diese auftreten und wie sie auf den Menschen wirken, lernen Sie in diesem Abschnitt. Sie lernen Entstehungszusammenhänge, Gestaltungskonzepte und Rechtsvorschriften kennen.



### 8.1 Was sind Vibrationen?

**Vibrationen sind mechanische Schwingungen eines Gegenstands um seine Ruhelage, die durch Kontakt übertragen werden.**



Vibrationen wirken auf den Menschen ein, wenn ein Kontakt zwischen dem menschlichen Körper und dem schwingenden Gegenstand besteht. Je nach der Kontaktstelle wird unterschieden zwischen Ganzkörper- und Hand-Arm-Vibrationen:

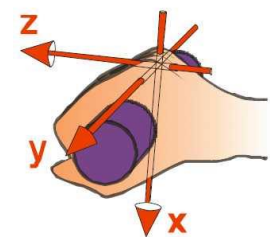
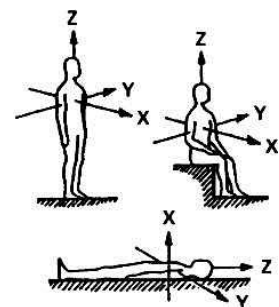
- ⇒ **Ganzkörper-Vibrationen** wirken mit Frequenzen zwischen 0,1 bis 80 Hz meist durch die Standfläche über die Füße/Beine oder die Sitzfläche über das Gesäß auf den Rumpf des Menschen ein.
- ⇒ Bei **Hand-Arm-Vibrationen** sind vor allem die Hand-Arm-Schulter-Partien, aber hierüber indirekt auch der Rumpf des Menschen betroffen. Hier sind Schwingungen mit Frequenzen zwischen 8 und 1000 Hz von Bedeutung.

### 8.2 Wirkung auf den Menschen

Die Wirkung von Vibrationen auf den Menschen ist abhängig von

- ⇒ der Frequenz der Schwingung (angegeben in Hz),
- ⇒ der Schwingungsrichtung (angegeben in den Koordinatenrichtungen X, Y, Z – orientiert am körperbezogenen Koordinatensystem des aufrechten Menschen bzw. der greifenden Hand)<sup>28</sup>,
- ⇒ der Schwingungsintensität (angegeben in der frequenzbewerteten Schwingbeschleunigung<sup>29</sup>  $\alpha_w$  für Ganzkörper-Vibrationen bzw.  $\alpha_{hw}$  für Hand-Arm-Vibrationen in der Einheit  $m/s^2$ ),
- ⇒ der Einwirkungsdauer auf den menschlichen Organismus.

Vibrationen übertragen über die Kontaktstellen mit Schwingungsanregem Impulse auf den Körper und regen Körperteile oder den ganzen Körper zum Mitschwingen an. Das hat akute und chronische Auswirkungen (vgl. Übersicht 8.1).<sup>30</sup>



$w$  = Hauptwirkrichtung

$v$  = Vektorsumme  
(vgl. Anlage 6)

<sup>28</sup> ISO 2631 und VDI 2057, Bl. 1.

<sup>29</sup> Da Vibrationen niedriger Frequenzen für den Menschen belastender sind als solche höherer Frequenzen, muss die Vibrationsintensität mithilfe der Frequenzanalyse körpergerecht bewertet werden (ähnlich wie bei der „ohrgerechten“ Lärmbewertung).

<sup>30</sup> Nach Bullinger, H.-J.: Ergonomie, Stuttgart 1994, S. 158.

	Ganzkörperschwingungen	Hand-Arm-Schwingungen
<b>Akute Wirkungen</b>	<b>Beeinflussung des biomechanischen Schwingungsverhaltens</b>	
	<b>des Rumpfes und des Kopfes</b>	<b>des Hand-Arm-Schulter-Systems</b>
	<b>Physiologische Reaktionen</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erhöhtes Atemminutenvolumen</li> <li>• erhöhte Muskelaktivität</li> <li>• vegetative Störungen (Reflexverminderung)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• verminderte periphere Durchblutung</li> <li>• erhöhte Muskelaktivität</li> <li>• Störung des peripheren Nervensystems</li> </ul>
	<b>Unangenehme subjektive Wahrnehmung Unwohlsein und Schmerzen</b>	
<b>Leistungsbeeinflussung</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erschwerte feinmotorische Koordination</li> <li>• verminderte visuelle Wahrnehmung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erschwerte feinmotorische Koordination</li> </ul>
<b>Chronische Wirkungen</b>	<b>Gesundheitsschädigung im Bereich der Wirbelsäule und des Magens</b>	<b>Schädigung von Knochen und Gelenken, Weißfingerkrankheit</b>

**Übersicht 8.1:**  
Akute und chronische Auswirkungen von Vibrationen auf den Menschen

#### Akute Wirkungen

Je nach Frequenz und Richtung der Schwingung können Körperteile oder Organe in Resonanzschwingung versetzt werden. Dies wird je nach Schwingungsintensität als sehr unangenehm bis schmerzhaft empfunden (vgl. Übersicht 8.2; Schwingungsrichtungen siehe Koordinatensysteme oben).<sup>31</sup>

Körperteil	Körperstellung	Schwingungsrichtung	Resonanzfrequenz (Hz)
Ganzer Körper	Stehen	Z	4 – 7
Schulter, Kopf	Stehen	X	1 – 2
Knie	Stehen	X	1 – 3
Rumpf	Sitzen	Z	3 – 6
Wirbelsäule	Sitzen	Z	3 – 4,5
Schulter	Sitzen	Z	2 – 6
Brustkorb	Sitzen	Z	4 – 6
Magen	Sitzen	Z	4 – 7
Augäpfel	Sitzen	Z	20 – 25
Ganzer Körper	Liegen	Y, Z	1 – 2
Schädelknochen	Liegen	X	50 – 70
Brustkorb	Liegen	X	6 – 12
Magen	Liegen	X	4 – 8
Hand-Arm-System (Ellbogen)	Horizontaler Unterarm	Z	10 – 20

**Übersicht 8.2:**  
Resonanzfrequenz verschiedener Körperteile

<sup>31</sup> Nach Schäfer u. a., 1982.

Als weitere akute Wirkungen treten Beeinträchtigungen des Sehvermögens, der Sensomotorik (Taubheitsgefühl), Stressreaktionen, Ermüdung, eingeschränkte Aufmerksamkeit und Leistungsfähigkeit sowie Störungen der Muskelfunktionen, des Atem- und Blutkreislaufs und des vegetativen Nervensystems (Dämpfung von Muskeigenreflexen) auf (vgl. Abbildung 8.1). Vibrationen unter 0,5 Hz können das Gleichgewichtsorgan stören und Kinetosen (Bewegungs-/Seekrankheit) hervorrufen. Es kann zu Funktionsstörungen der weiblichen Geschlechtsorgane und zur Gefährdung des Fötus in der Schwangerschaft kommen.

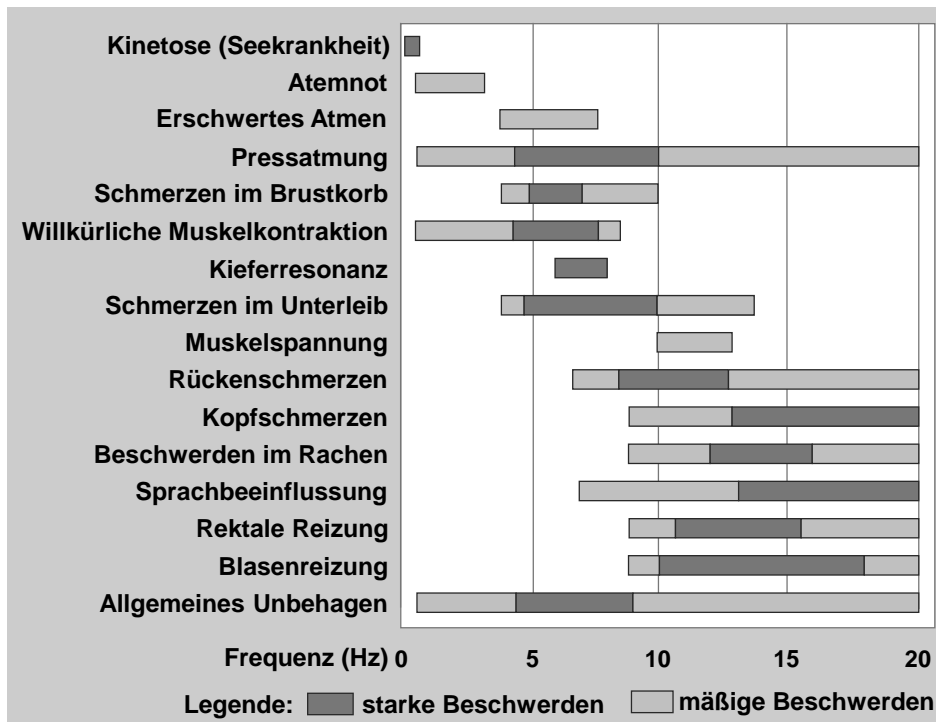


Abbildung 8.1:  
Auswirkungen  
starker Vibrationen  
auf den Menschen<sup>32</sup>

Vibrationen können die Erkennbarkeit von Instrumenten und Warnsignalen beeinträchtigen und die Feinmotorik stören, sodass Maschinen nicht mehr sicher bedient werden können und die Qualität der Arbeit leidet. Die Festigkeit von Strukturen und Verbindungen von Gebäuden, Maschinen oder Anlagen kann beeinträchtigt werden.

Mittlere  
Auswirkungen

**Ganzkörper-Vibrationen** erhöhen langfristig den Verschleiß der Wirbelsäule. Es können Bandscheibenvorfälle auftreten. Schlechter Trainingszustand der Stütz Muskulatur verringert die Belastbarkeit der Wirbelsäule zusätzlich. In der Folge kann es zu neurologischen Ausfällen von Gliedmaßen kommen. Arbeitsbedingte Wirbelsäulenschäden durch Vibration sind als Berufskrankheit<sup>33</sup> anerkannt. Vorschädigung von Organen durch andere Faktoren (z. B. bestehender Wirbelsäulenschaden, Zusatzbelastung von Verdauungsorganen etwa durch Lärm oder Stress, Zeitdruck, Nacht-, Schichtarbeit) können verstärkend wirken.

Chronische Wirkungen

<sup>32</sup> In Anlehnung an Hettinger u. a., 1990.

<sup>33</sup> Bandscheibenbedingte Erkrankungen der Lendenwirbelsäule durch langjährige, vorwiegend vertikale Einwirkung von Ganzkörperschwingungen im Sitzen (BK-Nr. 2110).

Arbeitsmedizinische und arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse zeigen, bei welcher Vibrationsdosis mit welchen Gesundheitsbeeinträchtigungen zu rechnen ist. Die VDI-Richtlinie 2057 bietet z. B. Orientierungswerte für Ganzkörper-Vibrationen (vgl. Abbildung 8.2). Mit zunehmender Vibrationsintensität und Einwirkungsdauer wird zunächst das Wohlbefinden, bei weiter steigenden Werten aber auch das Leistungsvermögen beeinträchtigt, bis schließlich Gesundheitsschädigungen zu erwarten sind. Je länger die tägliche Einwirkungsdauer ist, bei desto geringeren Vibrationsintensitäten treten die Beeinträchtigungen ein. Mit wirbelsäulenschädigender Wirkung ist bei einer Tagesdosis (acht Stunden) über  $A(8) = 0,5 \text{ [m/s}^2\text{]}$  zu rechnen.

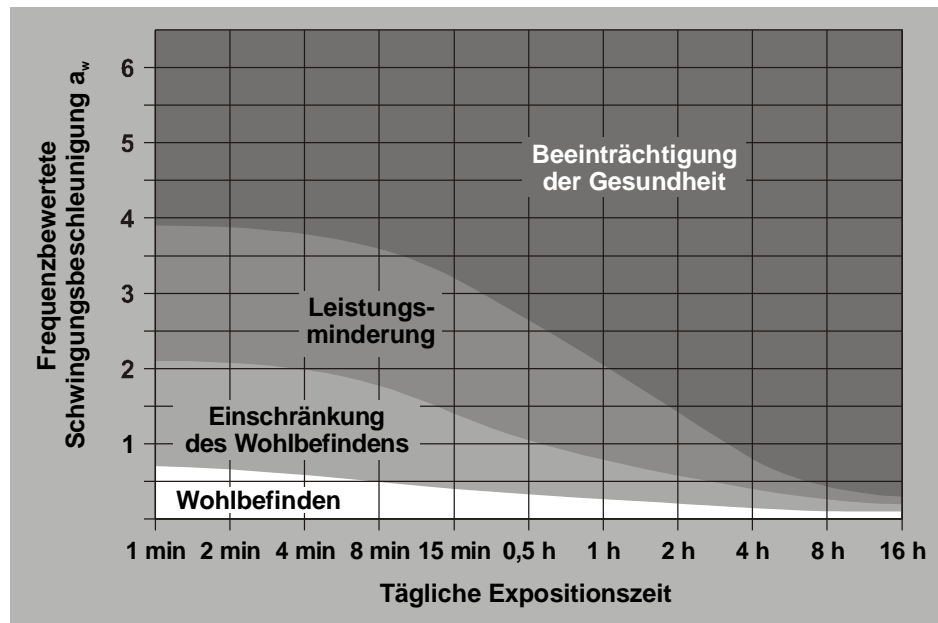


Abbildung 8.2:  
Richtwerte  
für Ganzkörper-  
Vibrationen

**Hand-Arm-Vibrationen** können Durchblutungsstörungen in den Händen hervorrufen, die zunächst als Taubheit, Kribbeln und weiße Fingerringen wahrgenommen werden. Bei Rückkehr der Durchblutung treten Schmerzen und Rötungen auf. Kälte verstärkt diese Störungen. Bei anhaltender Einwirkung breiten sich die Symptome auf den ganzen Finger und weitere Finger aus, bis hin zu krampfartigen Attacken (Weißfingerkrankheit: vibrationsbedingtes vasospastisches Syndrom – VVS). Neurologisch kann der Verlust des Tastsinns eintreten. Bei längerer Einwirkungsdauer treten degenerative Veränderungen von Handknochen, Handgelenken, Ellenbogen und Schultern mit Schmerzen und Bewegungseinschränkungen ein. Arbeitsbedingte Durchblutungsstörungen an den Händen sowie Knochen- und Gelenkschäden können zur Berufsunfähigkeit führen und sind als Berufskrankheiten<sup>34</sup> anerkannt.

<sup>34</sup> Vibrationsbedingte Durchblutungsstörungen an den Händen (BK-Nr. 2104), Erkrankungen durch Erschütterung bei Arbeit mit Druckluftwerkzeugen oder gleichartig wirkenden Werkzeugen oder Maschinen (BK-Nr. 103).

Für Hand-Arm-Vibrationen bietet EN ISO/CD 5349 (vgl. Abbildung 8.3) Orientierungswerte. Die Kurve gibt an, nach wie vielen Expositionsjahren bei täglich vierstündiger Einwirkungsdauer bei unterschiedlichen Vibrationsintensitäten mit 10-prozentiger Wahrscheinlichkeit mit Attacken der Weißfingerkrankheit und der Möglichkeit einer Berufskrankheit zu rechnen ist. Bei handgeführten Maschinen wie Pendelstichsägen oder Schwingschleifern können gesundheitliche Beeinträchtigungen schon nach einer täglichen Exposition von 20 Minuten eintreten.<sup>35</sup>

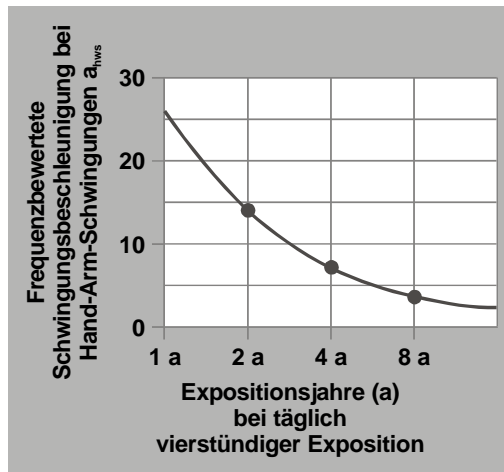


Abbildung 8.3:  
Richtwerte für Hand-Arm-Vibrationen

Weitere Richtwerte finden Sie in der VDI-Richtlinie 2057 „Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen“.

Weitere Informationen zu Wirkungen von Vibrationen enthalten:

- TRLV Vibrationen, [Allgemeiner Teil](#), Abschnitte 4.6 bis 4.9
- [EU-Handbuch Ganzkörper-Vibration](#), Anhang C
- [EU-Handbuch Hand-Arm-Vibration](#), Anhang C



### 8.3 Gefahrenquellen, gefahrbringende Bedingungen und Entstehungszusammenhänge

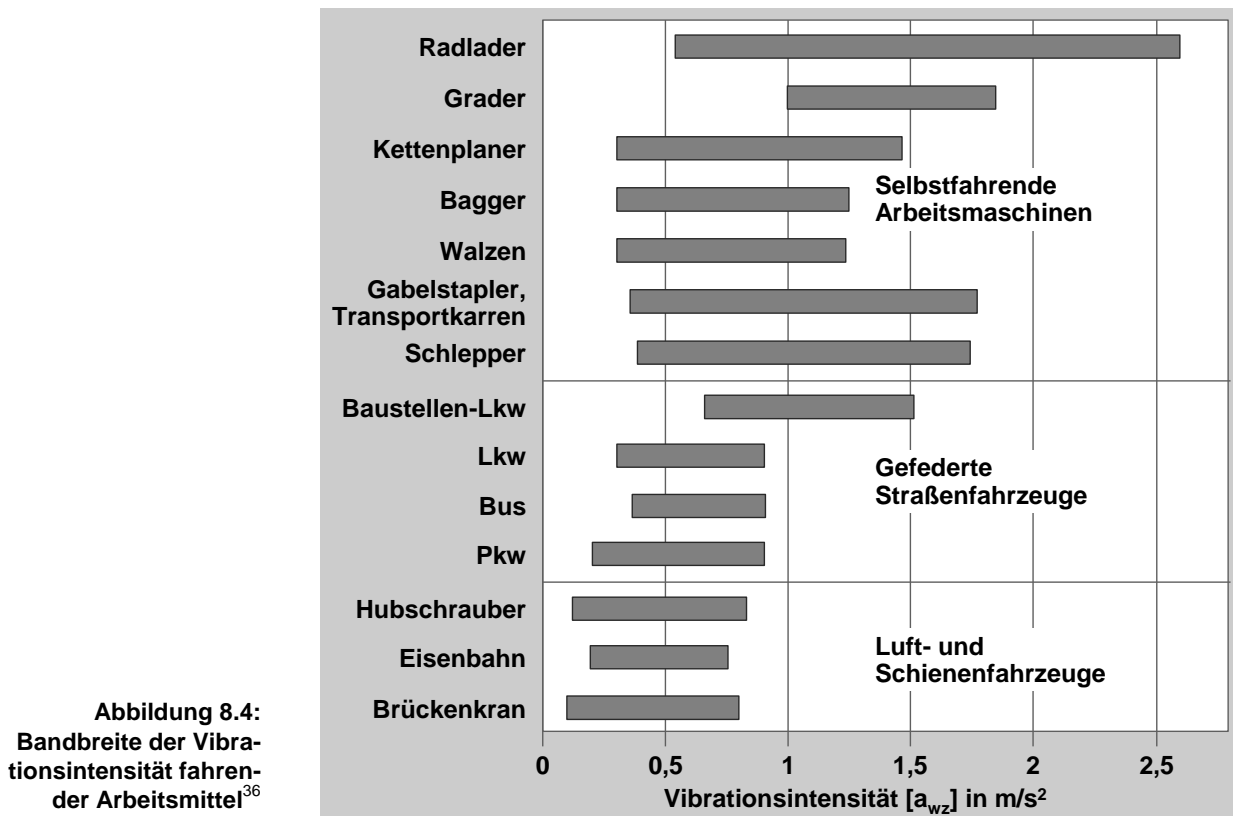
Gefahrenquellen für **Ganzkörper-Vibrationen** sind die schwingenden Massen, vor allem:

- ⇒ Stationäre Maschinen mit rotierenden, pendelnden oder sich hebenden und senkenden Massen wie Pressen, Motoren, Turbinen, Anlagen
- ⇒ Fahrzeuge und mobile Arbeitsmaschinen wie Straßenfahrzeuge, Lkw, Busse, Pkw, Bau-, Forst- und Landwirtschaftsmaschinen und -fahrzeuge (vgl. Abbildung 8.4)
- ⇒ Schiffe, Züge, Flugzeuge

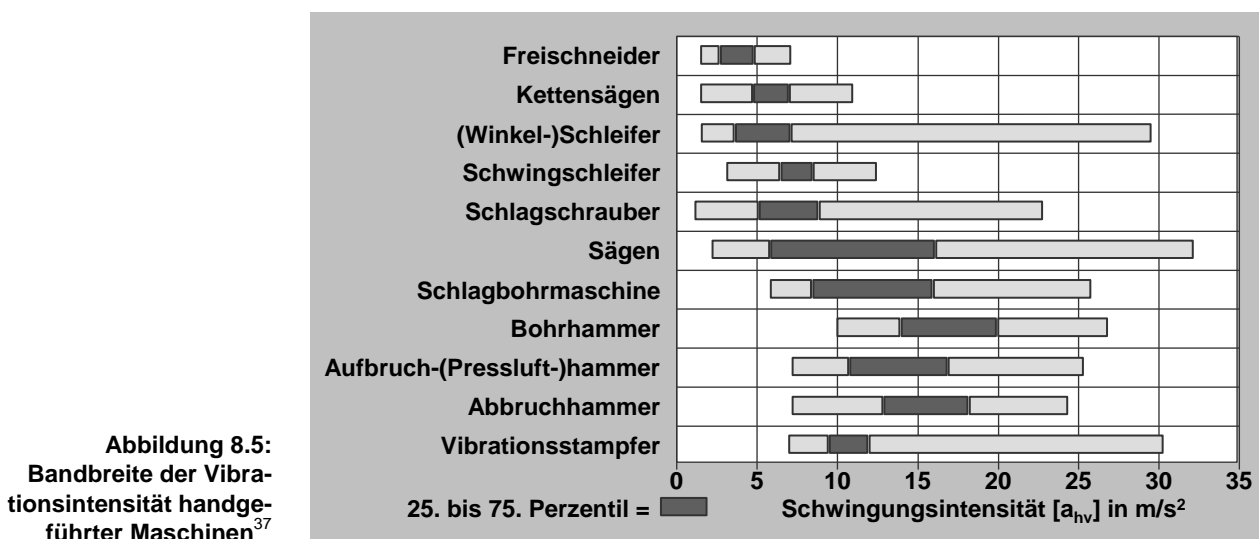
Bei Fahrzeugen ist die Vibrationsintensität neben den Fahrzeugeigenschaften vor allem vom befahrenen Untergrund (Unebenheiten) und dem Fahrverhalten (u. a. Geschwindigkeit) abhängig. Zudem spielt die Instandhaltung von Stoßdämpfern, die Justierung von Fahrersitzen und die Körperhaltung eine Rolle.

**Gefahrbringende Bedingungen**

<sup>35</sup> Vgl. Hand-Arm-Vibrationen bei Arbeiten mit Holzbearbeitungsmaschinen. Nr. 0211. In: Aus der Arbeit des BGIA. Hrsg.: Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (Hrsg.), Sankt Augustin - Loseblatt-Ausgabe.



Typische Gefahrenquellen für **Hand-Arm-Vibrationen** sind insbesondere handgehaltene und -geführte Maschinen und Geräte wie Schlagbohrmaschinen, Bohrhämmer, Pressluftschlämmer, Schlagschrauber, Nibbelscheren, Stampfer, Rüttelplattenverdichter, Handkreissägen, elektrische Fuchsschwänze, Säbelsägen, Kettensägen, Balkenmäher, Freischneider, Rüttler, Tacker, Grad- und Winkelschleifer (vgl. Abbildung 8.5).



<sup>36</sup> Nach Dupuis, H.; Hartung, E.: Belastungen und Beanspruchungen durch Schwingungseinwirkungen bei Bauarbeiten. In: Landau, K.; Linke-Kaiser, G.: Aspekte der Sicherheit und Gesundheit bei Bauarbeiten. Bad Urach: Institut für Arbeitsorganisation e. V., 1996

<sup>37</sup> Nach [EU-Handbuch Hand-Arm-Vibration](#) (s. u.).

Zusammenstellungen zum Vorkommen von Vibrationen enthalten:

- TRLV Vibrationen, [Teil 1](#), Abschnitt 4.1
- [EU-Handbuch Ganzkörper-Vibration](#), Abbildung 2
- [EU-Handbuch Hand-Arm-Vibration](#), Abbildung 2

Weitere detaillierte Daten über die Bandbreite der Vibrationsintensität zahlreicher Maschinen und Fahrzeuge enthält: Christ, E u. a.: Vibrationseinwirkung an Arbeitsplätzen. Kennwerte der Hand-Arm- und Ganzkörper-Schwingungsbelastung. ([BGIA-Report 6/2006](#)).



Die Intensität der Einwirkung wird durch biodynamische und ergonomische Faktoren beeinflusst, wie z. B. Greifkraft, Andruckkraft, Armposition, Körperhaltung, Muskelanspannung. So wird beim Nachdrücken des Aufbruchhammers mit dem Unterleib und gestreckten Armen die Einwirkung verstärkt. Wechselwirkungen bestehen zudem zu Umweltbedingungen wie Kälte, Feuchtigkeit, Zugluft, Lärm.

**Gefahrbringende Bedingungen**

Gefährdungen durch Vibrationen entstehen insbesondere durch:

- ⇒ Auswahl von Arbeitsverfahren, bei denen Arbeitsmittel mit mechanischen Schwingungen erforderlich sind
- ⇒ Auswahl und Beschaffung von Arbeitsmitteln mit hohen Schwingungswerten
- ⇒ Unzureichende, ungeeignete Schwingungsdämpfung bei der Maschinenaufstellung
- ⇒ Unzureichende Instandhaltung (z. B. ausgeschlagene, schlecht justierte Lager)
- ⇒ Handhabungen, welche die Vibrationsübertragung verstärken (z. B. Abstützen des Presslufthammers am Unterbauch, erhöhte Schwingungsübertragung in den Oberkörper durch gestreckte Gliedmaßen)

**Entstehungszusammenhänge**

## 8.4 Pflichten des Arbeitgebers

Die wichtigsten Pflichten für den Arbeitgeber sind der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung<sup>38</sup> (LärmVibrationsArbSchV) zu entnehmen. Hinweise zur Umsetzung der LärmVibrationsArbSchV geben die „Technischen Regeln zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (TRLV Vibrationen)“. Darüber hinaus liefern Normen und arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse Orientierung zum Stand der Technik.

**Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung**

Verschaffen Sie sich bitte einen Überblick zu den Vibrationen betreffenden Ausführungen der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung.



<sup>38</sup> Setzt die EG-Richtlinie 2002/44/EG über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (Vibrationen) in nationales Recht um.

**Pflicht zur Ermittlung und Beurteilung von Vibrationen**



Ist eine Gesundheitsgefährdung durch Vibrationen möglich, muss der Arbeitgeber alle mit den Schwingungen verbundenen Gefährdungen fachkundig ermitteln und beurteilen (Beurteilung der Arbeitsbedingungen). **Da hierfür Fachkunde erforderlich ist, muss in der Praxis die Fachkraft für Arbeitssicherheit und/oder der Betriebsarzt beratend hinzugezogen werden** (vgl. § 3 und 5)<sup>39</sup>.

**Substitutionsprüfung und Expositionsminde rung am Entstehungsort**

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung ist bereits zu prüfen, ob weniger vibrationsbelastende Alternativen (Verfahren oder Arbeitsmittel) bestehen (Substitutionsprüfung; § 3 Abs. 2). Zunächst sind alle Möglichkeiten der Minderung der Vibrationsexposition am Entstehungsort auszuschöpfen (§ 10 Abs. 1, 2).

**Auslösewerte und Expositionsgrenzwerte**

Die LärmVibrationsArbSchV schreibt bestimmte Maßnahmen zur Risikominderung und Gesundheitsüberwachung vor (vgl. Tabelle 8.2), die bei Überschreiten von Auslösewerten bzw. Erreichen von Expositionsgrenzwerten zu ergreifen sind. Hierfür wird (ähnlich wie bei Lärm) die Tagesdosis herangezogen: die Tages-Vibrationsexposition A(8). Tabelle 8.1 gibt die Auslöse- und Expositionsgrenzwerte für Hand-Arm- und Ganzkörpervibrationen wieder.

**Tabelle 8.1:**  
Auslösewerte und Expositionsgrenzwerte nach Lärm- und Vibrations-Arbeitschutzverordnung

A(8) =	Auslösewerte	Expositionsgrenzwerte
<b>Hand-Arm-Vibrationen</b>	<b>2,5 m/s<sup>2</sup></b>	<b>5 m/s<sup>2</sup></b>
<b>Ganzkörper-Vibrationen</b>	<b>0,5 m/s<sup>2</sup></b>	X-/Y-Richtung: <b>1,15 m/s<sup>2</sup></b> Z-Richtung: <b>0,8 m/s<sup>2</sup></b>

**Tabelle 8.2:**  
Erforderliche Maßnahmen bei Überschreiten der Auslösewerte bzw. Erreichen der Expositionsgrenzwerte nach Lärm- und Vibrations-Arbeitschutzverordnung

Auslösewerte überschritten	Expositionsgrenzwert erreicht	Zusätzliche Pflichten
● <sup>40</sup>	●	Information und Unterweisung
●	●	Allgemeine arbeitsmedizinische Beratung
●	●	Vibrationsminderungsprogramm
	● <sup>41</sup>	Unverzügliche Minderungsmaßnahmen
●	●	Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung: <input type="checkbox"/> Anbieten <input type="checkbox"/> Voraussetzung für Tätigkeit <input type="checkbox"/> Vorsorgekartei

<sup>39</sup> Die folgenden Quellenhinweise in diesem Abschnitt beziehen sich soweit nicht anders angegeben auf die Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung.

<sup>40</sup> Unterweisung ist schon bei Erreichen der Auslösewerte Pflicht.

<sup>41</sup> Bei Überschreitung des Expositionsgrenzwerts



Ist die Einhaltung der Auslöse- und Expositionsgrenzwerte nicht sicher ermittelbar, sind fachgerechte Messungen erforderlich. Bei der Ermittlung und Messung von Vibrationen ist der Anhang der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung zu beachten (§§ 4 und 5).

**Messungen**

Ab Erreichen eines Auslösewertes sind die betroffenen Beschäftigten vor Aufnahme der Tätigkeit regelmäßig bzw. bei wesentlichen Änderungen nach den Anforderungen in § 11 über die Gefährdung zu informieren und zu unterweisen. Wird ein Auslösewert überschritten, muss zusätzlich eine allgemeine arbeitsmedizinische Beratung möglichst durch den Betriebsarzt erfolgen.

**Unterweisung und allgemeine arbeitsmedizinische Beratung**

Ab Überschreiten eines Auslösewertes muss der Arbeitgeber in einem Vibrationsminderungsprogramm technische und organisatorische Maßnahmen zur Verringerung der Vibrationsexposition ergreifen und durchführen. Dabei hat er die Anforderungen aus § 10 zu beachten (vgl. auch Abschnitt 8.6).

**Vibrationsminderungsprogramm**

Wird ein Expositionsgrenzwert überschritten, sind unverzüglich Maßnahmen zu ergreifen, dass die Exposition zuverlässig unter den Expositionsgrenzwert sinkt und diesen zukünftig nicht mehr überschreitet (§ 10, Abs. 3).

**Sofortmaßnahmen**

Wird ein Auslösewert überschritten, muss der Arbeitgeber die Gesundheitsüberwachung der betroffenen Beschäftigten organisieren. Er muss den Betriebsarzt beauftragen, die exponierten Beschäftigten zu ermitteln und diesen die arbeitsmedizinische Vorsorge<sup>42</sup> nach den Anforderungen der ArbMedVV anzubieten. Ab Erreichen des Expositionsgrenzwerts muss der Arbeitgeber sicherstellen, dass vibrations-exponierte Tätigkeiten nur von arbeitsmedizinisch überwachten Beschäftigten ausgeführt werden. Dazu hat er eine Vorsorgekartei zu führen.

**Arbeitsmedizinische Vorsorge**

## 8.5 Vibrationen erkennen und beurteilen

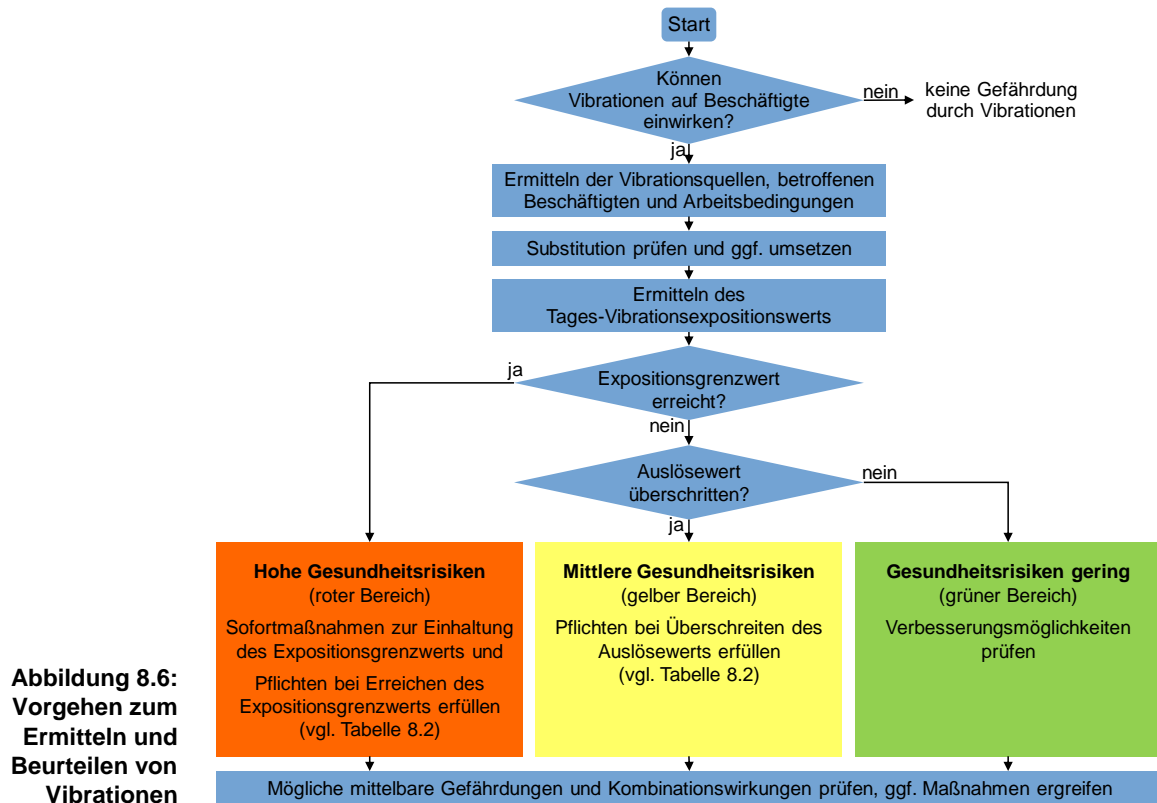
Abbildung 8.6 stellt das Vorgehen zum Ermitteln und Beurteilen von Vibrationen dar. Zunächst ist festzustellen, ob Beschäftigte Vibrationen ausgesetzt sind oder sein können (vgl. die typischen Vorkommen von Vibrationsgefährdungen in Abschnitt 8.3).

**Feststellen, ob Gefährdungsfaktor „Vibrationen“ vorhanden**

Vibrationen kann man durch Berührung von Schwingungserregern wahrnehmen. Die Beschäftigten können entsprechend Auskunft geben. Beim Beobachten von Beschäftigten bei schwingungsintensiven Tätigkeiten sind Vibrationen häufig anhand der Schwing- oder Rüttelbewegungen von Arbeitsmitteln oder Körperteilen sichtbar.

**Wahrnehmung von Vibrationen**

<sup>42</sup> Hinweise enthalten der Grundsatz G46 „Belastungen des Muskel- und Skelettsystems“ sowie die zugehörige Handlungsanleitung (BGI 504-46, Teil 2)



#### Befragung der Beschäftigten

Bei der Einschätzung der Höhe der Belastungen helfen ergänzend konkrete Befragungen der betroffenen Beschäftigten nach den in Abschnitt 8.2 genannten typischen körperlichen Beschwerden.

#### Herstellerangaben

Ob von Maschinen Vibrationen ausgehen, ist auch ohne Beobachtung der Tätigkeiten oder Messungen durch Herstellerangaben feststellbar. Hersteller müssen die Vibrationsintensität von Maschinen in der Betriebsanleitung oder den Verkaufsunterlagen angeben<sup>43</sup>. Einige Hersteller stellen Vibrationsdaten ihrer Produkte auch auf ihren Internetseiten bereit. Kennwertdatenbanken enthalten zudem Vibrationsmesswerte von älteren, aber auch neueren Maschinen (vgl. Anlage 6).

#### Gefahrenquellen, gefährbringende Bedingungen und betroffene Beschäftigte ermitteln

Wird der Gefährdungsfaktor „Vibrationen“ festgestellt, sind im nächsten Schritt zu ermitteln:

- alle Vibrationsquellen, denen die Beschäftigten ausgesetzt sind
- die betroffenen Beschäftigten
- die Arbeitsbedingungen, unter denen die Vibrationen auftreten

#### Substitution

Bevor im nächsten Schritt eine recht aufwendige Risikobeurteilung erfolgt, ist zunächst zu prüfen, ob eine Substitution durch vibrationsärmere Vibrationsquellen möglich ist.

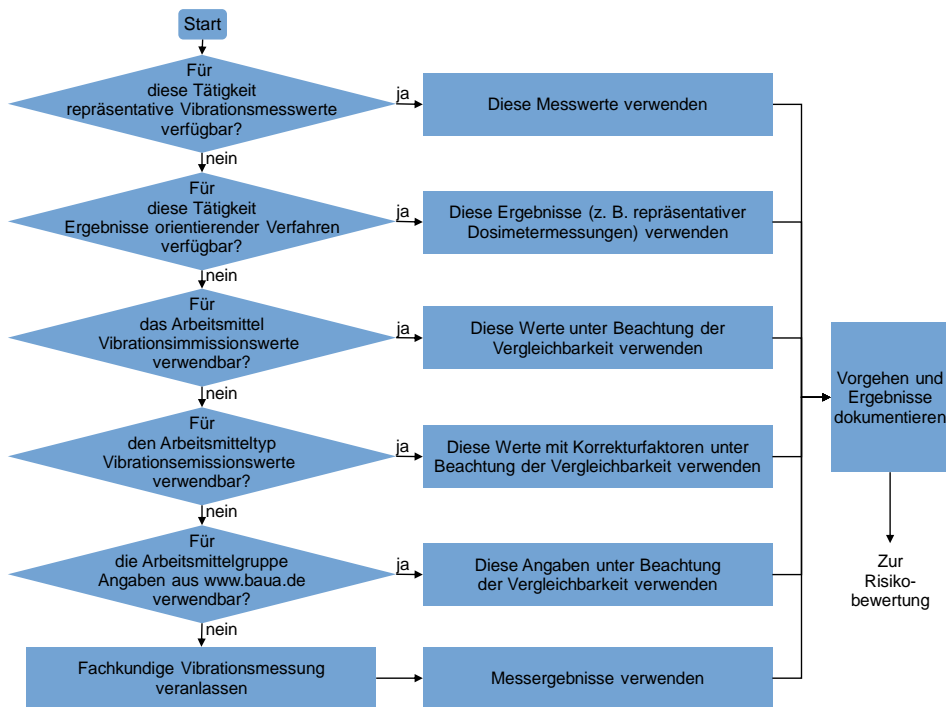
<sup>43</sup> Nach Anlage 1, Abschnitt 2.2.1.1 und 3.6.3 der EG-Maschinenrichtlinie, auf die sich die Maschinenverordnung (9. GPSGV) bezieht, muss der Hersteller bei Hand-Arm-Vibrationen mit Vibrationsintensität bis  $2,5 \text{ m/s}^2$  „ $\leq 2,5 \text{ m/s}^2$ “ angeben, darüber die tatsächlichen Messwerte; bei Ganzkörper-Vibrationen ist bei Vibrationsintensität bis  $0,5 \text{ m/s}^2$  „ $0,5 \text{ m/s}^2$ “, darüber die tatsächlichen Messwerte anzugeben.

Anschließend ist der Tages-Vibrationsexpositionspegel **A(8)** zu ermitteln. Dieser Wert berücksichtigt die von Schwingungserregern ausgehende **Vibrationsintensität  $\alpha$**  und deren **Einwirkungsdauer  $t$**  über einen 8-Stunden-Tag.

**Tages-Vibrations-expositionspegel ermitteln**

Zur Ermittlung der Vibrationsintensität ist dabei - abhängig von den verfügbaren und möglichst repräsentativen Daten - entsprechend Abbildung 8.7 vorzugehen.

**Vibrationsintensität ermitteln**



**Abbildung 8.7:**  
Rangfolge bei der Auswahl geeigneter Informationsquellen für die Beurteilung der unmittelbaren Vibrationsgefährdung

Vorzugsweise sind bereits durch konkrete Messungen im Betrieb verfügbare Immissionsdaten zu verwenden. Vibrationsmessungen sind jedoch kompliziert und aufwendig. Die je nach Einsatzgebiet anzuwendenden Messverfahren erfordern besondere Fachkunde, Erfahrung und Spezialequipment externer Experten. Soweit möglich wird daher versucht, die Vibrationsintensität durch Abschätzung orientiert an bekannten Messwerten unter ähnlichen Arbeitsbedingungen (z. B. aus Herstellerangaben) abzuleiten.

Weitere Erläuterungen zur Ermittlung der Informationsquellen enthält TRLV Vibrationen, [Teil 1](#), Abschnitt 4.2.

Unter [www.baua.de](http://www.baua.de), Themenbereich „Vibrationen“ stehen [Gefährdungstabellen](#) mit Orientierungswerten für Fahrzeuge und Transportmittel (Ganzkörpervibrationen) und Bau-, Holz- und Metallverarbeitungsmaschinen, Forst und Gartenbau (Hand-Arm-Vibrationen) zur Verfügung.



Die Einwirkungsdauer, auch Expositionsdauer genannt, summiert die Zeiteile auf, die ein konkreter Schwingungserreger tatsächlich auf den menschlichen Organismus einwirkt.

**Einwirkungsdauer ermitteln**

Die Kombination von Vibrationsintensität und Einwirkungsdauer einer oder mehrerer Schwingungserreger kann erfolgen:

- ⇒ über eine Formel
- ⇒ mithilfe einer Matrix
- ⇒ mithilfe eines Vibrationsexpositionsrechners



Anlage 6 beschreibt die Vorgehensweise zur Ermittlung der Tages-Vibrationsexposition mit Hilfe der Emissionswerte des Herstellers.

#### Tagesexposition beurteilen

Die ermittelte Tagesexposition ist im Hinblick auf die von ihr ausgehenden Wirkung unter Berücksichtigung von Erkenntnissen aus der arbeitsmedizinischen Vorsorge sowie allgemein zugängliche, veröffentlichte Informationen anhand der Auslösewerte und Expositionsgrenzwerte der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (vgl. Tabelle 8.1) zu beurteilen. Der Handlungsbedarf kann orientiert am Ampelmodell festgestellt werden (vgl. Abbildung 8.6):

- ⇒ Erreicht der ermittelte Tages-Vibrationsexpositionswert den Expositionsgrenzwert, so besteht hohes Gesundheitsrisiko (roter Bereich). Es sind mindestens die Maßnahmen entsprechend Tabelle 8.2 bei Erreichen des Expositionsgrenzwerts zu ergreifen. Wird der Expositionsgrenzwert sogar überschritten, sind unverzüglich Sofortmaßnahmen zur Reduzierung unter den Expositionsgrenzwert zu ergreifen.
- ⇒ Überschreitet der festgestellte Tages-Vibrationsexpositionswert den Auslösewert (ohne den Expositionsgrenzwert zu erreichen), so besteht ein mittleres Gesundheitsrisiko (gelber Bereich). Es sind mindestens die Maßnahmen entsprechend Tabelle 8.2 bei Überschreitung des Auslösewerts zu ergreifen.
- ⇒ Wird der Auslösewert nicht überschritten, ist das Gesundheitsrisiko durch direkte Vibrationseinwirkung gering (grüner Bereich). Möglicherweise gibt es aber weitere Verbesserungsmöglichkeiten, die zu prüfen sind.

Unabhängig davon sind mögliche mittelbare Gefährdungen und Kombinationswirkungen zu prüfen und ggf. erforderliche Maßnahmen zu ergreifen.



Weitere Hinweise zur Ermittlung, Messung, und Beurteilung von Ganzkörper- bzw. Hand-Arm-Vibrationen enthalten die folgenden EU-Handbücher:

- Hand-Arm-Vibration: [bb.osha.de/docs/EU\\_HAV\\_Handbuch.pdf](https://bb.osha.de/docs/EU_HAV_Handbuch.pdf)
- Ganzkörper-Vibration: [bb.osha.de/docs/EU\\_GKV\\_Handbuch.pdf](https://bb.osha.de/docs/EU_GKV_Handbuch.pdf)

Als Fachkraft für Arbeitssicherheit sollten Sie einen groben Überblick haben, bei welchen Verfahren und Arbeitsmitteltypen nach welcher Einwirkungsdauer die Auslöse- und Expositionsgrenzwerte erreicht werden und von daher mit Gesundheitsrisiken zu rechnen ist.

Gewinnen Sie einen Eindruck über kritische Arbeitsmitteltypen und Einwirkungsdauern mithilfe der [Gefährdungstabellen](#) unter [www.baua.de](http://www.baua.de), Themenbereich „Vibrationen“.



## 8.6 Gestaltungskonzepte

### Gefahrenquelle vermeiden

Das kann geschehen durch:

- ⇒ Auswahl schwingungsfreier oder schwingungsarmer Arbeitsverfahren (z. B. Riemen- statt Kettentrieb, Bohren statt Stanzen oder Hämmern, Elektro- statt Verbrennungsmotor) und Arbeitsmittel
- ⇒ Auswahl von Arbeitsmitteln mit möglichst niedrigen vom Hersteller angegebenen Vibrationsemissionskennwerten
- ⇒ Auswahl von vibrationsreduzierten Maschinenwerkzeugen und Verbrauchsmitteln (z. B. Schleifmittel)
- ⇒ Auswahl der Reifen von Fahrzeugen entsprechend des zu befahrenden Untergrunds; Einstellen des optimalen Reifendrucks
- ⇒ Glättung der Fahrbahn bei Fahrzeugen aller Art
- ⇒ Instandhaltung von Fahrbahnen
- ⇒ Vermeiden von Verschleiß durch Wartung, frühzeitigen Austausch von Verschleißteilen, Beseitigen von Unwuchten und Resonanzen (optimale Drehzahl, Zusatzmassen), scharfe Schneidwerkzeuge, regelmäßiges Schmieren beweglicher Teile usw.



Durch vorbeugende Instandhaltung und entsprechende Wartungsprogramme können verschleißbedingt erhöhte Vibrationen vermieden werden.

### Wirksamwerden der Gefahrenquelle technisch ausschließen

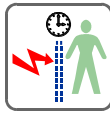
Kann die Schwingungsquelle nicht vermieden bzw. die Vibrationsintensität nicht verringert werden, sind **technische Maßnahmen** zur Reduzierung der Schwingungsübertragung zu ergreifen, wie z. B.:

- ⇒ Aktivisolierung, d. h. Isolierung der Schwingungsquelle von der Umgebung durch elastische Lagerung (z. B. vibrationsdämpfende Handgriffe)
 

Eine Verminderung der Vibrationsbelastung bei Motorkettensägen ist durch den Einbau von Gummi-Elementen zwischen Motorgehäuse und Handgriffen zu erreichen (Anti-Vibrations-System). Dieses System hat die Vibrationsbelastung durch Motorkettensägen um etwa die Hälfte reduziert.
- ⇒ Passivisolierung, d. h. Isolierung des Arbeitsplatzes (z. B. elastisch gelagerter Fahrersitz in Bussen und Lkw, schwingungssichere Maschinenaufstellung)



- ⇒ Fahrerinnen und Steuerhebel, die aufrechtes und nicht verdrehtes Sitzen bei der Arbeit ermöglichen



### Wirksamwerden der Gefahrenquelle organisatorisch ausschließen

Ist durch solche Maßnahmen die Vibrationsintensität nicht oder nicht weit genug zu reduzieren, muss die **Einwirkungsdauer möglichst gering** gehalten werden, z. B. durch den Einsatz geeigneter, wirksamer und gut gewarteter Werkzeuge oder durch organisatorische Maßnahmen wie rotierenden Personaleinsatz. Durch Erholungszeiten (Expositions-pausen, Geh- oder Liegepausen bei Ganzkörperschwingungen, schwingungsarme Tätigkeiten) lässt sich die Expositionszeit verkürzen.

Vibrationsintensive Tätigkeiten dürfen nur von geeigneten (erforderlichenfalls arbeitsmedizinisch überwachten) Beschäftigten ausgeführt werden.

Jugendliche dürfen Arbeiten mit gesundheitsschädlichen Vibrationen nur zur Erreichung des Ausbildungsziels unter der Aufsicht eines Ausbilders ausüben.

Schwangere und das ungeborene Kind dürfen schädlichen Wirkungen von Vibrationen nicht ausgesetzt sein.



### Einwirkung der Gefahrenquelle verhindern bzw. mindern

Als **Persönliche Schutzausrüstung** steht der Vibrationsschutzhandschuh zur Verfügung. Er ist aber in seiner Wirkung begrenzt, z. T. umstritten und stellt ggf. eine beträchtliche Zusatzbelastung dar. Unterhalb von 150 Hz (entspricht 9.000 Umdrehungen pro Minute) und bei kräftigem Zugreifen bieten Vibrationsschutzhandschuhe keine nennenswerte Verringerung der Vibrationsintensität.

Das Tragen warmhaltender Handschuhe bei Kälte beugt Durchblutungsstörungen der Hände vor.



### Arbeitsschutzgerechtes Verhalten

Die Vibrationsintensität auf den Bediener ist teilweise durch vibrationsmindernde Handhabung beeinflussbar. So kommt es z. B. darauf an, dass Fahrersitze entsprechend dem aktuellen Körpergewicht des Benutzers genau eingestellt werden und keine Hindernisse im Schwingbereich abgestellt werden. Die Vibrationsintensität ist ggf. auch durch Verringerung der Greif- und Andruckkräfte reduzierbar.

**Gefahr  
durch Vibration!  
max. 30 Minuten  
pro Tag verwenden!**

Maschinen können je nach Vibrationsintensität mit einem Farbcode im Ampelsystem versehen sein, mit deren Hilfe die Beschäftigten möglichst vibrationsarme Arbeitsmittel auswählen können. Vibrationsintensive Maschinen sollten mit dem deutlich sichtbaren Hinweis auf die täglich maximal zulässige Einwirkungsdauer gekennzeichnet werden (siehe nebenstehendes Beispiel). In der Unterweisung ist darauf näher einzugehen.

Das Risiko von Durchblutungsstörungen der Hände kann durch Maßnahmen zur Verbesserung der peripheren Blutzirkulation begrenzt verringert werden, z. B. Wärmen und Warmhalten der Hände, Bewegen der Finger nach vibrationsintensiven Tätigkeiten und zwischendurch, Nichtrauchen, kein Alkoholgenuss.

Vertiefende Informationen zum Vibrationsschutz enthalten:

- TRLV Vibrationen, [Teil 3 „Vibrationsschutzmaßnahmen“](#)
- die Veröffentlichungen des Instituts für Arbeitsschutz (IFA) der DGUV in <http://publikationen.dguv.de> unter dem Stichwort „Vibration“
- die EU-Handbücher [Ganzkörper-Vibration](#) und [Hand-Arm-Vibration](#)

Weitere Hinweise finden sich in:

- VDI-Richtlinie 3831: Schutzmaßnahmen gegen die Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen: Allgemeine Schutzmaßnahmen, Beispiele. Ausgabe 2006-01
- V DIN V 45695: Hand-Arm-Schwingungen – Leitfaden zur Verringerung der Gefährdung durch Schwingungen; technische und organisatorische Maßnahmen. Beuth Verlag Berlin, Ausgabe April 1996



## 9 Zusammenfassung

In dieser Lektion wurde der erste Teil der Gefährdungsfaktoren vertiefend behandelt. Sie haben gelernt, wie sich

- ⇒ mechanische Faktoren,
- ⇒ Elektrizität,
- ⇒ Klima und thermische Faktoren,
- ⇒ Lärm und
- ⇒ Vibrationen

als Unfall- bzw. Gesundheitsgefährdungen darstellen und wie diese auf den Menschen wirken können. Dabei wurde auch bereits deutlich, dass sich die Gefährdungsfaktoren – wenn sie gleichzeitig auftreten – gegenseitig in ihrer Wirkung verstärken können und daher in der Praxis nicht isoliert beurteilt werden dürfen.

Sie haben auch gelernt, wie man die Gefährdungsfaktoren erkennen und mithilfe von Richt- und Grenzwerten beurteilen kann. In einigen Fällen konnte ein Rückgriff auf entsprechende Rechtsvorschriften bzw. Regeln der Technik erfolgen. In anderen Fällen ist die Ermittlung von Messwerten in der Praxis schwierig (wie z. B. bei Vibrationen), oder es liegen kaum Grenz- bzw. Richtwerte vor (wie etwa bei mechanischen Faktoren). Hier sind Sie bei der Ermittlung und Beurteilung in der Regel auf die Beobachtung von Tätigkeiten und die Befragung der Beschäftigten angewiesen.

Schließlich kamen grundlegende Gestaltungskonzepte zur Sprache, die verdeutlichten, wie die in der Einführungslektion behandelte Maßnahmenhierarchie auf den Einzelfaktor anzuwenden ist.

In den Lektionen 2 und 3 werden die weiteren Gefährdungsfaktoren in ähnlicher Weise behandelt.



## Anlage 1: Ergänzende Hinweise zu physischen und psychischen Leistungsvoraussetzungen des Menschen

Die Leistungsvoraussetzungen ergeben sich aus der physischen und psychischen Leistungsfähigkeit und Leistungsbereitschaft. Die körperlichen und geistigen Kräfte des Menschen bestimmen die Anforderungen an den Arbeitsschutz. In den beiden folgenden Unterabschnitten erhalten Sie weitere Informationen zu Grunddaten der Leistungsfähigkeit bzw. Leistungsbereitschaft.

### Leistungsfähigkeit

- ⇒ Physische Leistungsfähigkeit ist bestimmt durch:
- Stütz- und Bewegungssystem  
(weitergehende Informationen siehe Lektion 3, Abschnitt 2)
  - Herzkreislauffähigkeit (s. u.)
  - Atmung und Stoffwechsel (s. u.)
  - Nervensystem und Sinnesorgane  
(weitergehende Informationen siehe Lektion 3, Abschnitt 3)
- ⇒ Psychische Leistungsfähigkeit ist bestimmt durch:
- Informationsaufnahme und Sinneswahrnehmung
  - Informationsverarbeitung
  - Informationsspeicherung  
(weitergehende Informationen siehe Lektion 3, Abschnitt 3).

In der nachfolgenden Tabelle finden Sie Grunddaten zur Leistung von Herz und Lunge.

<b>Herzphysiologie</b>	
Volumen	60,0 cm <sup>3</sup>
Pumpleistung in Ruhe	4,2 l/min
max. Pumpleistung	6,8 l/min
durchschnittliche Leistung	2,0 W
Ruhe-Pulsfrequenz	70,0 Schläge/min
<b>Lungenphysiologie</b>	
Oberfläche der Lungenbläschen	100 – 150 m <sup>2</sup>
Volumen je Atemzug	0,5 l
Atemfrequenz	12 Züge/min (Ruhe)
<b>Luftverbrauch</b>	
• Ruhe	6 l/min
• Sitzen	7 l/min
• Gehen	14 l/min
• Rennen	43 l/min

Tabelle:  
Herz- und  
Lungenphysiologie<sup>44</sup>

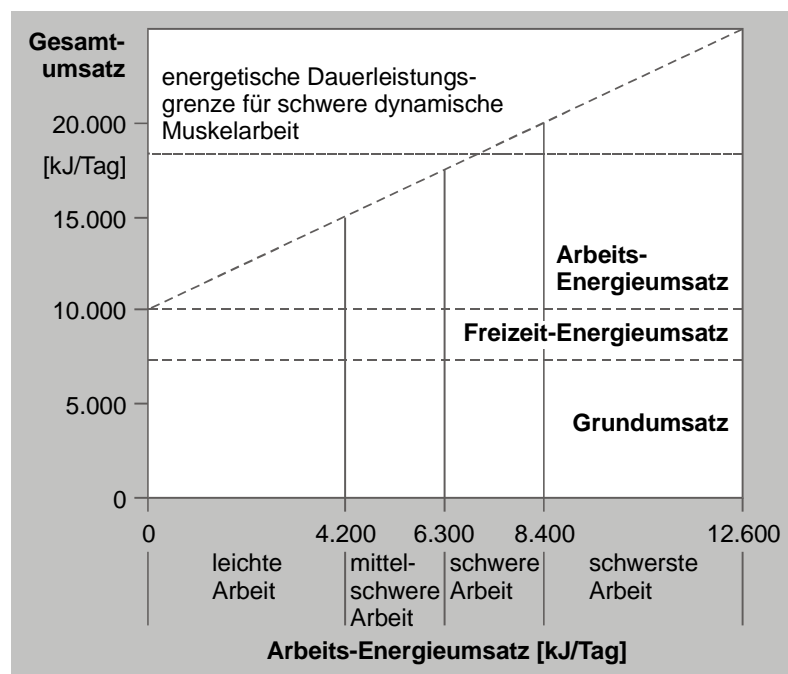
<sup>44</sup> Nach: Bullinger, H.-J.: Ergonomie: Produkt- und Arbeitsplatzgestaltung. Unter Mitarbeit von Ilg, R. und Schmauder, M., nach Bappert, 1981. Stuttgart: Teubner, 1994, S. 52. – ISBN 3-519-06366-2.

**Stoffwechsel** Nahrung und Sauerstoff werden im menschlichen Körper in Wärme und mechanische Energie umgewandelt. Der tägliche Energieumsatz setzt sich zusammen aus:

- ⇒ **Grundumsatz**  
(notwendig für die Aufrechterhaltung der Körperfunktionen)
- ⇒ **Freizeitenergieumsatz**  
(stellt die erforderliche Energie für die Aktivitäten in der Freizeit bereit)  
Dieser Wert ist entsprechend Umfang und Art der Freizeitaktivitäten variabel.
- ⇒ **Arbeitsenergieumsatz**  
(benötigte Energie für die Aktivitäten in der Arbeit)  
Dieser Wert ist in Abhängigkeit von der Schwere der Arbeit variabel.

Durchschnittswerte zeigt die nächste Abbildung.

Abbildung:  
Täglicher  
Energieumsatz<sup>45</sup>



Durchschnittswerte für den Energieumsatz bei unterschiedlichen Körperstellungen und -bewegungen sowie unterschiedlicher Art der Arbeit zeigt die folgende Tabelle.

Körperstellung, -bewegung	kJ/min
Sitzen	1,0
Knien	3,0
Stehen	2,5
Gebücktes Stehen	4,0
Gehen	7,0 – 15,0
Steigen ohne Last, Steigung über 10 <sup>0</sup>	3,0 je m Steighöhe

<sup>45</sup> Nach: Bullinger, H.-J.: Ergonomie: Produkt- und Arbeitsplatzgestaltung. Unter Mitarbeit von Ilg, R. und Schmauder, M., nach Spitzer u. a., 1982. Stuttgart: Teubner, 1994, S. 50. – ISBN 3-519-06366-2.

Art der Arbeit		kJ/min
Handarbeit	leicht	1,0 – 2,5
	mittel	2,5 – 4,0
	schwer	4,0 – 5,5
Einarmarbeit	leicht	2,5 – 5,0
	mittel	5,0 – 7,5
	schwer	7,5 – 10,0
Zweiarmarbeit	leicht	6,0 – 8,5
	mittel	5,0 – 7,5
	schwer	11,0 – 13,5
Körperarbeit	leicht	11,0 – 17,0
	mittel	17,0 – 25,0
	schwer	25,0 – 35,0
	sehr schwer	35,0 – 50,0

Tabelle:  
Energieumsatz<sup>46</sup>

### Leistungsbereitschaft

Die Leistungsbereitschaft lässt sich durch vier Bereiche charakterisieren (vgl. folgende Abbildung):

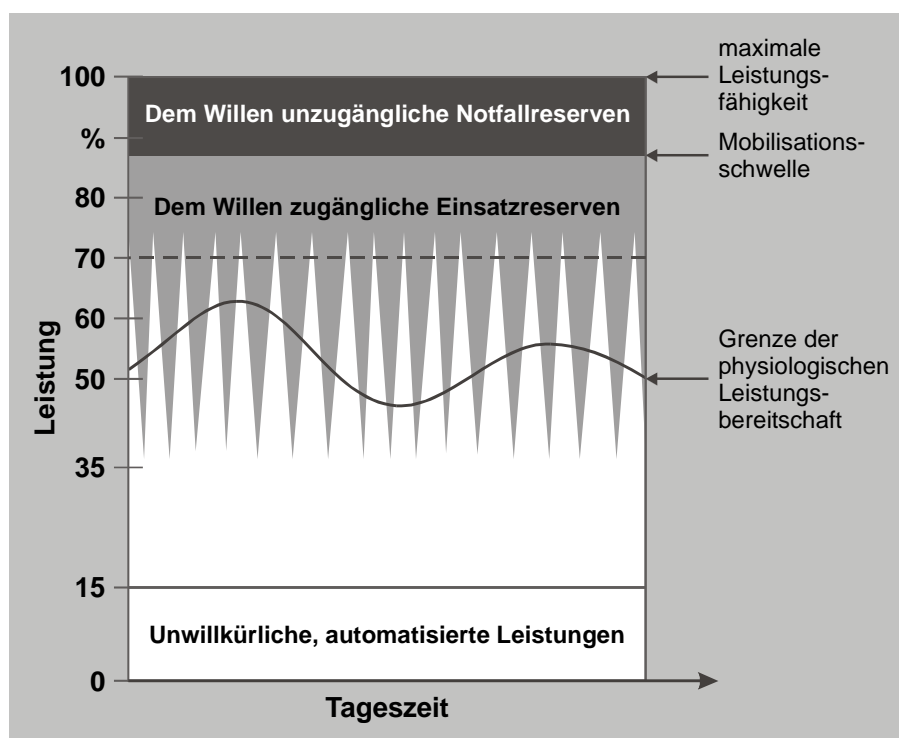


Abbildung:  
Bereiche der  
Leistungs-  
bereitschaft<sup>47</sup>

#### ⇒ Unwillkürliche, automatisierte Leistungen

Hierzu gehören die Grundfunktionen des Lebens wie Atmung, Kreislauf, Verdauung, aber auch Laufen, Sprechen, Lesen sowie einfache automatisierte Tätigkeiten wie z. B. Autofahren in einfachen Verkehrssituationen.

<sup>46</sup> Nach: Bullinger, H.-J.: Ergonomie: Produkt- und Arbeitsplatzgestaltung. Unter Mitarbeit von Ilg, R. und Schmauder, M., nach Spitzer u. a., 1982. Stuttgart: Teubner, 1994, S. 51. – ISBN 3-519-06366-2.

<sup>47</sup> Nach: Bullinger, H.-J.: Ergonomie: Produkt- und Arbeitsplatzgestaltung. Unter Mitarbeit von Ilg, R. und Schmauder, M., nach Graf, 1961. Stuttgart: Teubner, 1994, S. 46. – ISBN 3-519-06366-2.

⇒ **Physiologische Leistungsbereitschaft**

Dies ist die Leistung, die ohne besondere willentliche Anstrengung verfügbar ist. Leistungsanforderungen in der Arbeit sollten in diesem Bereich liegen.

⇒ **Dem menschlichen Willen zugängliche Einsatzreserven**

Diese sind z. B. für sportliche Höchstleistungen mobilisierbar.

⇒ **Dem Willen unzugängliche Notfallreserven**

Solche Reserven sind beispielsweise in außergewöhnlichen Gefahrensituationen verfügbar.

Um eine Überforderung des Menschen auszuschließen, ist die sogenannte Dauerleistungsgrenze einzuhalten.



Dauerleistungsgrenze

**Unter Dauerleistungsgrenze wird verstanden:**

**Arbeitsbelastung, die maximale Arbeit ohne zusätzliche Erholungspausen über einen Zeitraum von 8 Stunden ohne Leistungsabfall zulässt.**

Dauerleistungsgrenzen sind von menschlichen Parametern abhängig und für verschiedene Formen der Arbeit zu bestimmen. Ein Beispiel für die Dauerleistungsgrenze ist die Belastung, bewertet nach der Pulsfrequenz (vgl. folgende Abbildung).

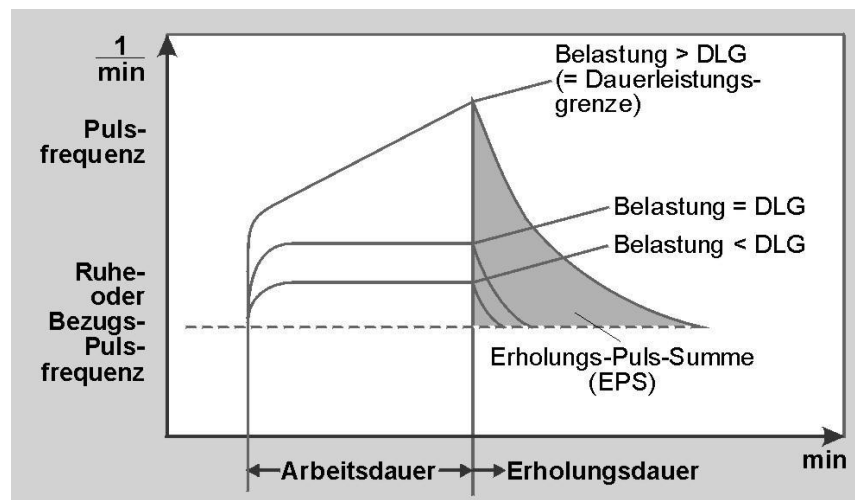


Abbildung:  
Einfluss der Belastung  
auf die Pulsfrequenz<sup>48</sup>

<sup>48</sup> Nach: Bullinger, H.-J.: Ergonomie: Produkt- und Arbeitsplatzgestaltung. Unter Mitarbeit von Ilg, R. und Schmauder, M., nach Müller, in: Lehmann, 1983. Stuttgart: Teubner, 1994, S. 48. – ISBN 3-519-06366-2.

## Anlage 2: Übersicht zu grundlegenden Vorschriften und Regeln zur Beschaffenheit und zum Betrieb elektrischer Betriebsmittel

Die Rechtsquellen enthalten grundlegende Vorschriften zur Beschaffenheit und zum Betrieb und verweisen zur Konkretisierung auf die Regeln der Technik. Von Bedeutung sind hier vor allem:

- ⇒ Elektrische Anlagen und Betriebsmittel (GUV-V A3 bzw. [BGV A3](#))
- ⇒ Elektrofachkräfte ([BGI 548](#))
- ⇒ Explosionsschutz-Regeln (EX-RL) (GUV-R 104 bzw. BGR 104)
- ⇒ Einsatz von elektrischen Betriebsmitteln bei erhöhter elektrischer Gefährdung ([BGI 594](#))
- ⇒ Auswahl und Betrieb ortsveränderlicher elektrischer Betriebsmittel nach Einsatzbedingungen ([BGI/GUV-I 600](#))
- ⇒ Auswahl und Betrieb elektrischer Anlagen und Betriebsmittel auf Bau- und Montagestellen ([BGI/GUV-I 608](#))
- ⇒ Sicherheit bei Arbeiten an elektrische Anlagen ([BGI 519](#))
- ⇒ Sicherheit durch Schalteinrichtungen ([BGI 709](#))
- ⇒ Kommentar zur UVV Elektrische Anlagen und Betriebsmittel ([GUV-I 8590](#))
- ⇒ EN 50110 Betrieb von elektrischen Anlagen

### Anlage 3: Wirkung klimatischer Faktoren auf den Menschen

Die Raumtemperatur hat Wirkungen auf physiologische Größen des Menschen, wie Herzfrequenz, Sauerstoffaufnahme, Gewichtsabnahme, Körpertemperatur:

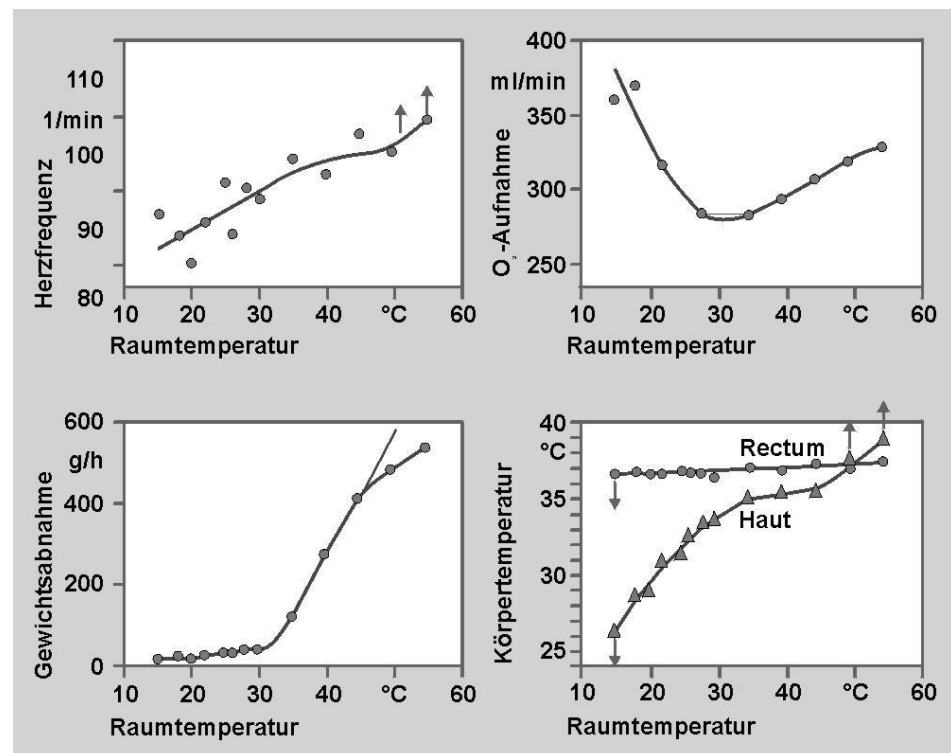


Abbildung:  
Verhalten physiologischer Größen in Abhängigkeit von der Raumtemperatur<sup>49</sup>

#### Wie sind klimatische Faktoren erkennbar?

Die Bewertung des Klimas muss anhand unterschiedlicher Einflussgrößen und mit unterschiedlichen Verfahren erfolgen.

Zur Beurteilung des Klimas müssen auch die personenbezogenen Einflussgrößen herangezogen werden. Hierzu zählen die Bekleidung, die Arbeitsschwere, aber auch persönliche Merkmale wie Kondition und Konstitution. Eine Übersicht zum Einfluss der Bekleidung gibt die folgende Abbildung.

<sup>49</sup> Nach: Bullinger, H.-J.: Ergonomie: Produkt- und Arbeitsplatzgestaltung. Unter Mitarbeit von Ilg, R. und Schmauder, M., nach Wenzel, in: Schmidtke, 1993. Stuttgart: Teubner, 1994, S. 184. – ISBN 3-519-06366-2.












Unbekleidet	Shorts	Leichte Arbeitskleidung	Overall (Baumwolle)	Regenschutanzug, 2-teiliger Anzug (Polyurethan)	Feste Arbeitskleidung
					
Isolationswert $I_{cl}$ (clo *) = 0	Isolationswert $I_{cl}$ (clo *) = 0,1	Isolationswert $I_{cl}$ (clo *) = 0,6	Isolationswert $I_{cl}$ (clo *) = 0,8	Isolationswert $I_{cl}$ (clo *) = 0,9	Isolationswert $I_{cl}$ (clo *) = 1,0
$\frac{m^2 \cdot K}{W} = 0$	$\frac{m^2 \cdot K}{W} = 0,016$	$\frac{m^2 \cdot K}{W} = 0,093$	$\frac{m^2 \cdot K}{W} = 0,124$	$\frac{m^2 \cdot K}{W} = 0,140$	$\frac{m^2 \cdot K}{W} = 0,155$
Leichter Straßenanzug	Freizeitbekleidung	Schmelzeranzug und Hitzeschutzmantel	Kleidung für naßkaltes Wetter	Polarkleidung	*) Kennwert für den Isolationswert der Bekleidung in "clothing-Einheiten", kurz clo genannt [1 clo = 0,155 (m <sup>2</sup> ·K)/W].
					
Isolationswert $I_{cl}$ (clo *) = 1,0	Isolationswert $I_{cl}$ (clo *) = 1,2	Isolationswert $I_{cl}$ (clo *) = 1,4	Isolationswert $I_{cl}$ (clo *) = 1,5 bis 2,0	Isolationswert $I_{cl}$ (clo *) = ab 3,0	
$\frac{m^2 \cdot K}{W} = 0,155$	$\frac{m^2 \cdot K}{W} = 0,186$	$\frac{m^2 \cdot K}{W} = 0,217$	$\frac{m^2 \cdot K}{W} = 0,233-0,310$	$\frac{m^2 \cdot K}{W} = ab 0,465$	

Abbildung: Isolationswerte von ausgewählten Bekleidungen im trockenen Zustand<sup>50</sup>

Als Kriterium zur Klimabewertung kann auch die Herzfrequenz dienen (siehe Abbildung).

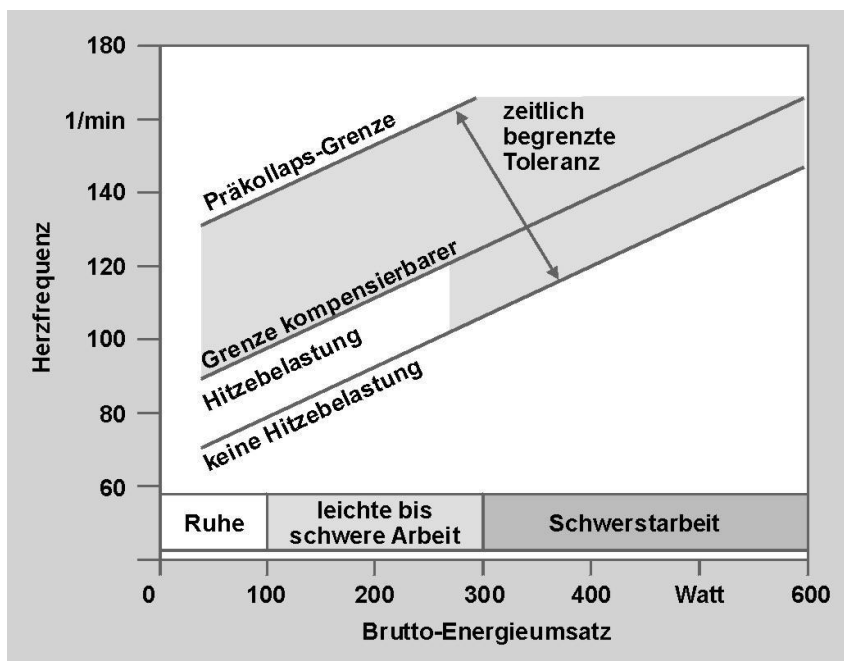


Abbildung: Herzfrequenz als Kriterium für die Wärmebelastung<sup>51</sup>

<sup>50</sup> Nach: Bullinger, H.-J.: Ergonomie: Produkt- und Arbeitsplatzgestaltung. Unter Mitarbeit von Ilg, R. und Schmauder, M., Quelle: DIN 33403. Stuttgart: Teubner, 1994, S. 185. – ISBN 3-519-06366-2.

<sup>51</sup> Nach: Bullinger, H.-J.: Ergonomie: Produkt- und Arbeitsplatzgestaltung. Unter Mitarbeit von Ilg, R. und Schmauder, M., nach Bedding, in: Schmidtke, 1993. Stuttgart: Teubner, 1994, S. 186. – ISBN 3-519-06366-2.

Der Einfluss der Art der Tätigkeit auf die Behaglichkeitswerte sieht folgendermaßen aus:

Tabelle:  
Behaglichkeits-  
bereiche der  
Klimagrößen bei  
unterschiedlichen  
Tätigkeiten<sup>52</sup>

Art der Tätigkeit	Lufttemperatur in °C			Luftfeuchte in %			Luftbewegung in m/s Max.
	Min.	Opt.	Max.	Min.	Opt.	Max.	
Büroarbeit	18	21	24	40	50	70	0,1
Leichte Handarbeit im Sitzen	18	20	24	40	50	70	0,1
Leichte Arbeit im Stehen	17	18	22	40	50	70	0,2
Schwerarbeit	15	17	21	30	50	70	0,4
Schwerstarbeit	14	16	20	30	50	70	0,5
Hitzearbeit (strahlungsbelastet)	12	15	18	20	35	60	1,0 – 1,5

<sup>52</sup> Nach: Bullinger, H.-J.: Ergonomie: Produkt- und Arbeitsplatzgestaltung. Unter Mitarbeit von Ilg, R. und Schmauder, M., nach Hoesch, 1987. Stuttgart: Teubner, 1994, S. 189. – ISBN 3-519-06366-2.



## Anlage 4: Vorausschauende Abschätzung von Lärm- immissionen in Planungsphasen

Für die vorausschauende Vermeidung gesundheitsgefährdenden Lärms muss beim Einsatz lärmintensiver Arbeitsmittel oder Verfahren aus den Lärmemissionsdaten der einzelnen Lärmquellen die Lärmimmission am Arbeitsplatz bereits in der Planungsphase abgeschätzt werden. Hierfür gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten.

### Rechnergestützte Simulation der Lärmimmissionsverhältnisse

Es handelt sich um ein komplexes Verfahren entsprechend der Norm EN ISO 11690-3 bzw. der VDI-Richtlinie 3760, das nur von entsprechend ausgerüsteten Fachinstituten oder Fachstellen der Berufsgenossenschaften durchgeführt werden kann. Wegen der relativen Genauigkeit der Prognoseergebnisse, aber auch wegen des größeren Aufwandes ist der Einsatz dieses Verfahrens sinnvoll bei

- ⇒ einer größeren Zahl von Lärmquellen,
- ⇒ zu erwartender hoher Lärmbelastung.

### Grobabschätzung der Lärmimmissionen an Arbeitsplätzen

Dieses relativ einfache Verfahren kann auch nur für einfache Fälle mit wenigen Lärmquellen angewendet werden. Dabei ist wie folgt vorzugehen:

1. Ermitteln, welche Emissionsquellen (Lärm emittierende Arbeitsmittel und Arbeitsverfahren) zu erwarten sind
2. Ermitteln der Lärmemissionswerte der einzelnen Emissionsquellen  
Lärmemissionswerte von Arbeitsmitteln müssen vom Hersteller für unterschiedliche Betriebszustände angegeben werden (vgl. „Herstellerangaben“ in Abschnitt 7.5). Der Hersteller muss zudem die Messorte relativ zum Arbeitsmittel angeben (in der Regel der Bedienerarbeitsplatz oder 1-m-Abstand von der Hüllfläche). Diese Daten können aus den Betriebsanleitungen entnommen oder direkt von den Herstellern abgefordert werden. Dabei ist eine kritische Prüfung der Herstellerangaben anzuraten. Das betrifft insbesondere die für die Messwerte geltenden Betriebsbedingungen. Bei der Abfrage der Daten vom Hersteller kann darauf verwiesen werden, dass die Daten Bestandteil eines möglicherweise bevorstehenden Kaufvertrags sein werden. Bei vorhandenen Arbeitsmitteln und Arbeitsverfahren können orientierende Lärmemissionsmessungen vorgenommen werden (vgl. VDI-Richtlinie 2569).

3. Abschätzung des Nutzungsprofils der einzelnen Emissionsquellen.

Wann und wie lange wird die Emissionsquelle täglich im Durchschnitt betrieben?

4. Ermitteln der Schallpegelabnahme je Abstandsverdoppelung  $DL_2$  in Abhängigkeit der Raumcharakteristik mithilfe der folgenden Tabelle

Raumcharakteristik	$DL_2$ in dB(A)
<b>Büroräume</b> mit Teppichboden, Akustikdecke, Trennwänden	
• Bei einem Volumen von 70 bis 130 m <sup>3</sup>	2,5
• Bei einem Volumen von 130 bis 500 m <sup>3</sup>	3 bis 4
• Bei einem Volumen von über 500 m <sup>3</sup>	4 bis 5
<b>Arbeitsräume, Werkstätten</b>	
• Leer, ohne raumakustische Maßnahmen	1 bis 3
• Leer, mit raumakustischen Maßnahmen	3 bis 4
• Mit Einrichtung, ohne raumakustische Maßnahmen	2,5 bis 4
• Mit raumakustischen Maßnahmen und Einrichtung	3,5 bis 5

Tabelle:  
Schallpegelabnahme  
je Abstands-  
verdoppelung  $DL_2$   
bei unterschiedlicher  
Raumcharakteristik

Dabei sind für kleinere Räume und für den Nahbereich (bis 5 m Abstand) eher die kleineren Werte anzusetzen; Reflexionsschall ist hierbei bereits berücksichtigt.

5. Einzeichnen der Emissionsquellen und der Arbeitsplätze in einen Lageplan (Grundriss) des Raums bzw. der Halle
6. Ermitteln der Expositionszeit der Arbeitnehmer
- Wann und wie lange halten sich die Beschäftigten im Expositionsbereich auf?
7. Abschätzung der Lärmimmissionen am Arbeitsplatz durch die einzelnen Emissionsquellen nach folgenden Grundsätzen:
- Jede Abstandsverdoppelung von der Emissionsquelle führt zu einer Abnahme des Schalldruckpegels um den oben festgestellten  $DL_2$ -Wert. (Beispiel: Der exponierte Beschäftigte hält sich in 4 Meter Abstand zur Lärmquelle auf, während sich der angegebene Lärmpegel auf einen Abstand von 1 Meter von der Lärmquelle bezieht; der Abstand verdoppelt sich also zweimal von 1 auf 4 Meter; der Lärmpegel reduziert sich also um 2 \*  $DL_2$ -Wert.)
  - Je nach der Zeit, die der Beschäftigte der jeweiligen Lärmemission ausgesetzt ist, verringert sich der Einzel-Lärmpegel weiter um den Wert entsprechend Abbildung 7.8.

8. Zusammenführen der ermittelten Einzel-Lärmpegel zum Tages-Lärmexpositionspegel nach folgendem Schema:
- Es ist vom lautesten Einzel-Lärmpegel am Arbeitsplatz ausgehen.
  - Zu diesem lautesten Einzel-Lärmpegel ist für den zweitlautesten Einzel-Lärmpegel entsprechend der folgenden Abbildung der Zuschlag  $\Delta L$  zu addieren.

Wenn die leisere Lärmquelle gegenüber der lautesten Lärmquelle um ... dB(A) leiser ist, ...															
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
3	2,5	2,1	1,8	1,5	1,2	1	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1
... führt dies zur Erhöhung $\Delta L$ des lautesten Lärmpegels um ... dB(A).															

Abbildung:  
Zuschläge für leisere Lärmquellen auf die lauteste Lärmquelle

Beispiel:

Eine Maschine hat einen Lärmpegel von 83 dB(A), eine zweite von 81 dB(A): Die zweite Maschine ist um 2 dB(A) leiser als die lautere; der Gesamtlärmpegel beträgt also  $83 + 2,1 = 85,1$  dB(A).

- Entsprechend ist mit dem dritt-lautesten Einzel-Lärmpegel zu verfahren, wobei dieser mit dem jeweiligen Summenwert der lauteren Einzel-Lärmpegel zu vergleichen ist.

Fortführung des o. g. Beispiels:

Der Einzel-Lärmpegel der drittlautesten Maschine (z. B. 77 dB(A)) wird mit dem Summenwert der beiden lautesten Einzel-Lärmpegel (85,1 dB(A)) verglichen (Differenz = 8,1 dB(A)); das  $\Delta L$  beträgt dann 0,6 dB(A); der Tages-Lärmexpositionspegel beträgt dann 85,7 dB(A).

Alternativ kann auf den Lärmexpositionsrechner des BGIA zurückgegriffen werden:

[www.dguv.de/ifa/de/prax/softwa/expositionsrechner/index.jsp](http://www.dguv.de/ifa/de/prax/softwa/expositionsrechner/index.jsp)



Eine geplante Werkstatt mit einer Länge von 10 m, einer Breite von 6 m und einer Höhe von 4 m soll eingerichtet werden.

Fallbeispiel

1. Ermitteln der geplanten Lärm emittierenden Arbeitsmittel und Arbeitsverfahren:
  - 1 Kreissäge (Emissionsquelle EQ 1)
  - 2 Handschleifmaschinen (Flex) (EQ 2, EQ 3)
  - 1 Druckluft-Kompressor (EQ 4)
  - 1 Pneumatik-Schrauber (EQ 5)
  - Blechrichtarbeiten (EQ 6)

## 2. Ermitteln der Lärmemissionswerte:

<b>EQ 1</b>	Die Kreissäge ist bereits vorhanden – orientierende Messungen ergaben mittlere Emissionswerte von 90 dB(A).
<b>EQ 2, EQ 3</b>	Die Handschleifmaschinen sind bereits vorhanden – orientierende Messungen ergaben mittlere Emissionswerte von 88 dB(A).
<b>EQ 4</b>	Der Hersteller des Druckluftkompressors gibt ein Betriebsgeräusch in 1 m Abstand von 85 dB(A) an.
<b>EQ 5</b>	Der Hersteller des Pneumatik-Schraubers gibt ein Betriebsgeräusch von 83 dB(A) für den Bediener an (ca. 0,5 m Abstand).
<b>EQ 6</b>	Bei orientierenden Vergleichsmessungen wurden mittlere Lärmemissionen von 84 dB(A) gemessen.

## 3. Abschätzen des Nutzungsprofils:

<b>EQ 1</b>	Es wird geschätzt, dass die Kreissäge ca. 1 Stunde pro Tag betrieben wird.
<b>EQ 2, EQ 3</b>	In der Regel ist nur eine Handschleifmaschine im Einsatz – geschätzte Einsatzdauer ca. 2 Stunden pro Tag.
<b>EQ 4, EQ 5</b>	Der Betrieb des Kompressors ist abhängig von der Nutzung des Pneumatik-Schraubers und weiterer Nutzungen: Für beide Geräte wird eine Emissionsdauer von ca. 2 Stunden pro Tag geschätzt.
<b>EQ 6</b>	Blechrichtarbeiten werden pro Tag durchschnittlich 4 Stunden ausgeführt.

## 4. Festlegen der Schallpegelabnahme je Abstandsverdoppelung

Raumakustische Maßnahmen sind bisher nicht vorgesehen. Wände und Decken bestehen aus Beton. Es wird entsprechend der o. g. Tabelle ein Wert von 2,5 dB(A) festgelegt.

## 5. Einzeichnen der Lärmquellen (EQ 1-6) und der Arbeitsplätze (AP 1, AP 2) in den Lageplan:

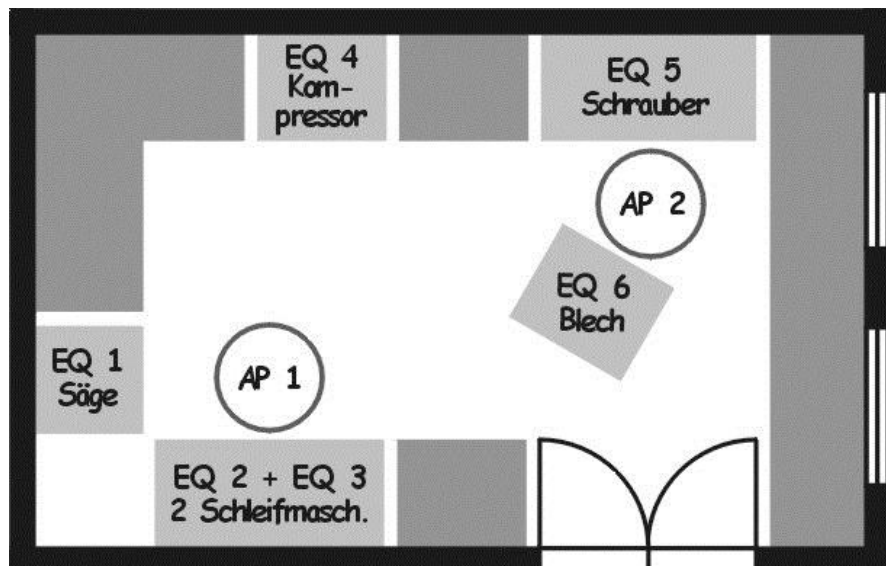


Abbildung:  
Lageplan

6. Expositionszeit der Mitarbeiter

Es sind zwei Mitarbeiter in der Werkstatt tätig. Mitarbeiter 1 hält sich zunächst ca. fünf Stunden pro Tag an AP 1 und dann drei Stunden in einem anderen Raum bei 84 dB(A) Dauerlärmpegel auf. Mitarbeiter 2 hält sich ca. sieben Stunden pro Tag an AP 2 und ca. eine Stunde in einem ruhigen Nebenraum auf.

7. Abschätzen der Einzel-Lärmpegel für die beiden Mitarbeiter

8. Zusammenfügen der Einzellärmpegel zum Tages-Lärmexpositionspegel (siehe letzte Spalte in den beiden nächsten Tabellen)

Quelle	Emissionswert	Abstand zwischen AP und EQ	Zahl der Abstandsverdünnungen gegenüber Messung	Reduzierung Emissionswert wegen Abstand bei Faktor= 2,5	Arbeitsplatz-Immissionswert	Expositionszeit des Beschäftigten	Reduzierung AP – Immissionswert wegen Expositionszeit	Einzel-Lärmpegel	Zuschlag ΔL gegenüber Summenwert der lauterer Quellen	Summenwert
Spalte (S)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Formel		Lageplan		$S \cdot 4^{DL_2}$	$S \cdot 2 - S \cdot 5$			$S \cdot 6 - S \cdot 8$	$\Delta L(S \cdot 9 - S \cdot 11)$	
Einheit	dB(A)	m	Anzahl	dB(A)	dB(A)	h	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)

**Mitarbeiter 1 (vorwiegend AP 1)**

EQ 2/3	88	1	0	0	88	2	6	<b>82</b>		<b>82</b>
EQ 1	90	1	0	0	90	1	9	81	2,5	84,5
Extern					84	3	4,3	79,7	1,2	85,7
EQ 6	84	6	2,5	6,25	77,8	3	4,3	73,5	0,3	86,0
EQ 4	85	4	2	5	80	1,5	7,4	72,6	0,2	86,2
EQ 5	83	5	3,25	8	75	1,5	7,4	67,6	0	86,2
<b>Tages-Lärmexpositionspegel für Mitarbeiter/Arbeitsplatz 1:</b>										<b>86,2</b>

**Mitarbeiter 2 (vorwiegend AP 2)**

EQ 6	84	1	0	0	84	4	3	<b>81</b>		<b>81</b>
EQ 5	83	0,5	0	0	83	2	6	77	1,4	82,4
EQ 2/3	88	6	2,5	6,2	81,8	2	6	75,8	0,8	83,2
EQ 4	85	4	2	5	80	2	6	74	0,6	83,8
EQ 1	90	8	3	7,5	82,5	1	9	73,5	0,5	84,3
<b>Tages-Lärmexpositionspegel für Mitarbeiter/Arbeitsplatz 2:</b>										<b>84,3</b>

Zur Abschätzung auf Basis von Geräuschemissions- und Lärmimmissionsvergleichswerten vgl. [TRLV Lärm, Teil 1](#), Abschnitt 6.3 mit Anhang 3.



**Tabelle:**  
Voraussichtliche Tages-Lärmexpositionspegel für Mitarbeiter/Arbeitsplatz 1 und 2

## Anlage 5: Vorgehensweise bei orientierenden Lärm- messungen

### Beschaffung eines Schallpegelmessgeräts

Für orientierende Messungen stehen relativ einfach handhabbare Schallpegelmessgeräte zur Verfügung. Auf dem Markt befinden sich auch Kombinationsmessgeräte, mit denen man neben anderen Parametern auch Lärmpegel messen kann. Manche Unfallversicherungsträger oder auch Arbeitsschutzverwaltungen bieten Messgeräte auch zum Verleih an.

Zu unterscheiden sind einfache Schallpegelmessgeräte, die den aktuellen Messwert anzeigen und integrierte Schallpegelmessgeräte, die bei schwankenden Pegeln zeitlich gemittelte Schalldruckpegel darstellen und damit aufwendige Berechnungen zur Mittelwertbildung vermeiden können. Bei häufigem Arbeitsplatzwechsel, wechselnden Expositionsbedingungen und stark schwankenden Lärmpegeln kann auch der Einsatz von Personen-Schalldosimetern erforderlich sein, um den personenbezogenen Beurteilungspegel über die Arbeitsschicht zu ermitteln.

Es muss sich um Schallpegelmessgeräte der Klasse 3 (oder besser noch der Klasse 2) nach DIN 45645, Teil 2 handeln, die A-bewertete Schalldruckpegel und möglichst auch C-bewertete Spitzenschalldruckpegel  $L_{pC, peak}$  messen können. Unterschiedliche Anzeigetragheiten sind mit den Zeitbewertungen „langsam“ (s = slow), „schnell“ (f = fast) oder „Impuls“ (I) einstellbar. Je nach Klasse liegen die Messungenauigkeiten der Geräte zwischen 0,4 und 1,5 dB.

### Vorbereitung des Messgeräts

Um Messergebnisse innerhalb der Messungenauigkeiten des Geräts zu erhalten, muss das Messgerät entsprechend der Betriebsanleitung des Herstellers wiederholt kalibriert werden.

Die Stromversorgung ist sicherzustellen. Vor der Messung sollte eine Funktionsprüfung erfolgen.

### Vorermittlungen und Festlegung der Messbedingungen

Vor der Messung sollten die lärmexponierten Arbeitsplätze, die Lärmquellen, Einsatz- und Betriebsbedingungen ermittelt werden. Dazu sind in der Regel Beobachtungen des Betriebs ergänzt durch Befragungen der Beschäftigten und des Vorgesetzten zu den eingesetzten lärmintensiven Verfahren und deren Expositionsdauer und -häufigkeit erforderlich.

Auf dieser Basis ist festzulegen, an welchen Arbeitsplätzen bei welchen Betriebsbedingungen Messungen vorgenommen werden müssen, um ein Bild vom Belastungsprofil der Beschäftigten zu erhalten. Es ist nicht immer einfach und erfordert hohe Flexibilität, Messungen so zu planen und mit den Akteuren abzustimmen, dass realistische lärmintensive Betriebsbedingungen vorhanden sind. In der Regel müssen mehrere Messungen an verschiedenen Arbeitsplätzen und bei verschiedenen typischen lärmintensiven Arbeitsbedingungen vorgenommen werden. Meist ist auch der dauerhaft am Arbeitsplatz vorhandene Grundschalldruckpegel ohne die nicht dauerhaft vorhandenen erhöhten Lärmpegel zu messen.

Abhängig vom Lärmtyp ist das Messverfahren festzulegen:

Lärmtyp	Merkmale	Mögliche Messverfahren
I	Gleichförmig konstante Lärmexposition ( $L_{\max} - L_{\min} \leq 5 \text{ dB(A)}$ )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ausreichend lange repräsentative Zeitstichprobe (z. B. 1 Minute)</li> <li>• mehrere Kurzzeit-Stichprobenmessungen (1 Sekunde) verteilt über die Arbeitsschicht</li> </ul>
II	Stark regellos veränderliche Lärmexposition ( $L_{\max} - L_{\min} > 5 \text{ dB(A)}$ )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kontinuierliche Langzeitmessung über die Arbeitsschicht mit Lärmdosimeter (personenbezogen) oder integrierendem Schallpegelmesser (ortsbezogen)</li> <li>• ausreichend lange repräsentative Zeitstichprobe, bis auch bei hohen Lärmspitzen keine Veränderung des Pegel mehr zu beobachten ist (min 15 Minuten)</li> </ul>
III	Periodisch veränderliche Lärmexpositionen ( $L_{\max} - L_{\min} > 5 \text{ dB(A)}$ )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kontinuierliche Langzeitmessung über die Arbeitsschicht mit Lärmdosimeter (personenbezogen) oder integrierendem Schallpegelmesser (ortsbezogen)</li> <li>• kombinierte Messung: Zerlegung der Schicht in typische Expositionsmuster (je nach Tätigkeiten oder Betriebszuständen) mit Ermittlung der jeweiligen Expositionsdauer; getrennte Messungen für die Expositionsmuster entsprechend Lärmtypen I oder II; Errechnung des Lärmpegels (z. B. mit Lärmpegelrechner)</li> </ul>
IV	Stark veränderliche Lärmexposition bestehend aus den Lärmtypen I, II und III innerhalb einer Arbeitsschicht	

### Durchführung der Messungen

Die Messungen sind grundsätzlich auf Kopfhöhe des lärmexponierten Beschäftigten am Arbeitsplatz durchzuführen. Das Messergebnis kann durch verschiedene Faktoren verfälscht werden. Die Lärmausbreitung

kann abgeschirmt oder reflektiert werden durch Beschäftigte und den Messenden je nach ihrer Position und Kleidung sowie durch im Raum befindliche Gegenstände und Flächen. Dies ist in der Regel durch Messung mit ausgestrecktem Arm (oder Stativ) und entsprechendem Abstand zum Beschäftigten ausreichend vermeidbar.

Für die Messungen eignet sich in der Regel die Zeitbewertung „f“ (= schnell, fast). Bei geringen gleichmäßigen Pegelschwankungen kann der Mittelwert abgeschätzt werden (ideal mit einem Pegelschreiber, der die Pegelschwankungen im Zeitverlauf grafisch darstellt). Bei gleichmäßigen Schwankungen bis 10 dB(A) liegt der Mittelwert ein Drittel der Schwankungsbreite unter dem Maximalwert (Beispiel: Schwankungen zwischen 75 und 84 dB(A) ergeben einen Mittelungspegel von  $84 - (84-75)/3 = 81$  dB(A)). Bei stärker schwankenden und impulshaltigen Geräuschen empfiehlt sich die Bestimmung des äquivalenten Dauerschallpegels mithilfe eines integrierten Schallpegelmessers.

Bei hohen Lärmspitzen (Knall) ist zusätzlich der C-bewertete Spitzenschalldruckpegel zu ermitteln. Es handelt sich um die höchste auftretende Lärmspitze. Dazu ist ein Schallpegelmesser erforderlich, der diesen Peakwert erfassen kann. Zunächst muss vor der Messung der ggf. von einer früheren Messung gespeicherte Spitzenwert durch Reset gelöscht werden. Am Ende der Messung kann der Spitzenwert aufgerufen und abgelesen werden. Anschließend wieder ein Reset durchführen.

Von entscheidender Bedeutung ist die Dokumentation der Messung in einem Messprotokoll, das folgende Parameter umfassen soll:

- ⇒ Angabe des Arbeitsplatzes und der Messstelle (ggf. in einer Skizze)
- ⇒ Beschreibung der Betriebsbedingungen während der Messung (z. B. Benennen der Maschine mit Werkzeug und Parametereinstellungen wie Drehzahl; Benennen des Werkstücks mit den entsprechenden Parametern wie Material, Größe, Dicke)
- ⇒ Datum und Uhrzeit der Messung
- ⇒ Angaben zum eingesetzten Messgerät
- ⇒ Benennen der Messung (Grundscharllpegel, gemittelter Pegel, Spitzenschalldruckpegel) und der eingestellten Parameter
- ⇒ Angabe des Messwerts mit Einheit (dB(A) oder dB(C))
- ⇒ ggf. weitere Angaben wie tägliche Expositionsdauer

### **Auswertung der Messungen**

Ziel der Auswertung der Messung ist es, Tages-Lärmexpositionspegel und ggf. Spitzenschalldruckpegel zu erhalten, die man mit Sollwerten und Schwellenwerten vergleichen kann.

Da sich der Tages-Lärmexpositionspegel (außer dem Spitzenschalldruckpegel) immer auf die Gesamteinwirkungszeit der ganzen



Arbeitszeit (8-Stunden-Schicht) bezieht, ist zur Auswertung der Messungen zunächst zu ermitteln, welche Beschäftigten welchen Lärmpegeln wie lange und häufig pro Arbeitsschicht ausgesetzt sind. Bei weitgehend stationären Arbeitsplätzen, an denen sich der Beschäftigte die meiste Zeit aufhält, kann der arbeitsplatzbezogene Tages-Lärmexpositionspegel ermittelt werden. Bei häufigem Arbeitsplatzwechsel ist ein personenbezogener Tages-Lärmexpositionspegel erforderlich.

Zu einer vollständigen Messung gehört es, die Messunsicherheit zu bestimmen und mit anzugeben:

$$L_{EX} = L_{EX, \text{Messwert}} \pm \Delta L_U$$

Die Messunsicherheit  $\Delta L_U$  ist abhängig von

- der Messmethode (z. B. Position des Mikrofons),
- der Genauigkeitsklasse des Messgeräts einschließlich Kalibrierung,
- dem Messobjekt einschließlich Lärmtyp (weitgehend konstant/stark schwankend),
- der Messumgebung und
- der messenden Person.

Bei orientierenden Messungen muss von einer Messunsicherheit von  $\pm 6$  dB(A) ausgegangen werden. Bei einem Messwert von z. B. 82 dB(A) liegt dann der tatsächliche Pegel zwischen 76 dB(A) und 88 dB(A). Das hat Einfluss auf die Risikobewertung (vgl. Abbildung Bewertung von Messergebnissen):

- In Fall 1 liegen zwei Messwerte einer orientierenden Messung mit ihren Messunsicherheiten eindeutig im grünen Akzeptanzbereich bzw. roten Gefahrenbereich.
- In Fall 2 sind zwar zwei Messwerte der orientierenden Messungen im grünen bzw. gelben Risikobereich, die Messunsicherheit erstreckt sich jedoch bis in den gelben bzw. roten Risikobereich. Es muss hier im Sinne einer worst-case-Bewertung von den Maximalwerten ausgegangen und die Messungen dem gelben Besorgnisbereich bzw. roten Gefahrenbereich zugeordnet werden.
- In Fall 3 wurden die Messungen aus Fall 2 durch eine Expertenmessung mit einem genaueren Messverfahren wiederholt. Da hier die Messunsicherheit geringer ist, sind die Messergebnisse nun klar dem grünen bzw. gelben Risikobereich zuzuordnen.
- In Fall 4 wurden präzise Messungen der Genauigkeitsklasse 1 mit sehr geringer Messunsicherheit durchgeführt. Bei Messungen dieser höchsten Genauigkeit darf ausnahmsweise die Messunsicherheit vernachlässigt werden. Dann können die Messungen dem grünen Akzeptanzbereich bzw. gelben Besorgnisbereich zugeordnet werden.

Entsprechendes gilt für die Bewertung von Spitzenschalldruckpegeln.

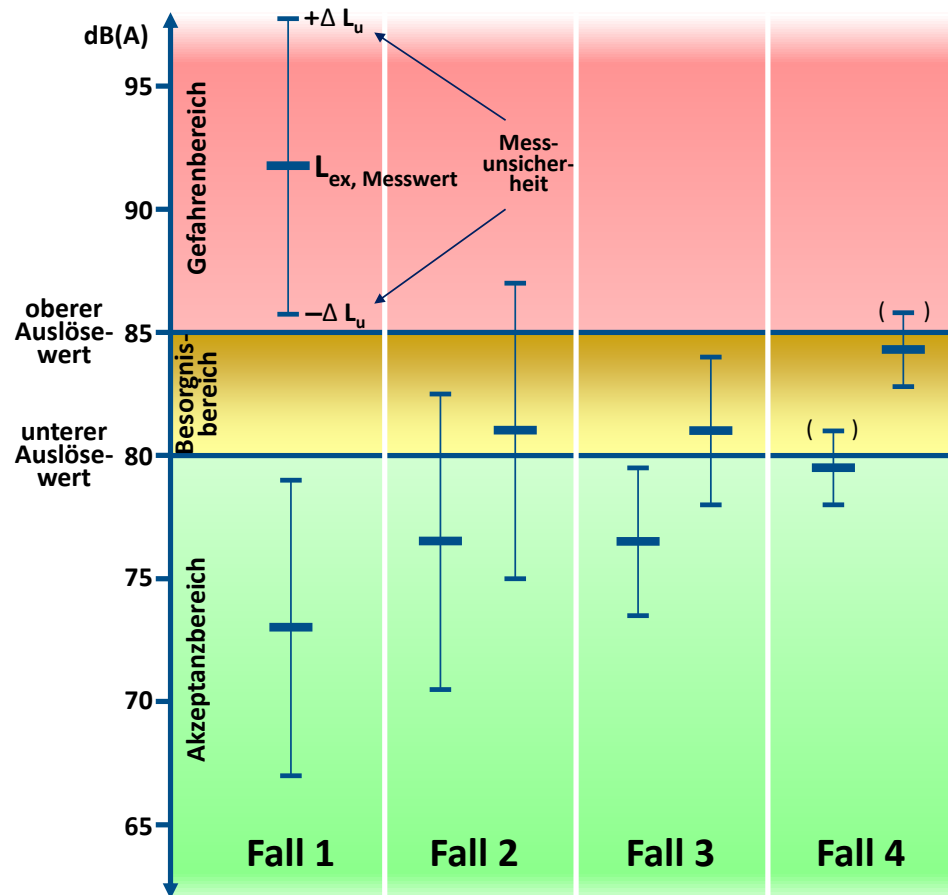


Abbildung:  
Bewertung von  
Messergebnissen



Vertiefende Hinweise zur Durchführung von Geräuschimmissionsmessungen enthalten:

- [BGI/GUV-I 792-010](#) Lärmesstechnik - Ermittlung des Lärmexpositionspegels am Arbeitsplatz. Lärmschutz-Arbeitsblatt LSA 01-400
- [TRLV Lärm, Teil 2](#) „Messung von Lärm“.
- Schmidt, M.: [Methoden zur Einhaltung von Auslöse- und maximalen Expositionswerten zum Lärm](#). Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.) 2011
- DIN EN ISO 9612: Bestimmung der Lärmexposition am Arbeitsplatz – Verfahren der Genauigkeitsklasse 2 (Ingenieurverfahren). September 2009
- DIN 45645-2 „Ermittlung des Beurteilungspegels am Arbeitsplatz bei Tätigkeiten unterhalb des Pegelbereichs der Gehörgefährdung“

## Anlage 6: Vorgehensweise bei der Ermittlung der Tages- Vibrationsexposition

### 1. Vibrationserreger, betroffene Beschäftigte, Tätigkeiten und Arbeitsbedingungen ermitteln

Zunächst sind alle Vibrationserreger zu ermitteln, die in einem Arbeitssystem vorhanden sind (vgl. Abschnitt 8.3). Diesen sind alle Beschäftigte zuzuordnen, die dem jeweiligen Vibrationserreger ausgesetzt sind, und bei welche Tätigkeiten unter welchen Arbeitsbedingungen die Vibrationserreger zum Einsatz kommen. Die folgende Tabelle zeigt ein Beispiel:

Vibrationserreger	Betroffene Beschäftigte	Tätigkeit, Arbeitsbedingungen
Schlagbohrmaschine Bosch CSB 420 RE	Herr Maier (Facharbeiter) Frau Müller Herr Schulze (Azubi)	Baustelle, Innenausbau: Löcher und Öffnungen in Betonwände und Decken bohren (teilweise über Kopf)
Motorkettensäge Stihl MS180	Herr Maier (Facharbeiter)	im Freien (Park, Garten- anlagen, nur bei günstigen Wetterbedingungen): Fällen von Bäumen, ab- längen, entasten
Unimog 1100 (Mercedes)	Herr Maier (Facharbeiter) Frau Müller Herr Schulze (Azubi)	Fahrten auf Betriebsge- lände, Straßen, Baustel- len und Forstgelände

### 2. Vibrationswerte ermitteln

Für jeden Vibrationserreger ist die von diesen ausgehende Vibrationsintensität zu ermitteln. Dabei ist nach Abbildung 8.7 vorzugehen:

- Stehen für die betrachteten Tätigkeiten unter gegebenen Arbeitsbedingungen bereits Immissionsmessdaten im Betrieb zur Verfügung, sind diese vorrangig zu verwenden.
- Stehen für die betrachteten Tätigkeiten unter gegebenen Arbeitsbedingungen Messdaten aus orientierenden Messungen zur Verfügung, sind diese zu verwenden.
- Sind nur Immissionsdaten für dieses Arbeitsmittel (z. B. Datenbanken) verfügbar, sind diese auf Verwendbarkeit und Vergleichbarkeit zu prüfen und ggf. anzuwenden.
- Stehen nur Emissionsdaten (z. B. des Herstellers aus der Betriebsanleitung) für den Arbeitsmitteltyp zur Verfügung, sind diese auf Verwendbarkeit und Vergleichbarkeit zu prüfen und ggf. unter Verwendung von Korrekturfaktoren zu verwenden.
- Sind nur Orientierungsdaten aus den Gefahrentabellen der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin unter

[www.baua.de](http://www.baua.de) verfügbar, sind diese auf Verwendbarkeit und Vergleichbarkeit zu prüfen und ggf. zu verwenden.

- Fehlen auch solche Daten, müssen fachkundige Vibrationsmessungen unter gegebenen Arbeitsbedingungen durchgeführt werden, um verwendbare Daten zu erhalten.

Vibrationsimmissions- bzw. -emissionsdaten für Ganzkörper- und Hand-Arm-Vibrationen werden vom Hersteller und in Datenbanken bereitgestellt:



Katalog repräsentativer Lärm- und Vibrationsdaten am Arbeitsplatz:

[www.las-bb.de/karla/](http://www.las-bb.de/karla/)

Vibrationsdatenbanken des schwedischen Departments of Public Health and Clinical Medicine (englisch):

[www.vibration.db.umu.se/Default.aspx?lang=EN](http://www.vibration.db.umu.se/Default.aspx?lang=EN)

Weitere Informationen zu Schwingungsbelastungen bei verschiedenen Tätigkeiten und Arbeitsmitteln:

- [IFA-Handbuch](#), so z. B. für Nutzfahrzeuge im öffentlichen Straßenverkehr (Kennzahl 220 220), an gewerblichen Arbeitsplätzen (Kennzahl 220 225)
- DGUV Fachbereich Holz und Metall, Sachgebiet Einwirkungen und Medien, [Themenfeld Vibrationen](#)
- Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz, Fachbereich 4, [Referat 4.2 „Vibration“](#)

Unter [www.baua.de](http://www.baua.de), Themenbereich „Vibrationen“ stehen [Gefährdungstabellen mit Orientierungswerten](#) für Fahrzeuge und Transportmittel (Ganzkörpervibrationen) und Bau-, Holz- und Metallverarbeitungsmaschinen, Forst und Gartenbau (Hand-Arm-Vibrationen) zur Verfügung.

Die folgende Tabelle führt das oben eingeführte Beispiel weiter:

Vibrationserreger	Vibrationsdaten (Quelle)	Bemerkungen, Vergleichbarkeit
Schlagbohrmaschine Bosch CSB 420 RE	Hersteller: Immissionswert = gem. DIN 45694 korrigierter Emissionswert (Messnorm unbekannt) $a_{hw} = 14 \text{ m/s}^2$	Bohren mit Schlagwerk: nur eingeschränkt vergleichbar
Motorkettensäge Stihl MS180	Hersteller-Emissionswert (ISO7505): $a_{hw} = 7,8 \text{ m/s}^2$	Fällen von Bäumen, ab-längen, entasten: vergleichbar
Unimog 1100 (Mercedes)	Immissionswert (Bau-BG nach ISO 2631-1:1997) $a_{wx} = 0,4 \text{ m/s}^2$ $a_{wy} = 0,5 \text{ m/s}^2$ $a_{wz} = 0,6 \text{ m/s}^2$	Fahrweg unbekannt: nur bedingt vergleichbar

### 3. Vibrationsintensität aufbereiten

Abhängig von der Art und Qualität der verfügbaren Vibrationsdaten ist ggf. eine weitere Aufarbeitung erforderlich.

In der Regel geben die Hersteller in der Betriebsanleitung Emissionsdaten als frequenzbewertete Schwingungsbeschleunigung  $\alpha_w$  für Ganzkörper-Vibrationen bzw.  $\alpha_{hw}$  für Hand-Arm-Vibrationen in der Einheit  $\text{m/s}^2$  in der jeweiligen Wirkrichtung an. Bei Hand-Arm-Vibrationen sind die getrennten Daten der drei orthogonalen Richtungen x, y, und z zur Vektorsumme  $\alpha_{hv}$  zusammenzurechnen<sup>53</sup>:

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2}$$

Bei älteren Arbeitsmitteln ist die Vibrationsintensität teilweise noch in der früher in Deutschland üblichen dimensionslos bewerteten Schwingungsstärke K angegeben. Diese kann mit folgenden Formeln in  $\alpha_w$  bzw.  $\alpha_{hv}$  umgerechnet werden:

Hand-Arm-Vibrationen <sup>54</sup>	Ganzkörper-Vibrationen	
	in Körperlängsrichtung (Z)	in Körperquerrichtung (X, Y)
$a_{hv} = \frac{K}{6,3} [\text{m/s}^2]$	$a_w = \frac{K}{20} [\text{m/s}^2]$	$a_w = \frac{K}{28} [\text{m/s}^2]$

Die Herstellerangaben müssen für Ganzkörper- und Hand-Arm-Vibrationen unterschiedlich aufbereitet werden.

Bei **Ganzkörper-Vibrationen** bei sitzenden oder stehenden Tätigkeiten ist die maßgebliche Schwingungsrichtung zu ermitteln. Dazu sind zunächst die Emissionsdaten des Herstellers für die Schwingungsbeschleunigung in x- bzw. y-Richtung ( $\alpha_{wx}$ ,  $\alpha_{wy}$ ) mit dem Verstärkungsfaktor 1,4 zu multiplizieren ( $\alpha_{wz}$  bleibt unverändert) und dann aus diesen drei Werten der höchste Wert auszuwählen. Dieser markiert die maßgebliche Schwingungsrichtung und ist für die Ermittlung der Tagesexposition zu verwenden:

$$a = \text{Maximalwert aus } (1,4 \times a_{wx} \text{ oder } 1,4 \times a_{wy} \text{ oder } a_{wz})$$

Bei **Hand-Arm-Schwingungen** sind die Emissionsdaten des Herstellers mit einem Korrekturfaktor  $F_k$  entsprechend TRLV Vibrationen, Teil 1, Anlage 1 zu versehen:

$$a_{hv} (\text{Immission}) = F_k \times a_{hv} (\text{Emission})$$

<sup>53</sup> Ist nur die Schwingungsbeschleunigung in der Hauptwirkrichtung angegeben, kann die Vektorsumme vereinfacht ermittelt werden, indem der Wert der Hauptwirkrichtung bei schlagenden Maschinen mit 1,2 bzw. bei rotierenden oder oszillierenden Maschinen mit 1,4 multipliziert wird:  $\alpha_{hv} = 1,2$  bzw.  $1,4 \times \alpha_{hw}$ .

<sup>54</sup> Hier ist für K die Vektorsumme aus allen drei Schwingungsrichtungen XYZ einzusetzen. Für den Fall, dass nur der Wert für die Hauptwirkrichtung bekannt ist, gilt Fußnote 53 entsprechend.

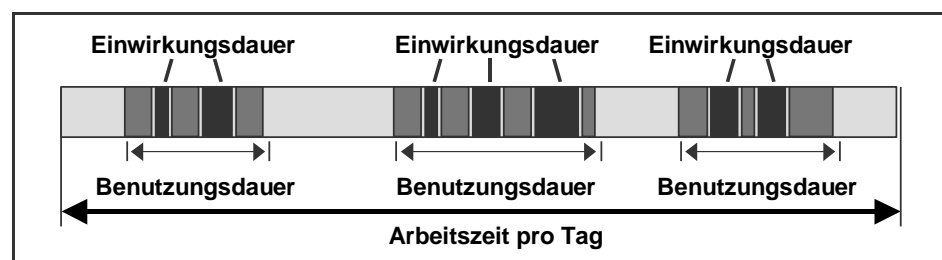
Ist der Schwingungserreger in dieser Anlage nicht verzeichnet, ist bei pneumatischen und elektrischen Werkzeugen der Korrekturfaktor  $F_k = 2$  oder bei Vorliegen genauerer Informationen  $F_k = 1,5$  zu veranschlagen. Für das oben eingeführte Beispiel bedeutet dies:

Vibrationserreger	Vibrationsdaten (Quelle)	Aufbereitung
Schlagbohrmaschine Bosch CSB 420 RE	Hersteller: Immissionswert = gem. DIN 45694 korrigierter Emissionswert (Messnorm unbekannt) $a_{hw} = 14 \text{ m/s}^2$	Hand-Arm-Vibration: Korrekturfaktor (hier 1,5) bereits berücksichtigt; Daten nur für Hauptwirkrichtung verfügbar
Motorkettensäge Stihl MS180	Hersteller-Emissionswert (ISO7505): $a_{hw} = 7,8 \text{ m/s}^2$	Hand-Arm-Vibration: Daten nur für Hauptwirkrichtung; Korrekturfaktor = 1,0
Unimog 1100 (Mercedes)	Immissionswert (Bauplan nach ISO 2631-1:1997) $a_{wx} = 0,4 \text{ m/s}^2$ $a_{wy} = 0,5 \text{ m/s}^2$ $a_{wz} = 0,6 \text{ m/s}^2$	Ganzkörper-Vibration: Korrektur nicht erforderlich, da bereits Immissionswerte

#### 4. Einwirkungsdauer ermitteln

Für jeden Mitarbeiter ist nun die Einwirkungsdauer der eingesetzten vibrationsintensiven Verfahren/Arbeitsmittel zu ermitteln. Die Einwirkungsdauer berücksichtigt nur die Zeitabschnitte, in denen der Beschäftigte der Vibrationseinwirkung tatsächlich ausgesetzt ist. Von der Benutzungsdauer einer Maschine sind also alle vorbereitenden und nachbereitenden Vorgänge sowie Unterbrechungen und Pausenzeiten abzuziehen (vgl. nachstehende Abbildung).

Abbildung:  
Einwirkungsdauer als  
Bestandteil der  
Benutzungsdauer



Beispielsweise beträgt die Einwirkungsdauer beim Einsatz einer Schlagbohrmaschine in der Regel nicht mehr als 20 % der Benutzungsdauer. Das Einsatzmuster der Beschäftigten ist daher sorgfältig zu ermitteln und auf dieser Basis die Einwirkungszeiten abzuschätzen. Die eventuelle zeitliche Ausdehnung der beruflichen Exposition über eine 8-Stunden-Schicht hinaus ist dabei zu berücksichtigen.



DIN V 45694 „Mechanische Schwingungen – Anleitung zur Beurteilung der Belastung durch Hand-Arm-Schwingungen aus Angaben zu den benutzten Maschinen einschließlich Angaben von den Maschinenherstellern“ liefert u. a. Schätzwerte für die Einwirkungsdauer.

Für das oben eingeführte Beispiel bedeutet dies:

Betroffener Beschäftigter	einwirkende Vibrationserreger	Einwirkungsdauer
Herr Maier (Facharbeiter)	Schlagbohrmaschine Bosch CSB 420 RE	täglich ca. 30 Löcher a ca. 10 Sek. und 2 größere Löcher a 5 Minuten = 15 Minuten
	Motorkettensäge Stihl MS180	täglich ca. 20 Minuten
	Unimog 1100 (Mercedes)	tägliche Fahrt zum Einsatzort (Straßen) ca. 20 Minuten; im Park/Forst ca. weitere 30 Minuten
Frau Müller	Schlagbohrmaschine Bosch CSB 420 RE	täglich ca. 30 Löcher a ca. 10 Sek. und 1 größere Löcher a 5 Minuten = 10 Minuten
	Unimog 1100 (Mercedes)	tägliche Fahrt zum Einsatzort (Straßen) ca. 20 Minuten;
Herr Schulze (Azubi)	Schlagbohrmaschine Bosch CSB 420 RE	täglich ca. 60 Löcher a ca. 10 Sek. und 3 größere Löcher a 5 Minuten = 25 Minuten
	Unimog 1100 (Mercedes)	tägliche Fahrt zum Einsatzort (Straßen) ca. 20 Minuten;

## 5. Tagesvibrationsexposition ermitteln

Kommt im Tagesverlauf nur ein Vibrationserreger zum Einsatz (z. B. bei Fahrern), kann die Tagesexposition  $A(8)$  mit der folgenden Formel errechnet werden:

$$A(8) = a \times \sqrt{\frac{\text{Einwirkdauer in h}}{8 \text{ h}}}$$

Alternativ ist die Tagesexposition mithilfe von Diagrammen oder Nogrammen ablesbar (vgl. Anhang D in den EU-Handbüchern im Leseinweis unten).

Setzen Beschäftigte im Tagesverlauf mehrere Vibrationserreger mit unterschiedlichen Vibrationsintensitäten nacheinander ein, muss die Gesamttagesexposition mittels Punktetabellen oder Expositionsrechnern für Ganzkörper- bzw. Hand-Arm-Vibrationen getrennt ermittelt werden. Bei Verwendung der Expositionspunkte errechnet sich die Gesamttagesexposition durch einfaches Addieren Expositionspunkte der Einzelvibrationserreger.

Punktetabellen

für Hand-Arm-Vibrationen: [bb.osha.de/docs/hav\\_Tafel\\_dt.pdf](http://bb.osha.de/docs/hav_Tafel_dt.pdf),

für Ganzkörper-Vibrationen: [bb.osha.de/docs/gkv\\_Tafel\\_dt.pdf](http://bb.osha.de/docs/gkv_Tafel_dt.pdf)

Expositionsrechner

für Ganzkörper-Vibrationen: [bb.osha.de/docs/gkv\\_calculator.xls](http://bb.osha.de/docs/gkv_calculator.xls)

für Hand-Arm-Vibrationen: [bb.osha.de/docs/hav\\_calculator.xls](http://bb.osha.de/docs/hav_calculator.xls)



Weitere Hinweise zur Ermittlung, Messung, und Beurteilung von Ganzkörper- bzw. Hand-Arm-Schwingungen enthalten die folgenden EU-Handbücher:

- Hand-Arm-Vibration: [bb.osha.de/docs/EU\\_HAV\\_Handbuch.pdf](http://bb.osha.de/docs/EU_HAV_Handbuch.pdf)
- Ganzkörper-Vibration: [bb.osha.de/docs/EU\\_GKV\\_Handbuch.pdf](http://bb.osha.de/docs/EU_GKV_Handbuch.pdf)

Wird ein Arbeitsmittel mit einer bestimmten Vibrationsintensität  $a$  eingesetzt, so kann mit der folgenden Formel errechnet werden, nach welcher Einwirkungsdauer der Auslösewert  $A(8)_{\text{aus}}$  bzw. der Expositionsgrenzwert  $A(8)_{\text{grenz}}$  erreicht wird:

$$\text{Kritische Einwirkungsdauer in h} = (A(8)_{\text{aus}} \text{ bzw. } A(8)_{\text{grenz}} / a)^2 \times 8\text{h}$$

Expositionsrechner haben den Vorteil, dass solche kritischen Einwirkungsdauern mit angegeben werden. Auch die oben genannten Datenbanken und die Gefährdungstabellen der BAuA liefern in der Regel diese Informationen zur Orientierung direkt mit.

Für das oben eingeführte Beispiel werden unter Verwendung der Expositionsrechner folgende Ergebnisse ermittelt:

Betroffener Beschäftigter	Vibrationart (Vibrationserreiger)	Ergebnis	Bemerkungen
Herr Maier (Facharbeiter)	Schlagbohrmaschine Bosch CSB 420RE und Motorkettensäge Stihl MS180	Hand-Arm-Vibration: $A(8) = 2,94 \text{ m/s}^2$	Auslösewert von $2,5 \text{ m/s}^2$ überschritten (schon bei alleiniger Nutzung der Schlagbohrmaschine wird der Auslösewert nach 15 Minuten und der Expositionsgrenzwert nach 1 Stunde erreicht)
	Unimog 1100 (Mercedes)	Ganzkörper-Vibration: $A(8) = 0,19 \text{ m/s}^2$	Auslösewert $0,5 \text{ m/s}^2$ wird nicht erreicht (in Hauptwirkrichtung z) ohne Berücksichtigung der höheren Vibrationen auf unebenem Forstgelände
Frau Müller	Schlagbohrmaschine Bosch CSB 420RE	Hand-Arm-Vibration: $A(8) = 2,02 \text{ m/s}^2$	Auslösewert von $2,5 \text{ m/s}^2$ wird nicht erreicht
	Unimog 1100 (Mercedes)	Ganzkörper-Vibration: $A(8) = 0,12 \text{ m/s}^2$	(in Hauptwirkrichtung z) Auslösewert $0,5 \text{ m/s}^2$ wird nicht erreicht
Herr Schulze (Azubi)	Schlagbohrmaschine Bosch CSB 420 RE	Hand-Arm-Vibration: $A(8) = 3,20 \text{ m/s}^2$	Auslösewert von $2,5 \text{ m/s}^2$ überschritten (Auslösewert nach 15 Minuten und der Expositionsgrenzwert nach 1 Stunde erreicht)
	Unimog 1100 (Mercedes)	Ganzkörper-Vibration: $A(8) = 0,12 \text{ m/s}^2$	(in Hauptwirkrichtung z) Auslösewert $0,5 \text{ m/s}^2$ wird nicht erreicht