

101

BGHM-Information 101



BGHM-Information

Mensch und Arbeitsplatz in der Holz- und Metallindustrie

Oktober 2013

Impressum

Herausgeberin

Berufsgenossenschaft Holz und Metall
Isaac-Fulda-Allee 18
55124 Mainz

Telefon: 0800 9990080-0
Fax: 06131 802-20800
E-Mail: servicehotline@bghm.de
Internet: www.bghm.de

Servicehotline bei Fragen zum Arbeitsschutz: 0800 9990080-2
Medien Online: bestellung@bghm.de

Eine entgeltliche Veräußerung oder andere gewerbliche Nutzung bedarf der schriftlichen Einwilligung der BGHM.

Ausgabe: Oktober 2013/Druck April 2019

Mensch und Arbeitsplatz in der Holz- und Metallindustrie

Inhalt

Vorwort	6	4. Arbeitsumgebung	29
1. Menschengerechte Gestaltung	7	4.1 Klima.....	29
1.1 Der Begriff Ergonomie	7	4.1.1 Thermische Behaglichkeit	31
1.2 Zielstellungen menschengerechter Gestaltung der Arbeit	7	4.1.2 Klimasummenmaße	32
1.3 Belastung und Beanspruchung	8	4.2 Licht und Sehen.....	32
1.4 Ergonomie und Gesundheit	9	4.2.1 Lichttechnische Grundgrößen.....	34
1.5 Ergonomie und Wirtschaftlichkeit	10	4.2.2 Die Güte einer Beleuchtung.....	35
2. Leistungsvoraussetzungen des Menschen	12	4.2.3 Farbgebung im Arbeitsraum	37
2.1 Die Variabilität menschlicher Eigenschaften ..	12	4.3 Lärm	38
2.2 Altersabhängigkeit	13	4.4 Mechanische Schwingungen	40
2.3 Der Tagesgang der Leistungsbereitschaft	14	5. Physische Belastungen	43
2.4 Einfluss des Geschlechtes	14	5.1 Handhaben von Lasten.....	44
3. Die Schnittstelle Mensch-Technik	15	5.2 Beurteilung der Belastung	45
3.1 Gestaltungsschwerpunkte	15	6. Psychische Belastungen	48
3.2 Arbeitsplatztypen	15	7. Systematische Arbeitsgestaltung	53
3.3 Körpermaße	19	8. Quellen- und Literaturverzeichnis	55
3.4 Verwendung von Körpermaßschablonen	19	8.1 Quellen.....	55
3.5 Sehbedingungen.....	21	8.1.1 Regelwerke	55
3.6 Wirk- und Greifräume	23	8.1.2 Weiterführende Schriften.....	58
3.7 Körperkräfte	24	8.2 Literatur	59
3.8 Anzeigen und Stellteile.....	26	9. Abbildungsverzeichnis	60
3.8.1 Sinnfälligkeit der Anordnung.....	26		
3.8.2 Anzeigen	27		
3.8.3 Stellteile.....	28		
3.9 Ergonomische Handwerkszeuge	28		

Vorwort

Wenn es um die Gestaltung von Arbeitsprozessen geht, wird der Beitrag der menschlichen Arbeit zum Gesamtergebnis oft unterschätzt. Besonders bei automatisierten Systemen scheint es, dass der Mensch nicht mehr benötigt wird. Dabei entscheidet auch hier der menschliche Beitrag über Qualität und Quantität der Produktion.

Menschliche Arbeit ist teuer, insbesondere aus der Sicht der am Arbeitsergebnis interessierten Unternehmer oder Auftraggeber. Darum ist es wirtschaftlich vernünftig, die menschlichen Ressourcen optimal einzusetzen. Dies ist nicht möglich, ohne die Belange der Beschäftigten zu berücksichtigen.

Die Förderung der menschlichen Leistungsfähigkeit durch gestalterische Maßnahmen entwickelt sich dabei auch zu einem immer bedeutsameren Wettbewerbsfaktor.

Ergonomisch, d. h. nutzergerecht, gestaltete Produkte erhöhen die Attraktivität beim Kunden und die ergonomische Optimierung der Produktion verbessert die Arbeitsbedingungen. Sie wirkt nachteiligen Auswirkungen auf Gesundheit und Leistung entgegen, erhöht die Zuverlässigkeit und führt zu Produktivitätssteigerungen.

Die Präventionsdienste der Berufsgenossenschaft Holz und Metall bieten Beratungen und Seminare zur menschengerechten Gestaltung und damit zur Vermeidung von arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren an.

Ziel der Broschüre ist es, einen Überblick zur Ergonomie für einen vorwiegend praktisch orientierten Leserkreis bereitzustellen. Sachverhalte sind daher überwiegend vereinfacht und verkürzt dargestellt. Verbindlich sind die Originalquellen.

1. Menschengerechte Gestaltung

1.1 Der Begriff Ergonomie

Der Begriff Ergonomie setzt sich aus zwei griechischen Worten zusammen:

ergon = das Werk, die Arbeit, die Kraft
 nomos = das Gesetz, die Lehre.

Wörtlich übersetzt bedeutet Ergonomie die „Lehre von der Arbeit“ oder auch die „Lehre von der Kraft“.

Das Technische Komitee Ergonomie der Internationalen Standard Organisation (ISO) definiert die Ergonomie sehr umfassend:

„Die Ergonomie erarbeitet und verarbeitet humanwissenschaftliches Wissen mit dem Ziel, eine Anpassung von Arbeit, Arbeitssystem und Umgebungen an die physischen und psychischen Fähigkeiten des Menschen herbeizuführen und damit Sicherheit, Gesundheit und Wohlbefinden sicherzustellen, indem gleichzeitig die Leistungsfähigkeit erhöht und das Arbeitsergebnis verbessert wird.“

Ergonomie hat damit zwei Zielrichtungen:

Humanität:
 Gestaltung beeinträchtigungsfreier und gesundheitlich unbedenklicher Arbeitsbedingungen.

Produktivität:
 Erhöhung von Qualität und Rentabilität.

Durch das Eingehen auf die Ansprüche der Beschäftigten lässt sich auch eine höhere Motivation und Arbeitszufriedenheit erreichen.

Grundanliegen ist die Anpassung der Arbeit an den Menschen durch Gestaltung des Arbeitssystems, bestehend aus Arbeitsplatz, Arbeitsraum, Arbeitsmittel, Umgebungsbedingungen und die Gestaltung der Organisation der Abläufe (Bild 1-1).

Notwendig ist auch die Weiterentwicklung und Anpassung des Menschen an die Erfordernisse der Arbeitstätigkeit durch die Auswahl von Personen mit erforderlicher Eignung sowie durch Übung und Gewöhnung, Einarbeitung, Training und Ausbildung.

1.2 Zielstellungen menschengerechter Gestaltung der Arbeit

Die Gestaltung der Arbeit sollte folgenden Forderungen genügen:

- Arbeit muss ausführbar und erträglich sein und
- Arbeit sollte zumutbar und zufriedenstellend sein.

Ausführbarkeit

Es ist zu beurteilen, ob die Ausführung der Arbeit möglich ist.

Hierbei stellen sich beispielsweise folgende Fragen:

- Sind Körpermaße so berücksichtigt, dass Stellteile ohne Hilfsmittel erreicht werden können?
- Sind die Körperkräfte größer als die maximale erforderliche Muskelkraft?

Zur Beantwortung dieser Fragen sind Methoden der Ergonomie und der Arbeitsmedizin anwendbar, z. B. Normen über Körpermaße und Körperkräfte sowie Sicherheitsvorschriften.

Erträglichkeit im Sinne von Schädigungslosigkeit

Es ist zusätzlich zu beurteilen, ob die Arbeit bei täglicher Wiederholung über das gesamte Arbeitsleben ohne Gesundheitsschädigung möglich ist. Beispielsweise muss hinterfragt werden:

- Ist die Belastung durch Lärm sicher unterhalb der schädigenden Grenze?
- Ist die körperliche Belastung auf Dauer ohne Schädigung zu ertragen?

Erkenntnisse der Ergonomie und der Arbeitsmedizin sind anzuwenden.

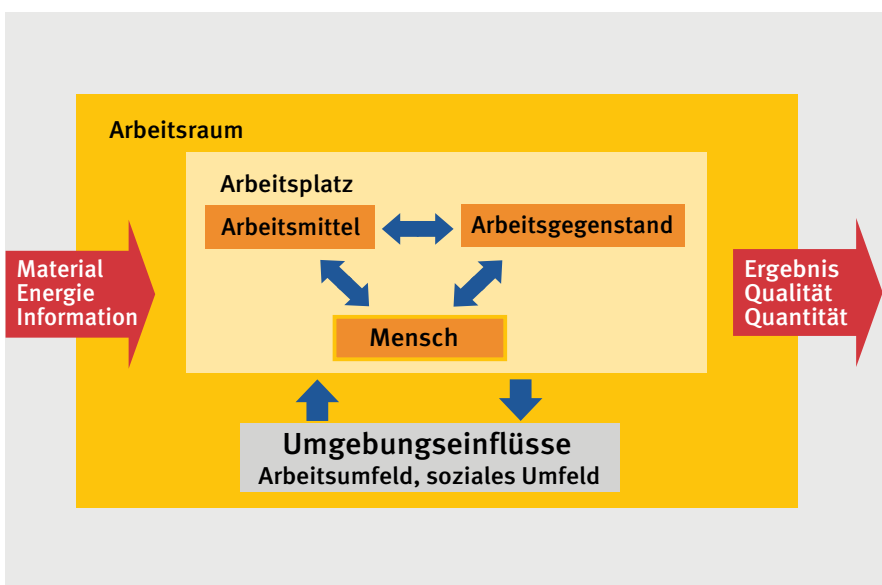


Bild 1-1: Vereinfachte Darstellung eines Arbeitssystems. Die Ergonomie betrachtet ein Arbeitssystem stets als Ganzes



Bild 1-2: Ein komplexer, mehrfach gegliederter Arbeitsplatz ist noch kein Arbeitssystem. Zusätzlich zu betrachten sind die Arbeitsumgebung, die Organisation und der technische Ablauf



Bild 1-3: Klassisches Modell zur Beschreibung der Beziehung zwischen einwirkender Belastung und der daraus resultierenden Beanspruchung (nach /1/)

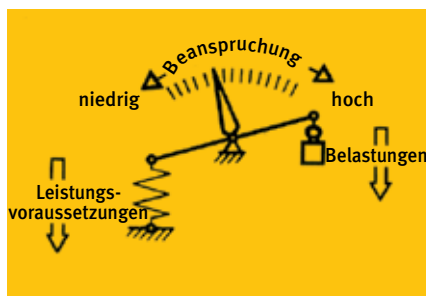


Bild 1-4: Die Höhe der Beanspruchung resultiert aus dem Verhältnis von Leistungsvoraussetzungen und Belastung (nach 1)

Zumutbarkeit im Sinne von Beeinträchtigungsfreiheit

Es ist zu beurteilen, ob die vorhandenen Erschwernisse und Beeinträchtigungen von den Betroffenen als zumutbar empfunden werden, oder ob Beeinträchtigungen bestehen.

Die Beantwortung dieser Frage ist mit Methoden der Sozialwissenschaften, nicht mit Methoden der Ergonomie und Arbeitsmedizin möglich.

Zufriedenheit im Sinne von Persönlichkeitsförderlichkeit

Es ist zu beurteilen, ob die Betroffenen mit der Arbeit zufrieden sind. Der komplexe Begriff der Zufriedenheit wird heute in der Praxis vielfach mit der Frage nach der Persönlichkeitsförderlichkeit oder den Möglichkeiten zur Persönlichkeitsentfaltung konkretisiert.

Die Beantwortung dieser Fragen ist ebenfalls nur mit Methoden der Psychologie und der Sozialwissenschaften, nicht mit Methoden der Ergonomie möglich.

1.3 Belastung und Beanspruchung

Jede Tätigkeit ist mit verschiedenen, von außen auf den Menschen einwirkenden Belastungen verbunden. Hierzu zählen:

- physische Belastungen,
- psychische Belastungen und
- Umgebungsbelastungen

Belastungen werden als Beanspruchungen wahrgenommen. Sie können zu negativen Folgen führen, aber auch positiv erlebt werden. Entscheidend sind eigene Leistungsvoraussetzungen und der Umfang und die Einwirkdauer. Umgangssprachlich wird der Begriff Belastung eher negativ verwendet.

Eine beanspruchungsoptimierte Gestaltung hilft, dass der Beschäftigte seine Tätigkeit als anregend erlebt, seine Fähigkeiten optimal einsetzen kann, durch die Technik effektiv unterstützt wird und dass die Arbeit Spaß macht und durch hohe Produktivität gekennzeichnet ist.

Belastungen sind die Gesamtheit der äußeren Bedingungen und Anforderungen.

Belastungen führen in Abhängigkeit von individuellen Eigenschaften und Fähigkeiten zu unterschiedlichen Beanspruchungen.

Sowohl Über- als auch Unterbelastungen können zu Fehlbeanspruchungen führen. Es geht daher bei physischen und psychischen Belastungen nicht primär um deren Reduzierung, sondern um die individuelle Optimierung. Die Beanspruchung ist abhängig von:

- der Höhe der Belastung
- der Dauer der Belastung

- den Eigenschaften und Fähigkeiten des Menschen
- dem Übungs- und Trainingszustand
- der Kondition und Disposition sowie
- der Leistungsbereitschaft und Motivation

Beispielsweise liegt beim Tragen einer schweren Last für alle Mitarbeiter die gleiche Belastung vor. Je nach Konstitution, Geschlecht, Alter usw. wird es dabei zu unterschiedlichen Beanspruchungen kommen. Ebenso kann Zeitdruck von einem Mitarbeiter als anregend und aktivierend empfunden werden, während ein anderer mit Stresserleben reagiert (Bild 1-3 und 1-4).

1.4 Ergonomie und Gesundheit

Gesund und leistungsfähig zu sein gehört zu den wertvollsten Gütern jedes Menschen. Zugleich ist der Erhalt der Gesundheit Grundlage für die Erwerbstätigkeit. Die Weltgesundheitsorganisation definiert Gesundheit als einen Zustand völligen körperlichen, geistigen und sozialen Wohlbefindens.

Mehr pragmatische Ansätze legen beispielsweise die Krankenversicherer zugrunde. Danach sind Erkrankungen Störungen im normalen Ablauf der Lebensvorgänge in Organen und Organismen, die einer Behandlung bedürfen.

In den 1970er Jahren entwickelte sich unter dem Begriff der Salutogenese die Vorstellung von der Förderbarkeit und der Förderungswürdigkeit individueller Gesundheit. Diese Entwicklung geht auf Untersuchungen von Antonowsky zurück (nach /2/).

Diese sind seit der Aufnahme von Elementen und Vorstellungen der Salutogenese in die Ottawa-Charta der Weltgesundheitsorganisation 1986 weit ver-

breitet worden. Gesundheitsförderung zielt danach auf einen Prozess ab, der allen Menschen ein höheres Maß an Selbstbestimmung über ihre Gesundheit ermöglicht und sie damit zur Stärkung ihrer Gesundheit befähigt.

Antonowsky hatte aus Untersuchungen an besonders belasteten Gruppen postuliert, dass Menschen,

- die ein tief sitzendes Vertrauen in ihre Fähigkeit besitzen das, was um sie herum geschieht, zu verstehen,
- Mittel und Wege zu finden, mit den unterschiedlichsten Situationen fertig zu werden und
- immer wieder den Sinn des eigenen Tuns zu erkennen

objektiv gesünder sind, als jene, die ein solches Vertrauen nicht haben.

Die drei Kriterien:

- Verstehbarkeit
- Handhabbarkeit
- Sinnhaftigkeit

welche er als Kohärenzgefühl bezeichnet, bildeten einen Grundstein der Bemühungen, die als betriebliche Gesundheitsförderung heute Eingang in viele Unternehmen gefunden haben.

Auf die Ebene eines Unternehmens übertragen bedeuten sie etwa:

- Sind alle Vorgänge im Unternehmen transparent, dann können Mitarbeiter ein Gefühl des Vertrauens in die Verstehbarkeit ihrer Umgebung entwickeln.
- Sind Arbeitsaufgaben so organisiert, Werkzeuge so gestaltet, Wissen so vorhanden, dass die Arbeitsaufgaben bewältigt werden können, dann können Mitarbeiter ein Gefühl des Vertrauens in ihre Umgebung gewinnen.

- Sind die Unternehmensziele, die Motive und die Entwicklungsperspektiven sowohl der Unternehmung als auch des Einzelnen erkennbar, dann können Mitarbeiter ihre persönlichen Ziele mit denen des Unternehmens in Beziehung setzen und einen Sinn für ihr eigenes Tun feststellen.

Auswahl von Möglichkeiten zur Gesundheitsförderung

- Belastungsmindernde Gestaltung von Arbeitsmitteln nach ergonomischen Grundregeln
- Arbeitsorganisatorische Gestaltung durch Erweiterung von Handlungs- und Entscheidungsspielräumen, Mischarbeit, Anreicherung von Arbeitsinhalten, Transparenz von Abläufen, geeignete Arbeitszeit und Pausenregelung, Störfreiheit
- Entwicklung der Sozialbeziehungen durch Verbesserung der Kommunikation, Problemlösungsmechanismen, flache Hierarchien, Ausgeglichenheit von Leistung und Gratifikation
- Individuelle Hilfen wie Einweisung und Unterweisung, Weiterbildung und Training
- Präventiv unterstützende Umwelt durch allgemeine Lebensberatung, Ernstnehmen von Klagen, Schonarbeitsplätze ...

Eine menschengerechte Arbeitsgestaltung beinhaltet, Gesundheitsgefahren in Arbeitssystemen frühzeitig zu erkennen und durch gestalterische Maßnahmen zu beseitigen bzw. zu mindern. Um dieses Anliegen zu fördern, wurde der Begriff der arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren eingeführt.

Arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren sind Zustände, Ereignisse und Einwirkungen bei der Arbeit und/oder in der Arbeitsumwelt, die Gesundheitsstörungen nachvollziehbar verursachen, begünstigen oder die Gesundheit in sonstiger Weise nachteilig beeinflussen können (ARGE Metall 1998).

Unternehmen haben im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung auch solche Gefahren zu berücksichtigen.

Die Tatsache, dass außerberufliche Ursachen beteiligt sind oder im Vordergrund stehen, schließt die Annahme einer arbeitsbedingten Erkrankung nicht grundsätzlich aus.

1.5 Ergonomie und Wirtschaftlichkeit

Eine menschengerechte Arbeitsgestaltung ist immer auch wirtschaftlich. Sie führt zu einer Steigerung von Produktivität, Motivation und Wettbewerbsstärke. In dieser vorwärts gerichteten Betrachtungsweise liegen die wesentlichen ökonomischen Potenziale.

Grundsätzlich ist belegbar:

- Menschengerecht gestaltete Arbeitsplätze können die Leistung deutlich erhöhen.
- Die Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter wird nicht durch schlechte Arbeitsmittel und Organisationsmängel verbraucht, sondern kann über den ganzen Arbeitstag zur Produktion genutzt werden.

Aufwendungen zur menschengerechten Gestaltung stehen als Investitionen immer in Konkurrenz mit anderen Ausgabebeurfordernissen des Unternehmens. Bei der Entscheidung stehen die Vorschriftenlage und der Nachweis eines wirtschaftlichen Nutzens im Mittelpunkt.

Es ist leider selten auf einfache Weise möglich, den positiven Nutzen einer Maßnahme nachzuweisen, wenn sie nicht direkt eine Produktivitätserhöhung bewirkt. Da es sich im Arbeits- und Gesundheitsschutz oft um nicht stattgefundenere Ereignisse, beispielsweise nicht aufgetretene Ausfalltage handelt, kann eine Effizienzerfassung nur durch Einbeziehung dieser Faktoren in die Kostenrechnung erfolgen.

Auch durch den Abbau oder die Vermeidung arbeitsbedingter Gesundheitsgefahren lassen sich positive ökonomische Effekte erzielen. Der Nachweis der Senkung von Fehltagen durch arbeitsbedingte oder mitbedingte Erkrankungen ist eine häufig verwendete Methode. Nicht ausdrücken lässt sich der Gewinn an Lebensqualität und Motivation.

Beispielsweise ist es bei Einlege- und Abnahmearbeitsplätzen realistisch, wenn etwa die Hälfte der geschätzten Fehltagen den dabei auftretenden Belastungen zugeordnet wird. Ursachen sind u. a. ungünstiges Heben, ständiges und zu tiefes Bücken, Drehbewegungen der Wirbelsäule, unsymmetrische Belastung des Körpers oder weites Vorbeugen.

Geeignete Hilfsmittel, wie Hub- und Kippeinrichtungen, sind höhenverstellbar und kippbar, sowohl robust als auch sehr flach zum Unterfahren von Paletten gestaltet. Fahrbare Ausführungen verhindern das lästige Bücken an Sitz- und Steharbeitsplätzen, die nur gelegentlich benutzt werden (Bild 1-7).

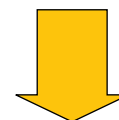
Nutzen für das Unternehmen

es nehmen zu



- Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter
- Qualität der Erzeugnisse und Leistungen
- Marktchancen und Image des Unternehmens

es nehmen ab



- Unfallhäufigkeit
- arbeitsbedingte Erkrankungen
- Trainings- und Ausbildungsaufwand
- Ausschussquote

Nutzen für das Unternehmen

- Reduzierung der physischen und psychischen Belastungen
- Erlangen einer schnelleren und präziseren Handlungskompetenz beim Bedienen und Führen
- Erschließung von Leistungsreserven
- Motivation durch eigenen Erfolg
- Gesundheits- und Persönlichkeitsförderung

Bild 1-5: Positive Auswirkungen einer menschengerechten Gestaltung ergeben sich sowohl für das Unternehmen als auch für die Beschäftigten

Setzt man die Kosten für einen Fehltag z. B. mit 250 Euro an, dann hat sich ein Scherenhubwagen für 2500 Euro schnell amortisiert, insbesondere dann, wenn er im Schichtbetrieb von mehreren Mitarbeitern verwendet wird.

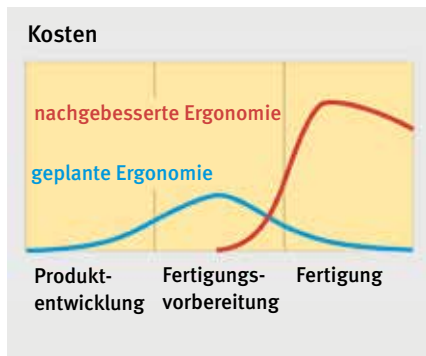


Bild 1-6: Kosten ergonomischer Maßnahmen in verschiedenen Stadien der Produktion

Ein zusätzlicher Gewinn durch ergonomische Arbeitsplatzgestaltung muss auch im damit verbundenen verbesserten „Betriebsklima“ gesehen werden. Auch dieses kann sich auszahlen.

Spüren Beschäftigte Zuwendung und Aktivitäten zur Verbesserung ihrer Situation, kann sich das über die erhöhte Motivation direkt auf die Leistung auswirken.

Auch neue Geräte und Maschinen müssen mitunter erst ergänzt werden, um menschengerechtes Arbeiten zu ermöglichen. Nachträgliche Verbesserungen sind „Reparaturergonomie“ und führen zu höheren Kosten.

Ein frühes Einbeziehen ergonomischer Grundsätze in die Produktentwicklung und Fertigungsvorbereitung senkt die Kosten (Bild 1-6).



Bild 1-7: Beispiele für Hub- und Kipp-Hubgeräte zur Belastungsminderung

2. Leistungsvoraussetzungen des Menschen

Grundsätzlich gilt die Forderung, die Arbeit, und damit das gesamte Arbeitssystem, dem Menschen anzupassen. Es geht nicht darum, Mitarbeiter zu finden, die extreme Anforderungen erfüllen, sondern eine Aufgabe so zu gestalten, dass viele Mitarbeiter sie erfüllen können.

Kein Mensch gleicht jedoch dem anderen. Alter, Geschlecht, Veranlagung, Fähigkeiten, körperliches Wachstum und viele weitere Eigenschaften sind verschieden. Zu den Abweichungen von Mensch zu Mensch kommt hinzu, dass sich jeder im Laufe seines Arbeitslebens in seiner Leistungsfähigkeit verändert.

Die wichtigsten Eigenschaften werden im Folgenden erläutert:

- Variabilität physischer und psychischer Eigenschaften
- Einfluss des Lebensalters
- Einfluss des Geschlechtes
- Einfluss der Tageszeit

2.1 Die Variabilität menschlicher Eigenschaften

Physische und psychische Eigenschaften des Menschen unterliegen, wie für biologische Systeme typisch, einer Variabilität oder Verteilung.

Beispielhaft ist die Verteilung von Körpergrößen in einem Diagramm dargestellt. Die meisten Personen haben Körpergrößen, die sich in der Nähe des Mittelwertes konzentrieren.

Die Häufigkeit nimmt mit wachsendem Abstand vom Mittelwert schnell ab und nähert sich dann nur langsam dem Wert Null. In vielen Fällen handelt es sich um eine annähernd symmetrische Normalverteilung.

Diese findet sich nicht nur bei den Körpermaßen des Menschen, sondern auch bei Körperkräften und Sinnesleistungen, wie dem Sehvermögen und dem Reaktionsvermögen.

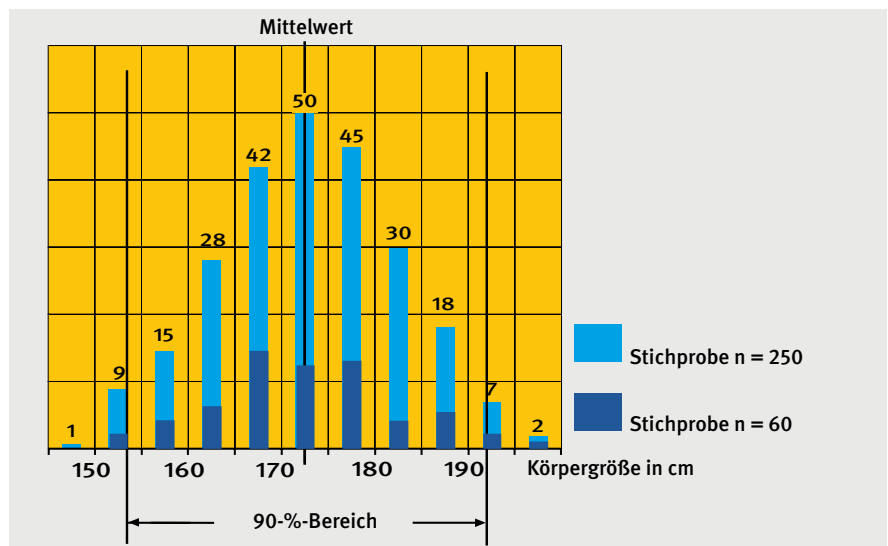


Bild 2-2: Darstellung der Variabilität menschlicher Körpermaße am Beispiel von Körpergrößen

bevorzugt durch Personalauswahl beeinflussbar		auch durch Arbeitsgestaltung beeinflussbar	
Konstitutionsmerkmale	Dispositionsmerkmale	Qualifikationsmerkmale	Anpassungsmerkmale
im Lebenszyklus unveränderlich	direkter Einflussnahme unzugänglich, aber veränderlich	durch langfristige Prozesse veränderbar	durch Eingriffe kurzfristig veränderbar
Geschlecht Körperbau Erbanlagen ethnische Herkunft	Alter Körpergewicht Gesundheitszustand physiologische Leistungsbereitschaft	Erfahrungen Fähigkeiten Fertigkeiten Bildung Wissen	Beanspruchung Ermüdung Stimmung Motivation Konzentration

Bild 2-1: Struktur und Beeinflussbarkeit menschlicher Eigenschaften, Fähigkeiten und Merkmale (nach /16/)

In einer Stichprobe von 250 zufällig ausgewählten Personen ergibt sich im vorliegenden Fall eine fast symmetrische Normalverteilung. Wird eine kleinere Gruppe betrachtet, ergeben sich häufig Abweichungen. Eine Abweichung ist immer dann zu erwarten, wenn die untersuchte Gruppe – z. B. bei Alter und Geschlecht – nicht dem Durchschnitt in der Bevölkerung entspricht (Bild 2-2).

Der Bereich um den Mittelwert, in den 90 % aller Werte fallen, hat bei der Gestaltung von Arbeitsplätzen eine besondere Bedeutung. Es ist Standard, Arbeitsplätze so einzurichten, dass sie für mindestens 90 % der zu erwartenden Beschäftigten nutzbar bzw. akzeptabel sind. Dazu sind Verstellmöglichkeiten, z. B. bei Tischen und Sitzen oder

zusätzliche Hilfsmittel, wie Podeste und Fußstützen, erforderlich. Für besonders große und besonders kleine Personen wird in der Regel eine individuelle Sonderlösung notwendig.

2.2 Altersabhängigkeit

Die Altersstruktur in Deutschland unterliegt seit Jahrzehnten einem Wandel. Sinkende Geburtenraten und eine Steigerung der Lebensdauer werden mittel- bis langfristig zu einer erheblichen Veränderung der Altersstrukturen führen. Es zeigt sich eine deutliche Alterung der Erwerbsbevölkerung sowie eine kontinuierliche Abnahme der Anzahl jüngerer Erwerbstätiger.

In Zukunft werden die Erwerbstätigen über 45 Jahre einen deutlich größeren Anteil der Beschäftigten ausmachen. Vor diesem Hintergrund sind Engpässe, die sich schon heute bei der Gewinnung von qualifiziertem betrieblichen Nachwuchs zeigen, zu erwarten. Es wird bereits mittelfristig erforderlich sein, mehr Arbeitsplätze auch für eine ältere Belegschaft zu konzipieren (Bild 2-3).

Langzeituntersuchungen zur Förderung der altersgerechten Beschäftigung zeigen, dass die Leistungsfähigkeit der Beschäftigten im Wesentlichen von folgenden Faktoren abhängt:

- Betriebsklima
- Gestaltung der Arbeitssysteme
- gesundheitsförderliche Lebensweise

Notwendig ist sowohl eine altersgerechte Gestaltung der Technik, die sich am Leistungsvermögen Älterer orientiert, als auch eine altersbegleitende Einflussnahme für den gesamten Zeitraum der beruflichen Tätigkeit. Hierbei ist die Gestaltung der Arbeitstätigkeit, die Aufgabenverteilung, die Arbeitszeitgestaltung und die Gestaltung der Laufbahn für das Arbeitsleben vorausschauend zu betrachten.

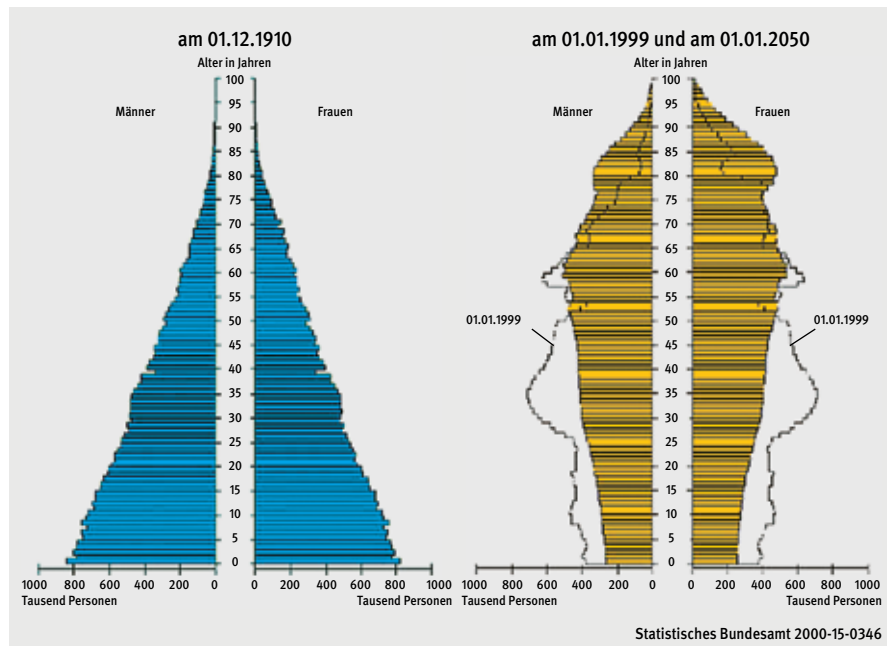


Bild 2-3: Altersverteilung in der deutschen Bevölkerung



es nehmen zu	es nehmen ab
	
<ul style="list-style-type: none"> • Geübtheit sowie Arbeits- und Berufserfahrung • Gesprächs- und Urteilsfähigkeit • Fähigkeiten im Umgang mit Menschen • Zuverlässigkeit und Verantwortungsbewusstsein • Qualitätsbewusstsein • Betriebstreue • Bewältigung von Stress und Hektik • Lernfähigkeit für strukturierte, mit Bekanntem assoziierte Zusammenhänge 	<ul style="list-style-type: none"> • Muskelkraft und körperliche Leistungsfähigkeit • Fähigkeiten der Sinnesorgane • Reaktionsgeschwindigkeit • Risikobereitschaft • Merkfähigkeit • Lernfähigkeit für abstrakte Zusammenhänge • Aktualität der Ausbildung

Bild 2-4: Im Arbeitsprozess typische Veränderungen bei älter werdenden Menschen (nach /1/)

Alter und Sehvermögen

Im Arbeitsleben hat gut sehen zu können eine große Bedeutung. Mit zunehmendem Alter lässt allerdings die Elastizität der Augenlinse nach, d. h., die Entfernung, bei der gerade noch scharf gesehen wird, nimmt zu. Im Nahbereich entsteht ein unscharfes Bild. Etwa ab dem 40. Lebensjahr beginnt diese so genannte „Alterssichtigkeit“. Viele Beschäftigte brauchen dann eine Brille. Kurzsichtige benötigen in der Regel eine Zweistärkenbrille, mit all ihren

Problemen in der Eingewöhnungsphase.

Ebenfalls mit zunehmendem Alter wird die Pupille starrer und enger. Es gelangt weniger Licht auf die Netzhaut. Ältere Menschen brauchen deshalb mehr Licht zum Verrichten von Tätigkeiten. Bei hohem Beleuchtungsniveau ist der Unterschied des Lichtbedarfs deutlich geringer. Ein hohes Beleuchtungsniveau wirkt sich gleichzeitig positiv auf Sicherheit, Leistung und Qualität aus.

2.3 Der Tagesgang der Leistungsbereitschaft

Physiologische Funktionen des Menschen sind tageszeitabhängig. Dies ist im 24-stündigen Tagesrhythmus begründet (Bild 2-5).

Gleiche Arbeiten werden zu verschiedenen Tageszeiten als unterschiedlich beanspruchend empfunden. Arbeiten, bei denen immer die gleiche Anforderung besteht, sind bei Nacht anstrengender als am Tage.

Dies sollte grundsätzlich bei der Schichtgestaltung bzw. bei der Verteilung von Aufgaben auf verschiedene Schichten oder Tageszeiten Berücksichtigung finden.

Im modernen Arbeitsleben wird immer mehr Flexibilität, insbesondere bei der Gestaltung der Arbeitszeit, vorausgesetzt. Innovative Arbeitszeitmodelle gestatten es grundsätzlich, Wirtschaftlichkeit und Humanität zu verbinden. Aktivitäten in dieser Richtung berücksichtigen bis heute noch überwiegend die Wirtschaftlichkeit.



Bild 2-5: Die biologische Leistungskurve (unten) hat im Tagesgang einen typischen Verlauf mit einem Maximum am Vormittag und einem ausgeprägten Minimum in den Nachtstunden. Diese aus dem täglichen Leben bekannte Tatsache wurde erstmalig an der Fehlerzahl beim Ablesen von Zählerständen (oben) wissenschaftlich nachgewiesen und hat sich in weiteren Untersuchungen bestätigt (nach /1/)

In der Europäischen Union leisten derzeit etwa 20 % der Beschäftigten Schichtarbeit. Die Betroffenen sind mit ihren Beschwerden oft auf sich allein gestellt.

Die meist für eine Tagschicht konzipierte Gestaltung des Arbeitsplatzes lässt nachts häufig zu wünschen übrig. Hinzu kommen psychosoziale Belastungen aus dem privaten Bereich. Die Leistungsreserven sind schneller aufgebraucht, Überforderungen zu erwarten und gesundheitliche Beeinträchtigungen auf die Dauer nicht auszuschließen.

In Schichtsystemen entstehende Probleme sind auch durch Unterschiede zwischen betroffenen Personen, den so genannten Morgen- und Abendtypen erklärbar. Morgentypen entwickeln bei Nachtarbeit und Abendtypen bei Frühschichten erhebliche Schlafdefizite.

2.4 Einfluss des Geschlechtes

Der Einfluss des Geschlechtes in der modernen Berufsarbeit wird häufig überschätzt. Die historisch gewachsenen Strukturen und Rollenverständnisse bei der Berufstätigkeit verändern sich ebenfalls nur langsam. Dieser Prozess wird durch die Gleichstellung von Mann und Frau im modernen europäischen Recht unterstützt. Viele Frauen wollen heute auch außerhalb der frauentypischen Berufe Karriere machen. Studien haben gezeigt, dass dabei immer mehr berufstätige Frauen unter den früher als typisch männlich geltenden stressbedingten Problemen und Beschwerden aus dem Berufsleben leiden, wie Herzproblemen.

Menschengerechte Gestaltung muss die Unterschiede bei physischen Eigenschaften berücksichtigen. Durch den Körperbau bedingte Unterschiede finden sich vor allem bei der Körperkraft. Darum waren und sind bis heute Frauen verschiedene Berufe verschlossen. Frauen gelten als geschickter, wenn es um einfache Handarbeiten geht. Im Gegensatz zur Körperkraft zeigt sich, dass im Jugendalter, etwa bis zum 18. Lebensjahr, kein Unterschied der Geschicklichkeit zwischen Jungen und Mädchen besteht. Etwa mit dem 18. Lebensjahr zeigt sich aber eine bessere Geschicklichkeit der Frau gegenüber der des Mannes. Dies wird mehr auf eine entwicklungsbedingte Spezialisierung bereits im Jugendalter zurückgeführt.

Geringere, aber nachweisbare Unterschiede finden sich im sprachlich kommunikativen Bereich, wobei Frauen tendenziell besser abschneiden. Im Bereich der Abstraktionsfähigkeit und des räumlichen Vorstellungsvermögens bestehen Vorteile für Männer. Diese psychischen Eigenschaften werden für typische Vorlieben bei den Berufswünschen verantwortlich gemacht.

3. Die Schnittstelle Mensch-Technik

3.1 Gestaltungsschwerpunkte

Die Schnittstelle Mensch-Technik wird als traditionelles Kerngebiet der Ergonomie angesehen. Sie umfasst die folgenden Schwerpunkte:

Räumlich ergonomische Gestaltung

- Körpermaße
- Körperhaltung
- Sichtgeometrie
- Bewegungsräume und -häufigkeiten
- Anpassung von Handwerkszeugen, Griffen und Bedienelementen an die Form und Beweglichkeit der Hand

Kraft- und Energieaufwand

Ein erheblicher Kraftaufwand beim Bedienen von Stellteilen an Maschinen und Anlagen ist in immer geringerem Umfang erforderlich. Von Bedeutung ist der Kraftaufwand bei handwerklichen Tätigkeiten, wie Aufbau, Wartung, Instandhaltung und Demontage sowie beim Umgang mit Lasten, die beispielsweise zu heben, tragen, halten, zu schieben oder zu ziehen sind.

Informationsaufnahme

- Die Erkennbarkeit oder Wahrnehmbarkeit von dargebotenen Informationen ist durch die Gestaltung von Anzeigen, Schriftgrößen, Kontrasten und deren Anordnung sowie den Beleuchtungsbedingungen zu sichern.
- Wesentlich ist, dass Art und Darbietung der Information das Aufnahmevermögen des Bedieners nicht überfordern.

Verstehbarkeit des Systems

- Immer wichtiger wird es, die Bedienung moderner Geräte, Maschinen und Anlagen so zu gestalten, dass sie dem Vermögen der menschlichen Informationsverarbeitung entsprechen. Bedeutsam sind Gebrauchstauglichkeit, Bedienbarkeit und Verstehbarkeit.
- Wesentliche Kriterien sind auch die leichte Erlernbarkeit und eine enge Verknüpfung von Aktion und Reaktion beim Bedienen. Erleichtert wird dies durch gleiche Verwendung und Verständlichkeit von Begriffen sowie durchgängig gleiche Strukturierung.

Elemente des Arbeitssystems	Beispiele für Gestaltungsfelder
Arbeitsraum	Abmessungen Heizung, Lüftung, Wärmedämmung Beleuchtung Sichtbeziehungen Schalldämmung und -dämpfung
Arbeitsplatz	Arbeitsplatztyp Arbeitshöhen Beinraum Greifraum Schwinkel und Sehabstand Beleuchtung
Arbeitsmittel	Abmessungen und Gewichte Emissionen (Lärm, Gefahrstoffe ...) Körperhaltung Handhabbarkeit Hardware, Software
Arbeitsgegenstand	Abmessungen und Gewichte Handhabbarkeit Material Emissionen
Arbeitsumgebung	Immissionen (Lärm, Gefahrstoffe, Klima, Beleuchtung ...)
Arbeitsorganisation	Einzel- oder Gruppenarbeit Schichtsystem Arbeitszeit- und Pausenregime Arbeitsplatzwechsel

Bild 3-1: Systemelemente des Arbeitssystems mit Beispielen für Gestaltungsansätze

3.2 Arbeitsplatztypen

Die bei der Arbeit dominierenden Körperhaltungen sind Stehen und Sitzen. Für solche Arbeitsplätze gibt es in der Literatur Bemessungsvorschläge.

Der Sitzarbeitsplatz ist dem Steharbeitsplatz vorzuziehen, da diese Körperhaltung energetisch weniger aufwändig ist. Falls technologisch möglich, sollte ein selbstgewählter Wechsel realisiert werden können.

Man unterscheidet sechs Arbeitsplatz-Grundtypen:

- Typ 1** Sitz-Arbeitsplatz höhenverstellbar
- Typ 2** Sitz-Arbeitsplatz nicht höhenverstellbar (Tischhöhe angepasst an das 95. Perzentil)
- Typ 3** Sitz-/Steh-Arbeitsplatz höhenverstellbar

- Typ 4** Sitz-/Steh-Arbeitsplatz nicht höhenverstellbar (Tischhöhe angepasst an das 95. Perzentil)
- Typ 5** Steh-Arbeitsplatz höhenverstellbar
- Typ 6** Steh-Arbeitsplatz nicht höhenverstellbar (Tischhöhe angepasst an das 95. Perzentil)

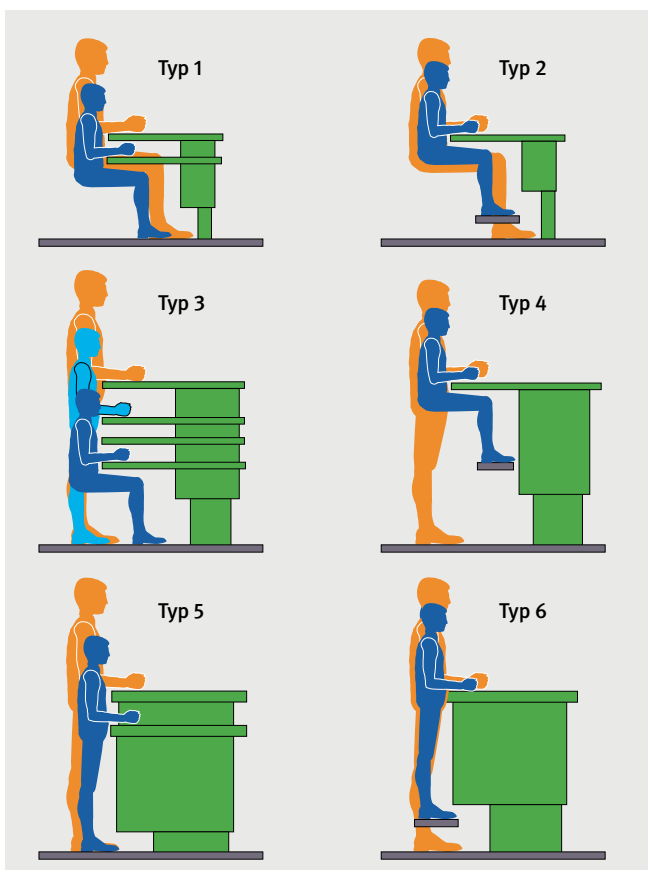


Bild 3-2: Arbeitsplatzgrundtypen im Stehen und Sitzen

Steharbeitsplatz

An einem Steharbeitsplatz wird die Festlegung der optimalen Arbeitshöhe eher von der ausgeübten Tätigkeit als von den Körpermaßen bestimmt. Um ungünstige Körperhaltungen zu vermeiden, sind ständige Arbeitshöhen im Bereich um die hier als Mittelebene bezeichnete normierte Ellenbogenhöhe anzuordnen (Bild 3-3 bis 3-5).

Der günstige Bereich liegt bis 10 cm und der geeignete bis 20 cm darüber oder darunter. Bei höheren Sehanforderungen bis 30 cm wird eine Abstützhilfe und bei Höhen unter -20 cm Bücken erforderlich.

Grundregeln sind:

- Körperhaltung aufrecht
- Oberarme möglichst senkrecht nach unten
- rechter Winkel zwischen Ober- und Unterarm oder größer
- Kopf- und Blickneigung zusammen ca. 30 bis 35°
- Bei höheren Stehanforderungen leitet sich die Arbeitshöhe aus dem optimalen Sehabstand ab.



Bild 3-3: Da die Oberarme nie vollständig senkrecht hängen, liegen die Ellenbogen oberhalb der Mittelebene.

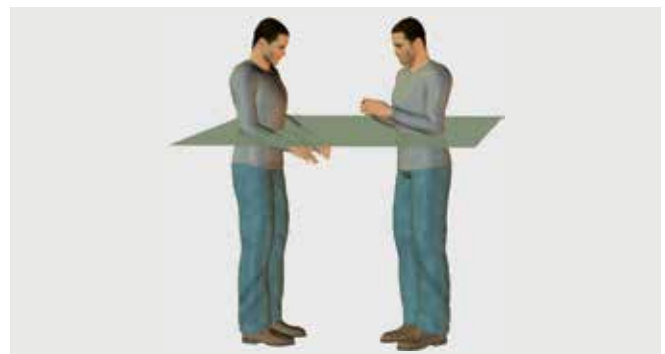


Bild 3-4: Je nach Sehanforderung und Kraftaufwand arbeiten die Hände optimal 10 bis 20 cm ober- oder unterhalb der Mittelebene.



Bild 3-5: Bei sehr hohen Sehanforderungen ist oft eine Abstützung nötig. Bei großem Kraftaufwand ist immer ein Ansatz von Bücken zu beachten.

Sitzarbeitsplatz

Die Gestaltung und Einrichtung eines Sitzarbeitsplatzes muss die Voraussetzungen dafür schaffen, dass ein gutes Sitzen und Sehen möglich ist.

Besonders ist auf Fehlhaltungen des Nackens, des Schultergürtels und des Rückens zu achten. Außerdem sind Zwangshaltungen durch ausreichende Freiräume für Arm- und Beinbewegungen zu vermeiden.

Grundregeln sind:

- Oberkörper aufrecht
- Oberarme möglichst senkrecht
- Unterarme waagrecht
- Blickwinkel ca. 40° nach unten
- Oberschenkel waagrecht
- Unterschenkel senkrecht
- flächiger Bodenkontakt der Füße

Langes statisches Sitzen führt zu Verspannungen der Muskulatur und einer Belastung der Wirbelsäule.

Besser ist so genanntes „dynamisches Sitzen“, d. h. wechselnde Sitzhaltungen, wobei die Abstützung des Körpers durch die Stuhlkonstruktion unterstützt wird.

Tätigkeiten, die ganztägig und ausschließlich im Sitzen ausgeführt werden, sind aus ergonomischer Sicht zu vermeiden.

Anzustreben sind vielmehr Tätigkeiten, bei denen Sitzen, Stehen und Gehen wechseln.

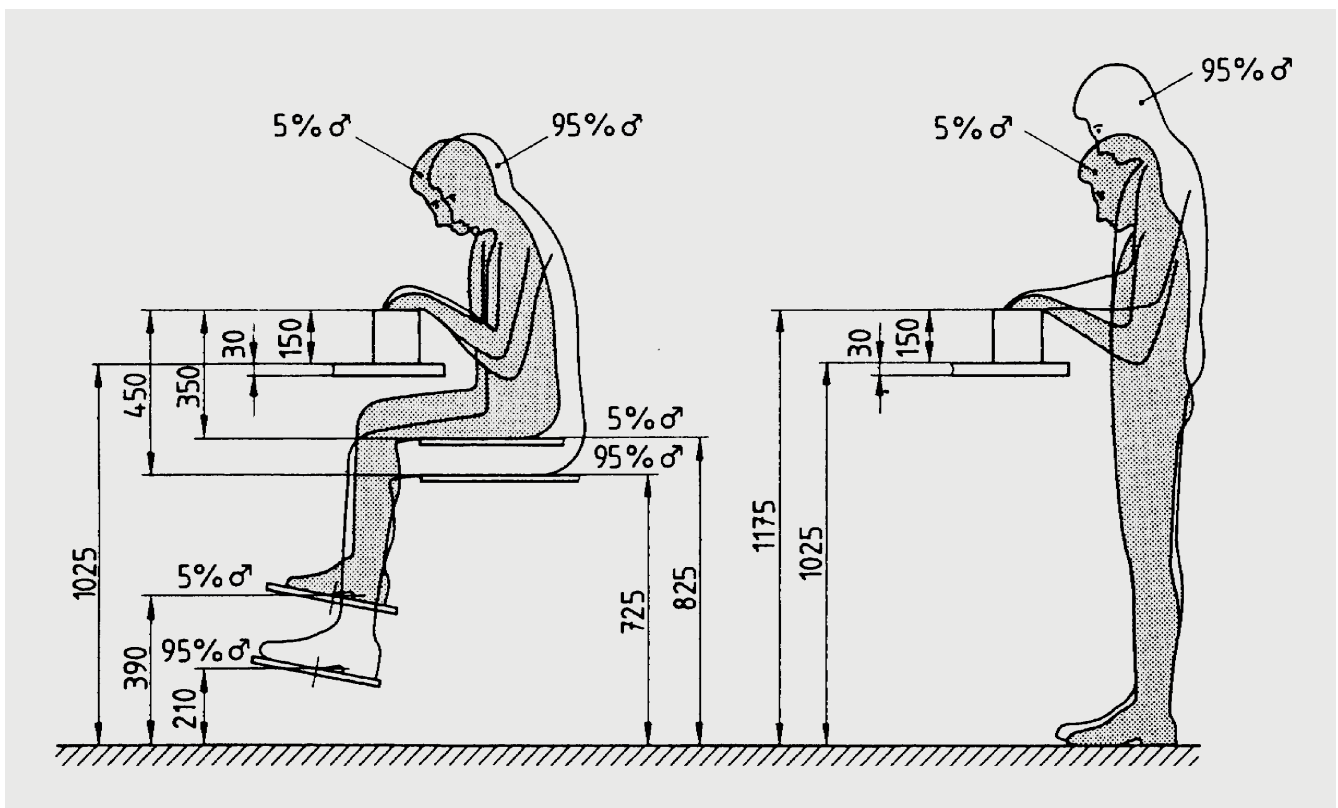


Bild 3-6: Beispiel für Arbeitsplatzmaße bei einer Arbeitsstellenhöhe über Tisch von 150 mm für einen kombinierten Sitz- und Steharbeitsplatz nach DIN 33406

Arbeitsstuhl

Für alle Arbeiten, die ganz oder teilweise im Sitzen verrichtet werden können, müssen Sitzgelegenheiten vorhanden sein. Hierfür sind Arbeitsstühle nach DIN 68877 geeignet.

Das sind höhenverstellbare Sitzmöbel mit drehbarem Unter-
teil, deren Konstruktion verschiedene Tätigkeiten in unter-
schiedlicher Sitzhöhe ermöglicht.



Bild 3-7: Beispiele von Stühlen, hohen Stühlen mit Aufstiegshilfe, Hockern, einer Fußstütze und einer Stehhilfe für den Einsatz an Arbeitsplätzen in der Produktion.

3.3 Körpermaße

Für die räumliche Gestaltung von Arbeitsplätzen und Betriebsmitteln müssen die Körpermaße der dort arbeitenden Person bekannt sein.

Die in DIN 33402-2 „Ergonomie – Körpermaße des Menschen“ wiedergegebenen Werte von Körpermaßen beruhen auf statistisch gesicherten Messungen an Personen, die im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland wohnen.

Die Körpermaße stammen aus Untersuchungen in den Jahren 1999 bis 2002. Sie sind sowohl als gemittelte Werte der Gesamtpopulation 16 – 65 Jahre als auch in verschiedenen Altersgruppen angegeben.

Im Vergleich zu früheren Körpermaßangaben wurden mit der aktualisierten Werterfassung zum einen der Akzelerationsprozess (Wachstumsbeschleunigung) der zurückliegenden Jahre und zum anderen alle im Untersuchungsgebiet wohnenden Personen (Wohnbevölkerung) erfasst.

Zur Angabe der Variabilität wird der Begriff Perzentil verwendet. Der kleinere Wert gibt das 5. Perzentil an, d. h. 5 % aller ermittelten Körpergrößen sind kleiner als der angegebene Wert. Der höhere Wert gibt das 95. Perzentil an, d. h. 95 % aller ermittelten Größen sind kleiner als der angegebene Wert.

Die angegebene Spanne umfasst 90 % aller ermittelten Körpermaße, welche bei der Gestaltung zu berücksichtigen sind.

Im Interesse einer Vereinheitlichung in Europa wird eine Definition des so genannten „Europamenschen“ vorgeschlagen. Als 5. Perzentil wurde das der Südeuropäer und als 95. Perzentil das der Nordeuropäer definiert. Durch Einbeziehung von nord- und südeuropäischen Bevölkerungsdaten hat die Verteilung eine größere Breite.

3.4 Verwendung von Körpermaßschablonen

Bei der Gestaltung von Arbeitsplätzen, Maschinen und Werkzeugen nach ergonomischen Gesichtspunkten sind Körpergrößenbereiche und nicht mittlere oder konkrete Körpermaße einer einzelnen Person zu berücksichtigen.

Die Körpermaße des Menschen sind dabei nicht als feststehende Größen zu verwenden. Die Beweglichkeit des Körpers und seiner Gliedmaßen ist bei der Ermittlung der Werte nicht berücksichtigt worden. Ebenso lässt sich aus

einer Angabe, beispielsweise der Körpergröße, nicht direkt auf die anderen Körpermaße schließen. Alle Maße gelten für den unbedeckten Menschen. Für Arbeits- und Schutzkleidung sind entsprechende Zuschläge erforderlich.

Bei der Einrichtung von Arbeitsplätzen ist die Verteilung der Körpergrößenmaße der zu erwartenden Bediener als Maßstab anzunehmen. In der Regel wird das 5. Perzentil Frau bis zum 95. Perzentil Mann benutzt. Damit werden 90 % der zu erwartenden Personen erfasst. Mindestens für diese sind

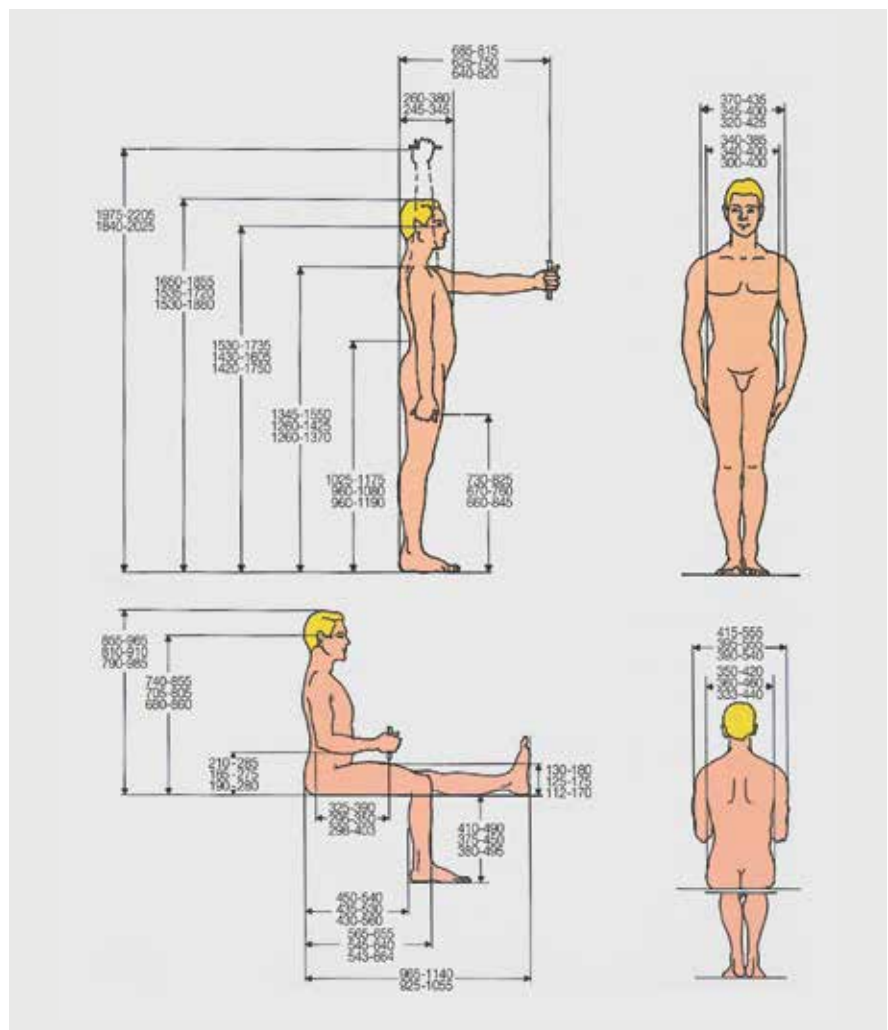


Bild 3-8: Körpermaße des Menschen nach DIN 33402 Teil 2 von 05/2007 und dem „Internationalen anthropometrischen Datenatlas“ der BAUA /6/
 obere Zeile: 5. bis 95. Perzentil Männer von 18 – 65 Jahren
 mittlere Zeile: 5. bis 95. Perzentil Frauen von 18 – 65 Jahren
 untere Zeile: 5. bis 95. Perzentil Europamensch

Verstellmöglichkeiten vorzusehen. Für sicherheitskritische Einrichtungen sind mindestens das 1. und das 99. Perzentil zu verwenden.

Ein praktisches Verfahren, um in einem zeichnerischen Entwurf Körpermaße zu berücksichtigen, ist die Verwendung von Schablonen der menschlichen Gestalt. Bekannt sind mehrere Grundtypen, die alle die folgenden wesentlichen Vereinfachungen enthalten:

- Der Umriss der menschlichen Gestalt besteht nur aus Geraden und Kreisbögen und schließt Arbeitskleidung und Schuhwerk ein.
- Von der Körperhöhe sind die Körpermaße, z. B. Arm- und Beinlängen, und die Körperumrisse abgeleitet.
- Die Gelenke werden vereinfacht durch Drehpunkte dargestellt.

Mit einer Übung lassen sich zahlreiche weitere Bewegungsmöglichkeiten darstellen.

Mit diesen Schablonen kann sowohl der Konstrukteur den Arbeitsplatz um den Menschen mit seinen Körpermaßen herum konstruieren als auch der Anwender überprüfen, ob sowohl



Bild 3-9: Anwendung von Zeichenschablonen

kleine (5. Perzentil) als auch große Personen (95. Perzentil) an dem Arbeitsplatz tätig sein bzw. Maschinen und Werkzeuge benutzen können.

Menschliche Körperformen und Proportionen haben teilweise deutliche Unterschiede im Verhältnis Ober- und Unterkörper sowie durch schlanke oder füllige Gestalt. Der Einsatz von Körperschablonen hat hier Grenzen.

Die Schablonen werden heute noch für Lehr- und Demonstrationzwecke benutzt. Sie werden derzeit nicht gehandelt.

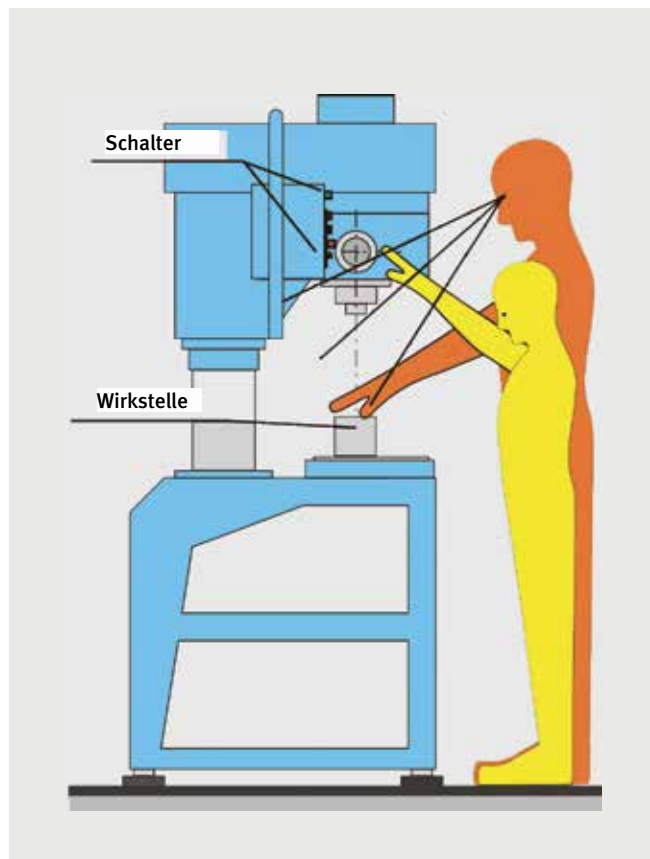


Bild 3-10: Möglichkeiten des Einsatzes von Körperumrisschablonen nach /4/

Überprüfung eines Pressenarbeitsplatzes (stehend) für den Körpergrößenbereich „Männer und Frauen“

1. Stellteile am Schaltschrank können von einer kleinen Frau nicht bei jeder Maschinenhöhe bedient werden.
2. Die Wirkstelle kann vom einem großen Mann in natürlich stehender Haltung nicht eingesehen werden.

Für Innenräume, z. B. Beinräume, ist die Schablone des großen Mannes und für Außenmaße zur Sicherung der Erreichbarkeit oder der Sehhöhe das Maß der kleinen Frau zu verwenden.

Der nur für den mittelgroßen Menschen gestaltete Arbeitsplatz ist für große und kleine Personen nicht geeignet.

Professionelle Anwender greifen meist auf computergestützte Methoden unterschiedlichster Ausführung zurück. Dabei werden dreidimensionale Menschendarstellungen benutzt (Bild 3-11 und 3-12).

Das am weitesten entwickelte Verfahren der interaktiven dreidimensionalen Simulation, auch virtuelle Realität oder VR genannt, erlaubt es, in Prototypen plastisch zu simulieren, die weitgehend das gleiche Verhalten zeigen wie das reale Produkt (Bild 3-13).

Durch den räumlichen Eindruck ist es möglich, deutlich mehr Fehler in einer kürzeren Zeit zu finden als mit früheren Arbeitsweisen.



Bild 3-11: Beispiel für die Darstellung von Einzelheiten im CAD-Programm

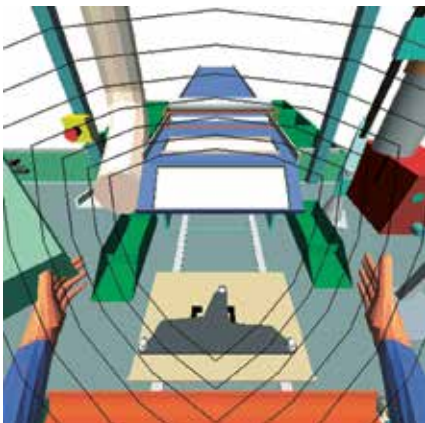


Bild 3-12: Das Sehen eines Nutzers lässt sich am Computer-Modell einblenden

3.5 Sehbedingungen

Etwa 80 bis 90 % unserer Sinneseindrücke nehmen wir mit dem Auge wahr. Bei fast allen anfallenden Arbeiten muss der Ablauf visuell gesteuert oder kontrolliert werden. Dabei ist der Bereich des Gesichtsfeldes, in dem bei ruhendem Auge scharf gesehen werden kann, vergleichsweise klein. Dies führt dazu, dass die Sehachse durch Bewegungen des Auges und Kopfes und auch des Körpers insgesamt ständig neu auf

das zu erkennende Objekt eingerichtet wird. Scharfsehen bedeutet aufgrund der Muskeltätigkeit des Auges zusätzlich eine energetische Beanspruchung mit entsprechenden Ermüdungserscheinungen. Arbeitsplätze sollten so gestaltet sein, dass Augen- und Kopfbewegungen minimiert und Zwangshaltungen vermieden werden.

Der Sehraum wird durch die Sehachse und die Größe des Gesichtsfelds, Blick- und Umblickfelds beschrieben.

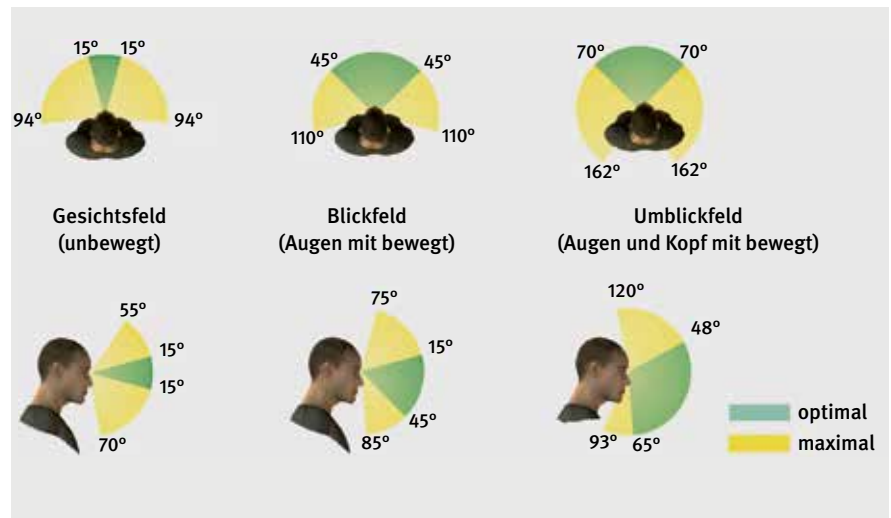


Bild 3-14: Schematische Darstellung der maximalen und optimalen Gesichtsfelds-, Blick- und Umblickfelder (nach /14/)

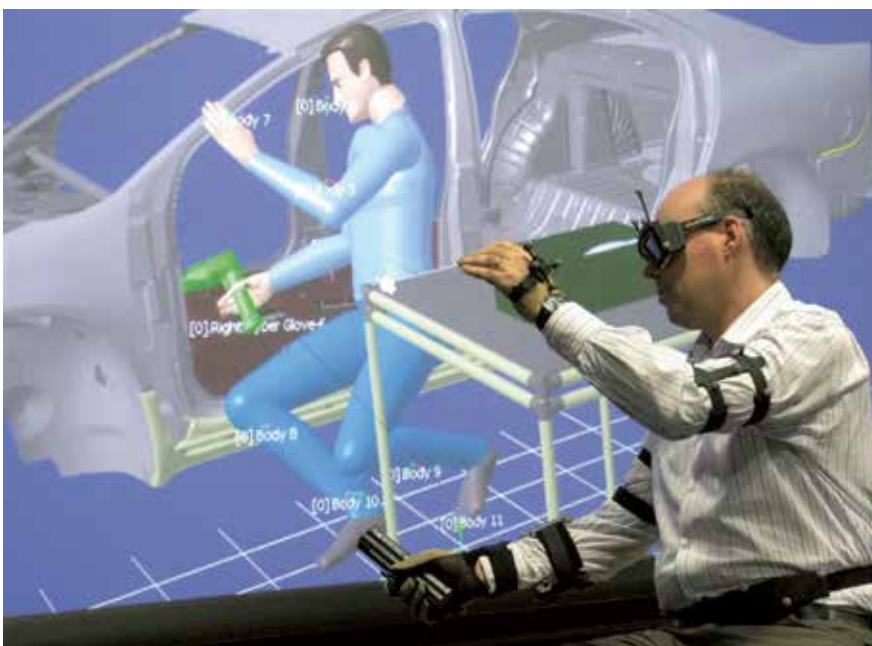


Bild 3-13: Die virtuelle Realität lässt sich im Computerbild durch einen Operator steuern.

Das Gesichtsfeld ist der Bereich des Sehraumes, in dem Objekte ohne Kopf- und Augenbewegungen wahrgenommen werden können. Der Bereich des Scharfsehens umfasst dabei nur ca. 2° um die Sehachse.

Das Blickfeld umfasst den Bereich, in dem Gegenstände bei unbewegtem Kopf und bewegten Augen fixiert werden können.

Das Umblickfeld ist der Bereich, in dem Objekte mit Kopf- und Augenbewegungen wahrgenommen werden können.

Der Blickwinkel ist für die Körperhaltung eine sehr wichtige Größe. Er ergibt sich als Winkel zwischen der Blicklinie und der Horizontalen unter Einschluss der Kopfhaltung. Er sollte für Sitzarbeitsplätze etwa 40° und für Steharbeitsplätze etwa

30° betragen. Ein zu großer Blickwinkel durch starkes Beugen der Halswirbelsäule kann über längere Zeit zu Beschwerden und krankhaften Veränderungen führen. Das Gleiche gilt für Blickwinkel über der Waagerechten

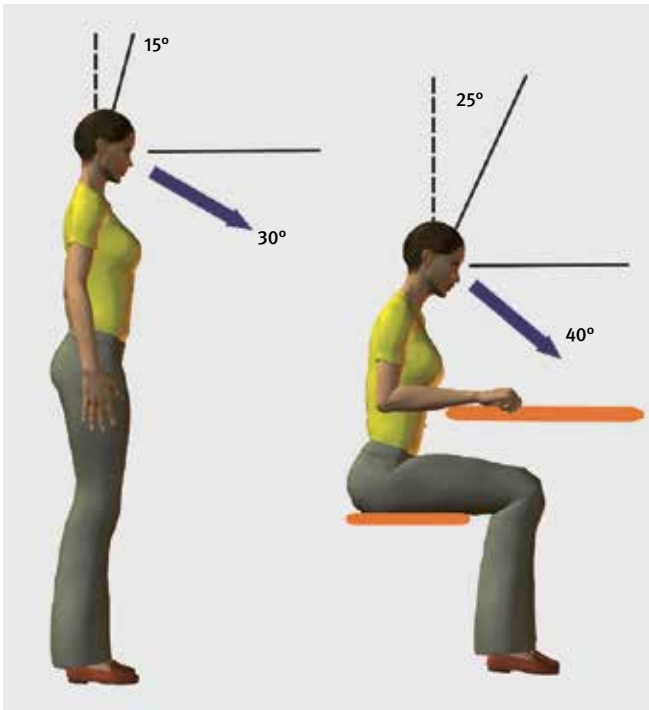


Bild 3-15: Der Blickwinkel bei natürlicher Kopfhaltung ist im Stehen kleiner als im Sitzen (nach /14/)

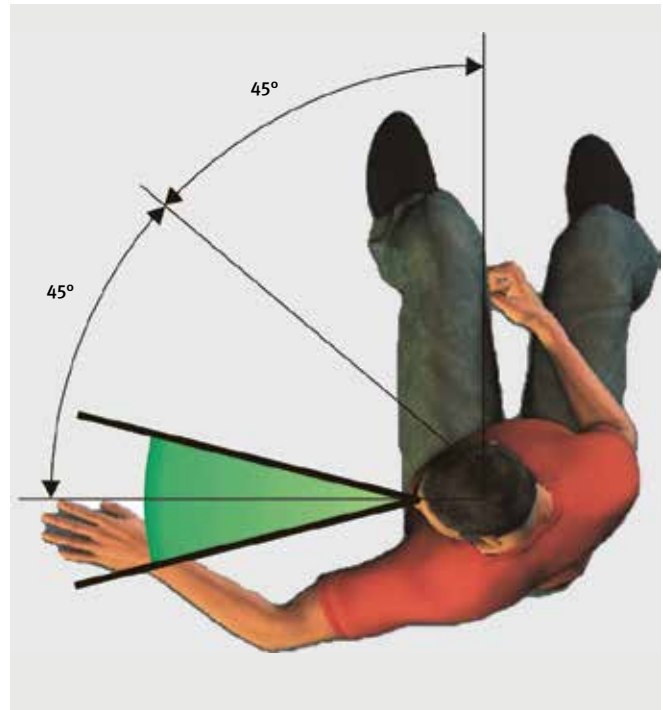


Bild 3-17: Eine Blickbewegung oder Handlung setzt sich immer aus der Bewegung mehrerer Körperteile zusammen. Hier sind es der Oberkörper und Kopf mit je 45° und der Oberarm

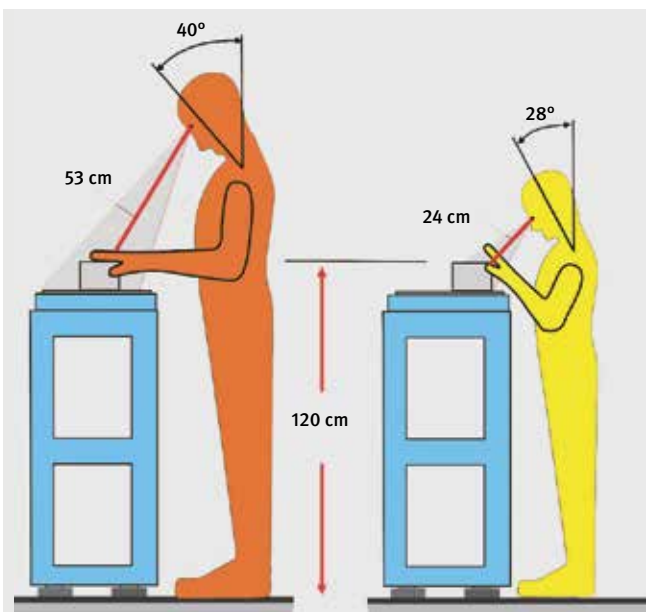


Bild 3-16: Kopfneigung, Sehabstand und Unterarmstellung in Abhängigkeit von der Körpergröße bei fester Arbeitsstellenhöhe konstruiert mit Zeichenschablonen

3.6 Wirk- und Greifräume

Der Wirkraum ist der Bewegungsraum des Menschen und seiner Gliedmaßen bei der jeweiligen Tätigkeit.

Bei der Festlegung von Abmessungen des Arbeitsplatzes und der unmittelbaren Umgebung sind nicht nur der Wirkraum, sondern auch weitere Kriterien zu berücksichtigen:

- haltungs- und tätigkeitsspezifische Funktionsmaße des Menschen
- allgemeine Bewegungsfreiheit
- der Luftraum bei natürlicher Lüftung
- das psychische Wohlbefinden

Der Raumbedarf muss dem Menschen angepasst sein. Ansonsten können Zwangshaltungen oder ermüdende Körperhaltungen sowie Behinderungen und Gefährdungen, aber auch psychisches Unwohlsein auftreten.

Unter Zwangshaltungen sind physiologisch ungünstige bis extreme Körperhaltungen zu verstehen, die wegen unphysiologischer Stellung der Gelenke und bei andauernder Ausführung zu schneller Ermüdung oder schmerzhaften Beschwerden führen. Beispiele sind Überkopparbeit, Arbeiten mit vor- oder seitlich gebeugtem oder verdrehtem Oberkörper, vorgebeugte gedrehte Kopfhaltung u. Ä. Auch sehr langes Verharren in einer normalen Arbeitshaltung kann als Zwangshaltung empfunden werden.

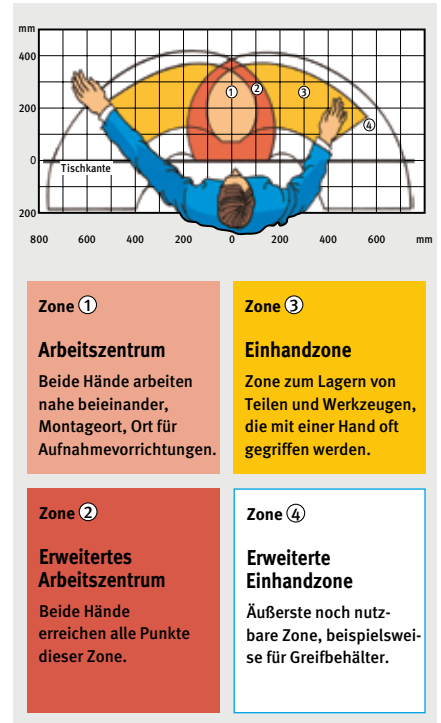


Bild 3-19: Grundvorstellungen über die Maße des Greifraumes in normaler Arbeitshöhe. Die angegebenen Werte sind Mittelwerte. Ein Streubereich der Körpermaße ist zu berücksichtigen (nach /7/)

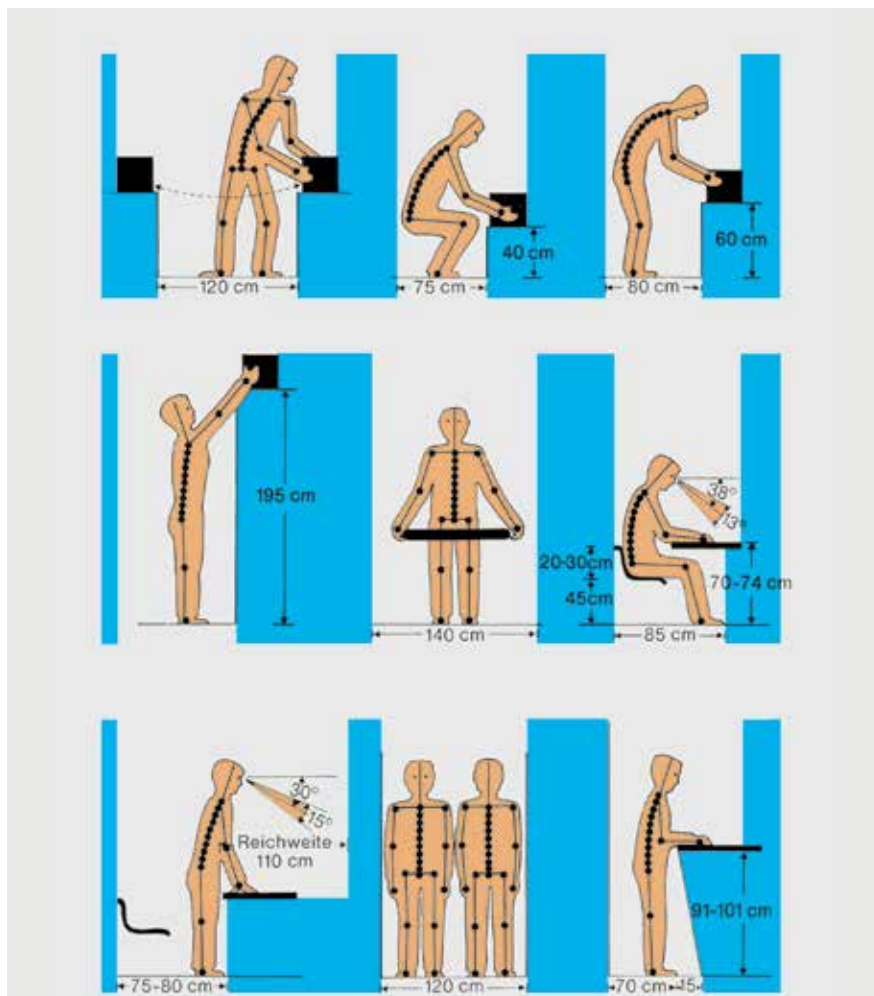


Bild 3-18: Richtmaße für den Raumbedarf

Greifräume

Der Umfang des Raumes, in dem der Mensch greifen kann, ist abhängig von der Größe der Gliedmaßen, ihren Bewegungsmöglichkeiten sowie der Körperhaltung. Die Beweglichkeit der Gliedmaßen im Greifraum ist sehr unterschiedlich. Verschiedene Stellungen der Gelenke engen die Beweglichkeit ein.

Harmonische Bewegungsabläufe sind nur in bestimmten Bewegungsräumen und Richtungen möglich. Die physiologisch beste Armhaltung ist die mit etwa senkrecht abfallendem Oberarm, wobei der Unterarm nach vorn gerichtet leicht nach unten abfällt. Das bedeutet, dass die Hände etwa in Magenhöhe arbeiten. Arbeiten über Herzhöhe sollten bei länger dauernden Tätigkeiten vermieden werden. Bei sehr feinen Arbeiten mit kurzer Sehntfernung müssen Kompromisse zwischen der idealen Arm- und Kopfhaltung gemacht werden.

Die Bewegungen des menschlichen Körpers sind insgesamt komplex und lassen sich nicht durch eine starre Betrachtungsweise erklären. Der Mensch führt beim Zugreifen keine Bewegungen einzelner Körperteile, sondern immer kombinierte Bewegungen mehrerer Körperteile aus. Auch bei einer größeren Bewegung, beispielsweise beim Ablezen einer Anzeige, werden immer Kopf sowie Ober- und Unterkörper automatisch mitbewegt.

Grundsätze bei der Gestaltung:

- Anzeigen, Stellteile, Werkzeuge und Werkstücke, die häufig abzulesen und bewegungsintensiv zu handhaben sind, sollten in Zone 1 oder 2 angeordnet sein.
- Bewegungen außerhalb des normalen Greifraumes, z. B. weites Reichern, sind zu vermeiden.
- Für kleine, genaue Bewegungen, die mit den Augen kontrolliert werden müssen, sollte Zone 1 bevorzugt werden, damit zusätzliche Blickverschiebungen vermieden werden.
- Muskelkräfte und die Genauigkeit der Bewegungen sind an der Grenze der Zonen 3 und 4 eingeschränkt.
- Bei der Montage von Kleinteilen haben sich Greifbehälter in Zone 3 oder 4 bewährt.
- Der häufige Wechsel der Sehentfernung sollte vermieden werden.



Bild 3-20: Greifraumplanung am Computer

3.7 Körperkräfte

Körperkräfte werden durch das Zusammenwirken von Muskeln, Skelett, Sehnen und Bändern ausgeübt. Für die Aufrechterhaltung von Kräften ist eine kontinuierliche Blutzufuhr der Muskeln wichtig. Die Körperkräfte des Menschen sind abhängig von Alter, Geschlecht, Körpergröße und Gewicht. Sie sind bei 20- bis 25-jährigen Männern am größten.

Die nach außen abgegebenen Kräfte des Körpers werden durch den Energieumsatz im Muskel erzeugt. Bei der vom Körper aufzubringenden Muskelkraft sind zwei Fälle zu unterscheiden:

- Verrichtung einer Arbeit bei dynamischer Muskelbelastung
- Aufbringen einer Kraft bei statischer Muskelbelastung

Bei dynamischer Muskelbelastung, z. B. Schaufelarbeit, kommt es zu stetigem Wechsel zwischen Spannung und Entspannung des Muskels. Bei statischer Muskelbelastung, z. B. Bohren über Kopf, verharrt der Muskel in einem bestimmten Spannungszustand. Die erträgliche Haltedauer bei statischer

Belastung ist von der Belastungshöhe abhängig. Bei statischer Muskelarbeit unterhalb 15 % der Maximalkraft tritt keine messbare Abnahme der Muskelkraft auf. Dieser Wert gilt als Dauerleistungsgrenze für statische Muskelarbeit.

Die Größe der abgebbaren Kraft ist von der Körperhaltung, der Bewegungsrichtung und der Lage des Kraftangriffspunktes abhängig.

Regel:
Statische Muskelbelastungen und ungünstige Körperhaltungen sind grundsätzlich zu vermeiden.

Die aus technischer Sicht erforderlichen Kräfte sind meist vorgegeben oder leicht bestimmbar. Die Größe der abgebbaren Kraft des Menschen ist von der Körperhaltung, der Bewegungsrichtung und der Lage des Kraftangriffspunktes abhängig. Für bestimmte häufige Kraftaufwendungen sind Maximalkräfte bereits in Datensammlungen /22/ zusammengefasst. Das Verhältnis der maximal möglichen Kraft zur erforderlichen Kraft wird als Maß für die Beanspruchung benutzt. Nicht für alle praktischen Fälle wird es Vorgaben geben.

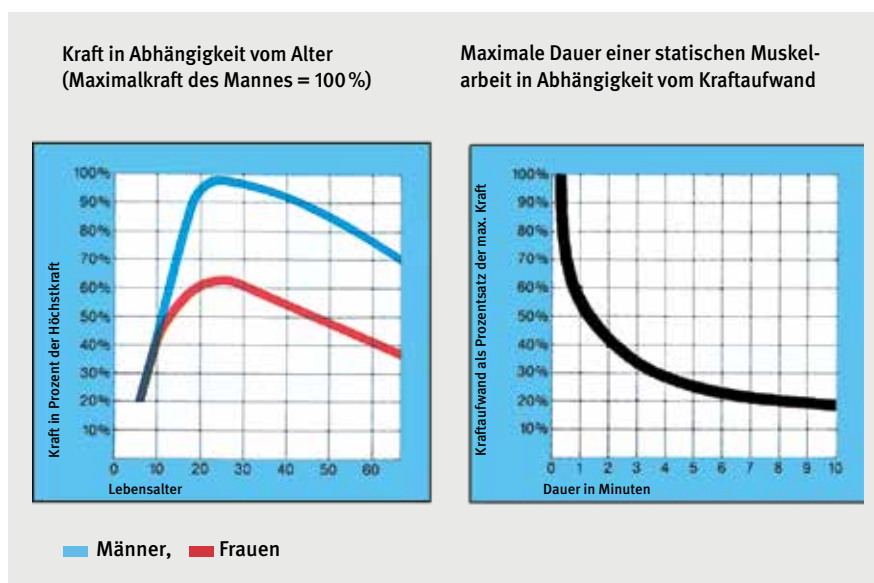


Bild 3-21: Maximalkraft im Altersgang und mögliche statische Haltedauern abhängig vom Kraftaufwand

Grundform der Muskelarbeit	Arbeitstyp mit Beschreibung	Beispiele	Kennzeichen der Beanspruchung
statische Arbeit	Haltungsarbeit keine Bewegung von Gliedmaßen, keine Kräfte auf Werkstück, Werkzeug oder Stellteile	Halten des Oberkörpers beim gebeugten Stehen	Durchblutung wird bereits bei Anspannung von 15 % der maximalen Kraft durch den Muskelinnendruck gedrosselt dadurch starke Beschränkung der Arbeitsdauer auf wenige Minuten
	Haltearbeit keine Bewegung von Gliedmaßen, Kräfte auf Werkstück, Werkzeug oder Stellteile	Überkopfarbeit, Tragearbeiten	
dynamische Arbeit	Kontraktionsarbeit Folge statischer Kontraktionen	Gussputzen	Übergangsbereich als Folge statischer Kontraktionen bei geringen Bewegungsfrequenzen
	einseitig dynamische Arbeit kleine Muskelgruppen mit höherer Bewegungsfrequenz	Handhebelpresse, Schere betätigen, Maschinenbedienung	maximale Arbeitsdauer durch Arbeitsfähigkeit des Muskels beschränkt
	schwere dynamische Arbeit Muskelgruppen über 1/7 der gesamten Skelettmuskelmasse	Schaufelarbeit Verladen von Stückgut	Begrenzung durch Leistungsfähigkeit der Sauerstoffversorgung durch Herz, Kreislauf und Atmung

Bild 3-22: Grundformen der Muskelarbeit (nach /16/)

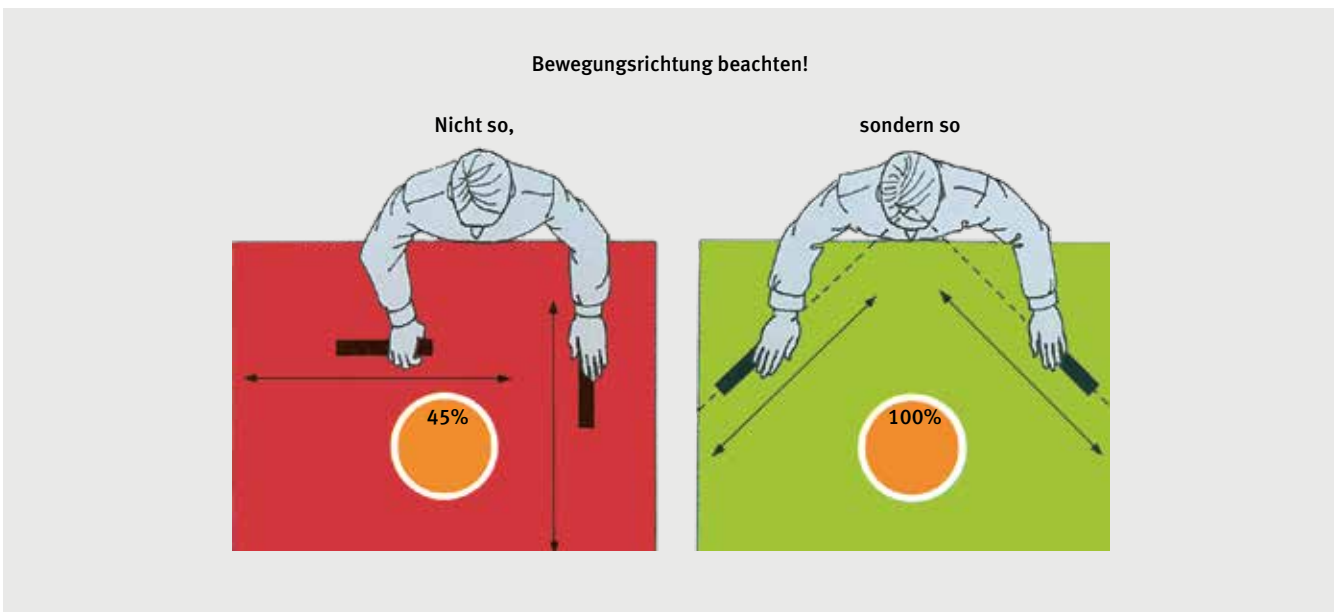


Bild 3-23: Kräfteanwendungen sind auf der Verbindungslinie zwischen Kraftangriffspunkt und Körperlängsachse am günstigsten auszuführen.

3.8 Anzeigen und Stellteile

Anzeigen und Stellteile sind die wesentlichen Kontaktelemente des Bedieners zu einer Maschine oder Anlage. Bei Auswahl und Gestaltung wird das System Mensch-Technik zweckmäßigerweise als ein geschlossenes Regelsystem betrachtet. Die Maschine zeigt dem Benutzer Informationen an. Dieser wirkt über Stellteile auf die Maschine ein, die ihrerseits dem Benutzer erneut Informationen liefert. Die DIN EN 894-1 legt allgemeine Kriterien fest, um Fehler des Benutzers auf ein Minimum zu reduzieren (Bild 3-24).

Dies soll insbesondere Gefährdungen sowohl für den Benutzer selbst als auch für Dritte verhindern und weitere Anforderungen erfüllen. Hierbei sind verschiedene Betriebszustände, wie Normalbetrieb, Wartung, Reparatur, Störfall, zu berücksichtigen.

3.8.1 Sinnfälligkeit der Anordnung

Jede Maschine, jede Anlage und jedes Transportmittel besitzt Bedienteile oder Bedienstände. Bei der Gestaltung sind Grundsätze der Kompatibilität bzw. Sinnfälligkeit zu beachten. Kriterium für eine gute Gestaltung ist benötigte Zeit zum Erkennen. Hierfür und für die Zeit zum Reagieren gibt es ererbte und erlernte Verhaltensmuster, die es gestatten, die Wahrnehmungs- und Reaktionszeiten kurz zu halten. Bei Missachtung dieser Prinzipien ist mit einer Verlängerung in nicht unbeträchtlichem Umfang zu rechnen. In Stress- und Not-situationen kann es lebensrettend sein, durch schnelles Erkennen die richtige Schalthandlung auszulösen. Im täglichen Betrieb spart es viel Aufwand, der besser für andere Zwecke einzusetzen ist. Kritisch ist die Gestaltung von Bedienteilen in Fahrzeugen, da hier oft sehr kurze Reaktionszeiten gefordert sind.

Aufgabenangemessenheit:

- Die Maschine darf keine unerfüllbaren Forderungen, z. B. hinsichtlich der Antwortgeschwindigkeit und Genauigkeit, stellen.
- Der Umfang der Anforderungen ist auf ein angemessenes Maß zu beschränken, z. B. können Zeiger von Anzeigen dazu auf eine bestimmte Richtung konzentriert werden.
- Die Anzeigen und Stellteile sind nach ihrer Wichtigkeit, Bedienreihenfolge u. a. sinnfälligerweise anzuordnen.
- Stellteile und Anzeigen sollen entsprechend ihrer Funktion leicht unterscheidbar sein.
- Bei der Anordnung soll der funktionelle Zusammenhang leicht erkennbar sein.

Selbsterklärungsfähigkeit:

- Der Benutzer muss die Anzeigen und Stellteile mühelos erkennen und verstehen können.
- Informationen über den Systemzustand müssen ohne Störung anderer Aktivitäten verfügbar sein.

Steuerbarkeit:

- Das System muss sicher beherrschbar sein. Der Operateur darf nicht vom Eigenrhythmus des Systems beherrscht werden.
- Notwendige Informationen müssen leicht zugänglich sein. Sicherheitsrelevante Teile sind redundant auszuführen.

Erwartungskonformität:

- Die Grundmuster bei Bewegung und Lage der Elemente müssen den erlernten Arbeitsweisen und den praktischen Erfahrungen entsprechen.
- Gleiche Funktionen sollen durch gleiche Anordnungen und Ausführungen erkennbar sein.
- Es muss ein widerspruchsfreies System von Codes und Symbolen verwendet werden.

Fehlerrobustheit:

- Das System sollte das Ergebnis auch bei offensichtlichen Bedienfehlern nicht infrage stellen.
- Es muss Fehler prüfen können und dem Benutzer geeignete Hilfen und Hinweise anbieten sowie ausreichend Zeit für Korrekturen einräumen.

Anpassbarkeit und Erlernbarkeit:

- Das System muss sich an persönliche Bedürfnisse erfahrener und unerfahrener Nutzer, deren Fähigkeiten und auch an kulturelle Unterschiede anpassen lassen.

Bild 3-24: Gemeinsame Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen nach DIN EN 894-1

3.8.2 Anzeigen

Anzeigen dienen der Kommunikation und der Angabe von Maschinenzuständen. Wesentlich sind optische Anzeigen für die Übermittlung von Informationen durch

- Ablesen
- Beobachten
- Vergleichen
- Warnen

In Verbindung mit Stellteilen dienen die Anzeigen zum

- Regeln
- Steuern
- Nachführen
- Einregulieren

Kriterien für die Anordnung von Anzeigen sind

- die Auffindbarkeit durch Anordnung im Gesichtsfeld (15° Abweichung) bzw. in einem noch geeigneten Bereich (30° Abweichung) um die Sehachse und
- die Erkennbarkeit durch die Gestaltung von Größe, Form, Farbe, Kontrast sowie die Wahl geeigneter Symbole, Zeichen- und Skalenformen.

Die DIN EN 894-2 unterscheidet optische, akustische und als Sonderform taktile Anzeigen, wobei die Form durch Berühren erkennbar sein soll. Akustische Anzeigen sollten sparsam, hauptsächlich für Warnzwecke, eingesetzt werden.

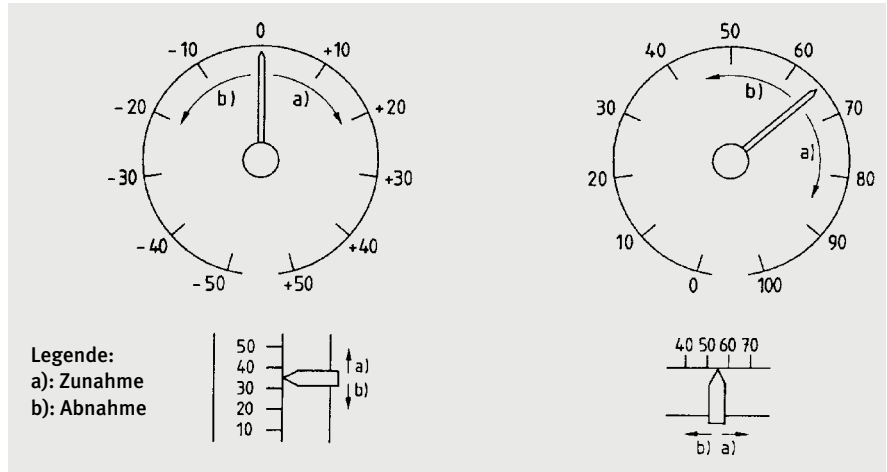


Bild 3-25: Grundsätzliche Kompatibilitätsregeln: Drehen, Schalten oder Schieben nach rechts bedeutet eine Zunahme, wobei sich die Anzeige in gleicher Weise bewegen soll wie das Stellteil nach DIN EN 894-2

	Ungeeignet	Empfehlenswert
Lineare Skalen		
Nur bei Winkelangaben		

Bild 3-26: Beispiele für Skalenteilungen und Beschriftungen nach DIN EN 894-2

Gestaltungsrichtlinien für Anzeigen

- Ablesegenauigkeit nicht größer als erforderlich gestalten
- zusätzliche und unnötige Informationen vermeiden
- Anzeige einfach und unmissverständlich gestalten
- bei fester Skala: Ziffern aufrecht anordnen
- bei bewegter Skala: Ziffern tangential anordnen
- Zeigerspitze und Skalenstrich gleich stark ausführen

- Ablesefehler durch Parallaxe bei schräger Beobachtung vermeiden

- Skala nicht durch Zeiger verdecken



Bild 3-27: Ein typischer Fehler bei Anzeigen

Einzelheiten sind in der DIN EN 894-3 „Stellteile“ geregelt. Die Norm liefert auch ein Auswahlverfahren, das sich

an den wichtigsten Anforderungen an handbetätigte Stellteile orientiert.

Drehen oder Bewegen:	dient zum:
nach rechts	→ Anschalten
nach vorn	→ Verstärken
nach oben	→ Beschleunigen, Erhöhen



Bild 3-28: *Ausnahme:* Bei Ventilen und Absperrvorrichtungen bedeutet Drehen nach rechts „Drosseln“

3.8.3 Stellteile

Stellteile dienen zum Ein- und Ausschalten, Steuern, Regeln und Bedienen von Maschinen, Anlagen und Apparaten. Sie müssen der Funktion und Anatomie des Menschen angepasst sein. Für kleine Stellkräfte und hohe Stellgeschwindigkeiten eignet sich Fingerbetätigung mittels

- Tastatur
- Knopf
- Schalter
- Schieber

Für mittlere bis große Stellkräfte und mittlere und große Stellwege eignet sich Handbetätigung mittels

- Hebel
- Handgriff
- Handrad
- Kurbel

Für große Stellkräfte eignet sich Fußbetätigung mittels

- Fußschalter
- Pedal

3.9 Ergonomische Handwerkszeuge

Ergonomische Handwerkszeuge werden durch Anpassung an die Geometrie und Beweglichkeit der menschlichen Hand so konstruiert, dass sie hohe Anforderungen erfüllen.

Hierbei gilt Folgendes:

- Die Anpassung an die Körpermaße und -formen ermöglicht einen besseren Kräfteinsatz.
- Durch die Anpassung an die Beweglichkeit der Hand wird die Beanspruchung der Skelettmuskulatur vermindert.
- Ein bequemes und sicheres Halten des Werkzeuges wird bei Beachtung der Handstellung und einer korrekten Gewichts- und Kraftverteilung ermöglicht.
- Die Griffe geben eine sensorische „Rückmeldung“, die ein genaueres Arbeiten und eine bessere Werkzeugführung ermöglicht.

Die Entwicklung scheinbar einfacher, allgemein verbreiteter Handwerkszeuge kann durchaus mit einem erhöhten Aufwand an ergonomischer Projektierung verbunden sein, wenn ein größerer Nutzerkreis angesprochen wird.

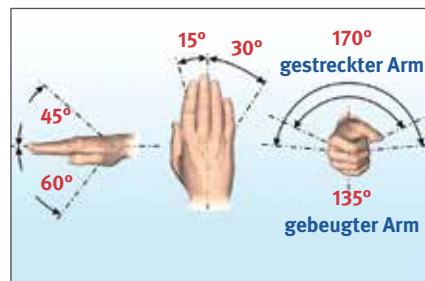


Bild 3-29: Die Beweglichkeit der Hand ist in verschiedenen Richtungen unterschiedlich begrenzt

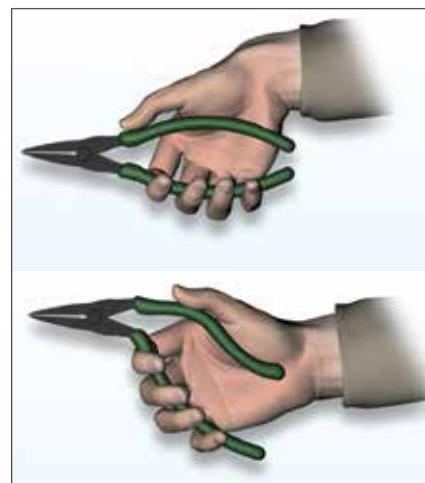


Bild 3-30: Beispiel für die Griffgestaltung einer Zange unter Berücksichtigung der Gelenkwinkel im Handgelenk und der Öffnungsweite



Bild 3-31: Beispiel für die Anordnung von Schaltern an handgeführten Schneidemaschinen

4. Arbeitsumgebung

Einwirkungen aus der Arbeitsumgebung sind ein Teil des Arbeitssystems. Wesentlich sind die Folgenden:

- Klima und Beleuchtung
- physikalische Einwirkungen, wie Lärm, Schwingungen, Strahlungen und Felder
- chemische Einwirkungen durch Stäube, Gase und Dämpfe sowie auf und durch die Haut wirkende Stoffe
- biologische Einwirkungen durch Mikroorganismen und Viren

Die grundsätzliche Schutzmaßnahme ist das Einhalten von Grenzwerten für die Höhe der Einwirkung. In einigen Fällen, wie bei klimatischen Einwirkungen, gibt es Optimalbereiche, z. B. Behaglichkeitsbereiche.

Einwirkungen am Arbeitsplatz beschränken sich selten auf nur einen Gefährdungsfaktor. Die Tätigkeit eines Schweißers beinhaltet beispielsweise mehrere Belastungen, wie Schweißrauche, Funkenflug, Lärm, kritische Platz-, Klima-, und Lichtverhältnisse sowie das Tragen von Schutzausrüstungen.



Bild 4-1: Übersicht zu den möglichen Einwirkungen aus der Umgebung

Dabei wird als untere Stufe ein Auslösewert definiert, bis zu dessen Einwirkungshöhe eine Gefährdung ausgeschlossen werden kann (grüner Bereich). Oberhalb dieses Bereiches liegen Belastungen vor, die in Abhängigkeit von den individuellen Eigenschaften und Fähigkeiten eine Gesundheitsgefährdung darstellen (gelber Bereich). Der eigentliche Grenzwert darf in keinem Fall überschritten werden, da Gesundheitsgefahren mit hoher Wahrscheinlichkeit zu erwarten sind (roter Bereich).

Es ist besonders wichtig, die Wechselwirkungen auftretender Umgebungseinflüsse zu berücksichtigen. Hierzu gehören die folgenden, die sich in der Planungsphase oft einfach und billig vermeiden lassen, z. B.

- Lüftungs- und Klimaanlage können Probleme durch einen höheren Lärmpegel verursachen.
- Bei Glasfassaden wird die Helligkeit der Sonneneinstrahlung mit ihrer Rückwirkung, z. B. auf Bildschirmarbeitsplätze, nicht berücksichtigt.
- Die Sonneneinstrahlung heizt Arbeitsräume unnötig auf.
- Lärmschutzwände und -kapseln stören die Luftzirkulation.
- Technische Absaugungen erzeugen Zuglufteffekte.

Expositions-Grenzwert ist der Grenzwert, der nicht überschritten werden darf	roter Bereich Gesundheitsschäden sind zu erwarten; Maßnahmen sind dringend erforderlich
	gelber Bereich Schutzmaßnahmen und Maßnahmen zur Expositions-minderung sind erforderlich
	grüner Bereich Es sind keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen zu erwarten
Expositions-Auslösewert ist der Grenzwert, bei dessen Überschreitung Maßnahmen erforderlich werden	

Bild 4-2: Der gestaffelte Aufbau des Systems von Grenzwerten nach Richtlinien der Europäischen Union

4.1 Klima

Klimatische Einflüsse gehören zur natürlichen Umwelt des Menschen. Bereits Schwankungen durch Wetterwechsel haben Einfluss. Häufig sind Beschwerden über zu hohe oder zu niedrige Temperaturen bei Wetterwechsel, wegen sehr trockener Luft oder Zugluft. Bei technischen Prozessen, z. B. in der Metallurgie, treten Hitze- und, z. B. bei der Tiefkühl-lagerung, Kälteeinwirkungen auf.

Klima ist der Sammelbegriff der physikalischen Größen, die den Wärmeaustausch des Körpers mit seiner Umgebung beeinflussen. Die Wirkung des Klimas auf den Menschen wird bestimmt durch die Klimagrößen

- Lufttemperatur
- Luftfeuchtigkeit
- Luftgeschwindigkeit
- Strahlungstemperatur der Umgebung

und die tätigkeits- und personenbezogenen Größen

- Arbeitsschwere
- Bekleidung
- Dauer der Einwirkung
- körperliche Verfassung

Wohlbefinden, Gesundheit und Leistungsfähigkeit des Menschen können nur gewährleistet werden, wenn die Temperatur des Körperkerns (Kopf, Brust, Bauchhöhle) im Bereich von $37,0\text{ °C} \pm 0,8\text{ °C}$ gehalten werden kann. Deshalb wird mehr oder weniger Wärme, die in den Körperorganen und Muskeln erzeugt wird, an die Umgebung abgegeben.

Entsprechend den Klimabedingungen reguliert der Körper den Wärmeaustausch durch Änderungen von

- Hautdurchblutung
- Puls- und Atemfrequenz
- Schweißabgabe

Auch wenn sich keine Schweißtropfen auf der Haut bilden, gibt der Körper durch Verdunstung von Schweiß Wärme an die Umgebung ab.

Das Klima am Arbeitsplatz lässt sich grob in drei Bereiche einteilen:

- Kältebereich
- Behaglichkeitsbereich (neutrales Klima)
- Wärme- oder Hitzebereich

Informationen zu Hitzearbeit, einschließlich Messung und Bewertung, finden sich u. a. in der BG-Information „Hitzearbeit, Erkennen – beurteilen – schützen“ (BGI 579) und zu Kältearbeit in der DIN 33403 oder in /10/.

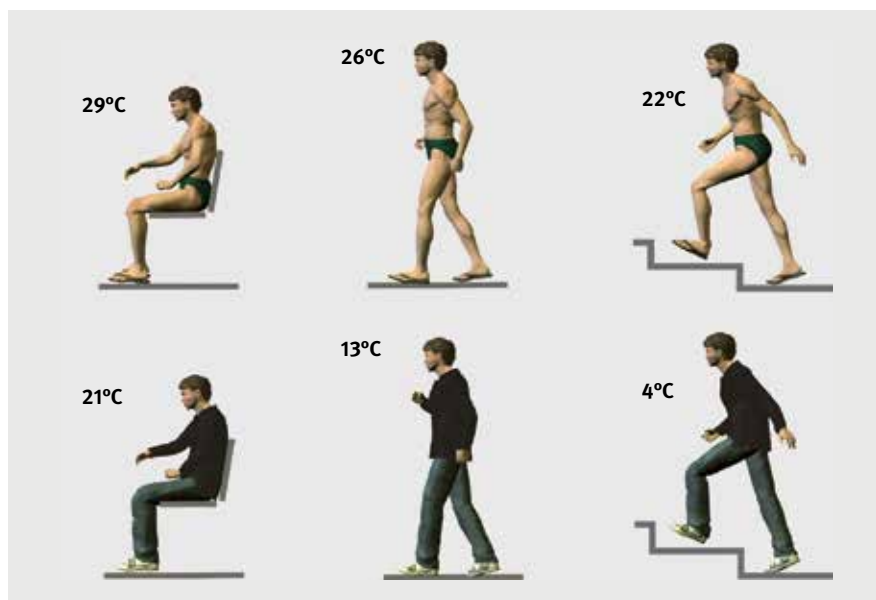


Bild 4-3: Welche Lufttemperatur als ideal empfunden wird, hängt auch von der Bekleidung und der körperlichen Aktivität ab. Im Beispiel wird gezeigt, wie sich die körperlichen Belastungen von 400 kJ/h im Sitzen, 750 kJ/h im Gehen und 1150 kJ/h im Steigen in Abhängigkeit von der Bekleidung auf die als am behaglichsten empfundene Temperatur auswirken /8/

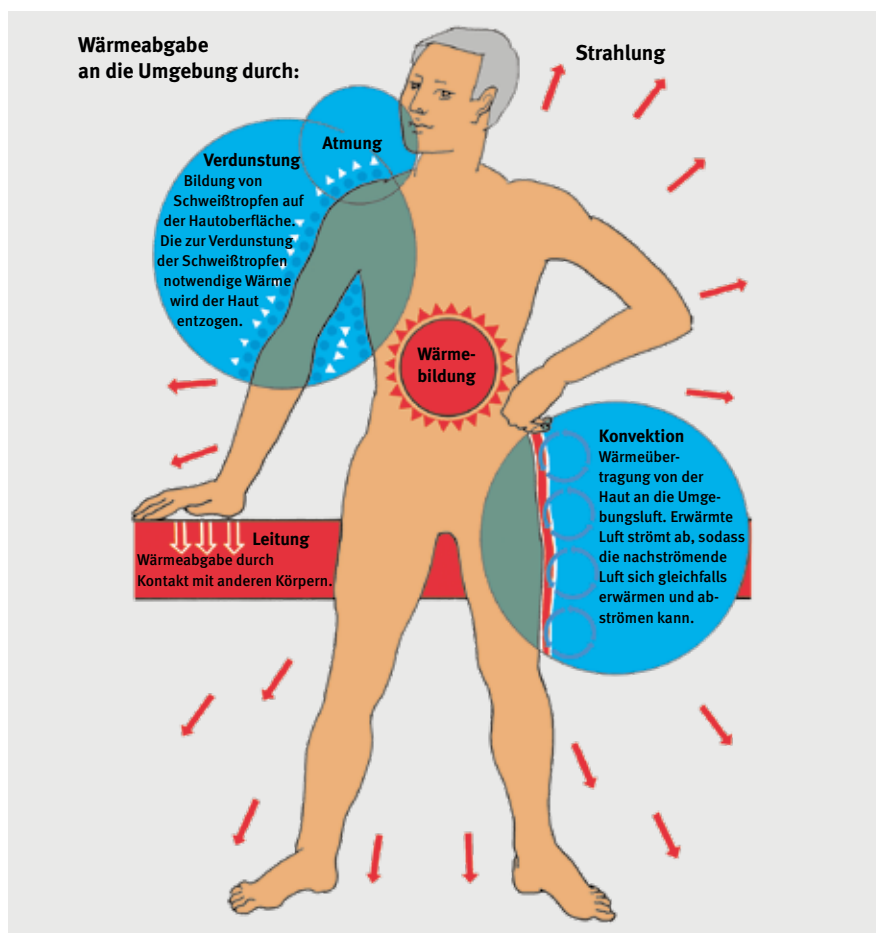


Bild 4-4: Mechanismen der Wärmeabgabe des menschlichen Körpers

4.1.1 Thermische Behaglichkeit

Der Mensch empfindet einen Klimazustand als behaglich, wenn die Wärmebilanz des Körpers ohne verstärkte Inanspruchnahme des körpereigenen Regulationssystems – Schwitzen bei Wärme, Gänsehaut bei Kälte – ausgeglichen ist. Das heißt, wenn Personen weder kältere noch wärmere Verhältnisse wünschen, empfinden sie das Klima als behaglich. Hierbei sind zusätzlich die klimatische Anpassung (Akklimation), das Alter, das Geschlecht und die gesundheitliche Verfassung wichtige Einflussgrößen.

Im Sommer liegen die Behaglichkeitstemperaturen infolge der Klimaanpassung 2 bis 3 °C höher als im Winter. Die relative Luftfeuchtigkeit soll möglichst um 50 % liegen. Die Temperatur der umgebenden Flächen soll höchstens 2 bis 3 °C von der Lufttemperatur abweichen. Größere Abweichungen führen zu Unbehaglichkeit. Die angegebenen Werte gelten für den normal bekleideten Menschen.

Die Beurteilung einer gegebenen Temperatur durch einen größeren Personenkreis unter Versuchsbedingungen zeigt charakteristische Unterschiede (Bild 4-5).

Deutlich größere Übereinstimmung mit einer gegebenen Raumtemperatur wird durch verschiedene Bekleidung und Akklimation erreicht.

Allgemein ist nachgewiesen, dass psychosoziale Faktoren den Stellenwert des Klimas im Behaglichkeitsbereich überlagern (nach /9/).

- Bei fehlender Selbstständigkeit in der Tätigkeit und geringer Anforderung an geistige Leistung steigen Beschwerden über Befindlichkeitsstörungen.
- Personen mit einem hohen Maß an Verantwortung äußern viel weniger Beschwerden als Personen ohne eigenen Verantwortungsbereich.
- An Computerarbeitsplätzen mit ergonomisch negativ bewerteter Software steigt das Risiko einer Befindlichkeitsstörung.

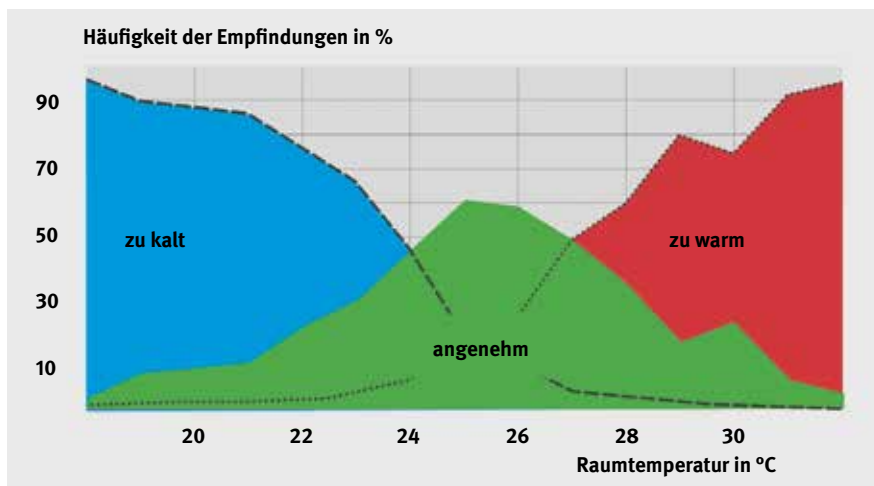


Bild 4-5: Individuelle Unterschiede im thermischen Empfinden bei Beschäftigten im Büro (nach /8/)

Arbeitsschwere	Mindesttemperatur °C ArbStätt-Richtlinie ASR A 3.5	Behaglichkeitsbereiche							
		Trocken-temperatur °C		Feucht-temperatur °C		Relative Luftfeuchte %		Luftgeschwindigkeit m/s	Normal-effektiv-temp. °C
		Mini-mum	Maxi-mum	Mini-mum	Maxi-mum	Mini-mum	Maxi-mum	Maxi-mum	Mittel-wert
Geistige Tätigkeit im Sitzen, z. B. Büroarbeit, Überwachungstätigkeit	20	20	24	12,5	20	40	70	0,1	19
Tätigkeit im Sitzen, leichte körperliche Arbeit, z. B. Steuertätigkeit, Sortieren kleiner Teile	19	19	24	11,5	20	40	70	0,1	18
Tätigkeit im Stehen, leichte körperliche Arbeit, z. B. Drehen, Fräsen, Maschinenarbeit	19	17	22	10	18,5	40	70	0,2	15,5
Tätigkeit im Stehen, mittlere körperliche Arbeit, z. B. Montage	17	15	21	7,5	17,5	30	70	0,4	14,5
Schwere körperliche Arbeit, z. B. Gussputzen, Kiesschaufeln, Transport schwerer Lasten von Hand	12	12	20	5	16,5	30	70	0,5	13,5

Bild 4-6: Mindesttemperatur- und Behaglichkeitsbereiche in Abhängigkeit von der Schwere der körperlichen Arbeit

4.1.2 Klimasummenmaße

Die Vielzahl der Einflussgrößen führt zu Schwierigkeiten bei einer Bewertung des Klimas. Damit das Klima mit nur wenigen Angaben beschreibbar wird, sind Klimasummenmaße erarbeitet worden.

Die Entwicklung der Klimasummenmaße geht auf die Erfahrung des täglichen Lebens zurück, dass sich die Wirkungen der einzelnen Klimagrößen auf den Menschen gegenseitig kompensieren können. Steigt z. B. die Lufttemperatur eines Raumes an, in dem man sich behaglich fühlt, so bleibt eine zunehmende Wärmeempfindung aus, wenn die Luft gleichzeitig durch einen Ventilator stärker bewegt wird. Entsprechend fühlt man sich auch bei einer Lufttemperatur unterhalb der behaglichen Werte nicht unbehaglich, wenn man gleichzeitig Strahlungswärme, z. B. von der Sonne her, erhält.

Ein gebräuchliches Klimasummenmaß ist z. B. die Normal-Effektiv-Temperatur. Sie wird mit NET abgekürzt und in Grad Celsius angegeben.

Sie fasst die Faktoren Temperatur, Feuchtigkeit und Geschwindigkeit der Luft in einem Wert zusammen. Bei gleicher Normal-Effektiv-Temperatur ist mit gleichem Klimaempfinden bei unterschiedlichen Klimafaktoren zu rechnen, wenn, wie sehr häufig anzutreffen, die Temperatur der umgebenden Flächen nur unwesentlich von der Lufttemperatur abweicht.

Einer der neueren Vorschläge, das Klima im neutralen Bereich durch ein Summenmaß anzugeben, ist die psychophysikalische Skala nach Prof. Fanger /11/ und DIN EN ISO 7730. Aus sechs Messgrößen wird ein so genannter PMV-Index gebildet, der sich direkt in die Zufriedenheit der Nutzer der Räume umrechnen lässt. Auf der Basis eines umfangreichen Datenmaterials werden die durch einen Sensor ermittelten objektiven Klimagrößen mit den Bekleidungs- und Aktivitätsgrößen verknüpft. Speziell entwickelte Messgeräte gestatten es, unmittelbar anzugeben, wie viel Prozent der zu erwartenden Beschäftigten im Mittel mit einer gegebenen Klimasituation zufrieden sind. Das Verfahren ermittelt eine objektive Bewertung ohne psychosoziale Einflüsse.



Bild 4-7: Messeinrichtung der Berufsgenossenschaft für Klimamessungen zur gleichzeitigen Erfassung mehrerer Messgrößen

4.2 Licht und Sehen

Licht gehört wie das Klima und die Qualität der Luft zur natürlichen Umwelt des Menschen. Es hat nicht nur direkten Einfluss auf das Sehvermögen, sondern beeinflusst auch das vegetative Nervensystem und damit viele Lebensfunktionen des Körpers.

Die Lichtwirkungen können damit nicht nur auf die Beleuchtungsstärke und die Erkennbarkeit von Gegenständen und Informationen reduziert werden.

Schon beim ersten Eindruck unterscheiden wir mehrere Lichtqualitäten. Das strahlende Licht eines Schönwettertages hebt unser Wohlbefinden. Sind damit allerdings stärkere Wärmeeinwirkungen oder blendende Helligkeit verbunden, wird die Anregung zur Erregung übersteigert und trägt nicht mehr zum Wohlbefinden bei. An einem trüben Tag fühlen wir uns vielfach bedrückt. Wir sind ungeduldig, unzufrieden.

Zwischen übermäßiger Helligkeit und anhaltender Dunkelheit liegt ein Optimum. Bedeutung hat auch der Wechsel zwischen Anregung durch die Helligkeit des Tages und die Beruhigung durch das gedämpfte Licht der Dämmerung.

Ausgangspunkt allen Lebens ist das Tageslicht. Auf natürliche Beleuchtung ist der Mensch am besten eingestellt. Tageslicht variiert aber nach Tages- und Jahreszeit, nach Wetter und geografischer Lage. Dies macht künstliches Licht in Innenräumen auch tagsüber unverzichtbar.



Bild 4-8: Äußere Prismenstrukturen können Sonnenlicht nicht nur abschirmen, sondern gezielt und blendfrei weiterleiten und verteilen

Arbeitsräume sollen nach Arbeitsstättenverordnung möglichst ausreichend Tageslicht erhalten. Dies geschieht am besten durch eine Mindestfensterfläche in Verbindung mit Sonnenschutz.

Tageslicht kann durch Fenster, aber auch durch Glasdächer, Lichtkuppeln und Lichtsysteme eingebracht werden (Bild 4-9).

Durch konstruktive Maßnahmen sind zu vermeiden:

- Wärmeverluste durch Abstrahlung im Winter
- Wärmeeintrag durch Sonneneinstrahlung im Sommer
- Blendung durch direkte Sonneneinstrahlung

Das Zusammenspiel von Tages- und künstlichem Licht können Lichtmanagement-Systeme organisieren – z. B. in der Ausführung als Konstantlichtregelung für ein gleich bleibendes Beleuchtungsniveau aus der Summe von Tages- und Kunstlicht.

Zur optimierten Nutzung des Tageslichts gibt es auch Tageslichtsysteme, die das Tageslicht kontrolliert in Innenräume lenken, zu hohe Leuchtdichten vermeiden und die Wärmeeinstrahlung im Sommer regulieren (Bild 4-8).

Bei Konstruktionen mit großen Glasflächen ist auf die folgenden sicherheitstechnischen Anforderungen hinzuweisen:



Bild 4-9: Fertigungshalle mit hohem Lichtdachanteil

- ausreichende Stabilität
- gefahrlos zu reinigen
- leicht von einem festen Standplatz aus zu betätigen
- beim Öffnen und Schließen keine Verletzungsgefahr
- Einrichtungen zum Schutz gegen direkte Sonneneinstrahlung
- gesichert gegen herabfallende Gegenstände

In der modernen Arbeitswelt ist das Sehen einer der am stärksten belasteten Sinneskanäle. Einer gut gestalteten Beleuchtung kommt daher eine besondere Bedeutung zu. Wahrnehmung, Konzentration und Aufmerksamkeit werden durch höhere Beleuchtungsstärken verbessert und die Leistungsbereitschaft nimmt zu.

Die Wirkung höherer Beleuchtungsstärken ist umso größer, je höher der Anteil der Sehanforderungen und je schwieriger die Aufgabe ist. Durch höhere Beleuchtungsstärken können Fehler- sowie Unfallhäufigkeit gesenkt werden.

4.2.1 Lichttechnische Grundgrößen

Lichtstrahlung ist ein Teilbereich elektromagnetischer Wellen, der nach Eintritt in das Auge eine Hell- oder Farbempfindung hervorruft.

Im Wellenbereich zwischen 380 nm und 780 nm ist Strahlung für das menschliche Auge wahrnehmbar. Jede Farbe kann einer Wellenlänge zugeordnet werden. Wellenbereiche oberhalb von 780 nm sind Wärme- oder Infrarotstrahlung und unterhalb von 380 nm Ultraviolettstrahlung. Beide werden mit dem Auge nicht mehr wahrgenommen.

Der Lichtstrom ist ein Maß für die von einer Lampe ausgehende Lichtmenge. Eine 60-Watt-Glühlampe erzeugt einen höheren Lichtstrom als eine mit 20 Watt. Entscheidend für die Wirksamkeit ist die von einer Leuchte erzeugte Lichtstärke in die gewünschte Richtung. Der von einer Lichtquelle ausgehende Lichtstrom, gemessen in Lumen, erzeugt als wirksame Lichtstärke auf einer beleuchteten Fläche die Beleuchtungsstärke E , die in Lux (lx) gemessen wird (Bild 4-11). Die erzeugte Beleuchtungsstärke nimmt quadratisch mit der Entfernung zur Lichtquelle ab. Das menschliche Auge kann Beleuchtungsstärken von 0,2 Lux (klare Mondnacht) bis ca. 100 000 Lux (sonniger Sommertag) wahrnehmen. Die Beleuchtungsstärke ist für viele technische Bereiche normiert.

Ein beleuchtetes oder selbstleuchtendes Objekt hat eine Leuchtdichte, gemessen in Candela/m². Der aus dem täglichen Sprachgebrauch bekannte Begriff „Helligkeit“ darf damit nicht verwechselt werden. Die gleiche Leuchtdichte, z. B. die eines brennenden Streichholzes, wird in der Nacht viel heller empfunden als am Tage.

Bei der Auswahl einer Lichtquelle sind die Lichtausbeute der Lampe, gemessen in Lumen pro Watt, der Wirkungsgrad der Leuchte und die erzeugte Lichtfarbe und Qualität wichtige Größen. Die Lichtausbeute einer Glühlampe liegt bei etwa 15 und die einer Leuchtstofflampe mit Vorschaltgerät bei etwa 50 Lumen pro Watt. Lichtausbeute und Lichtstrom von Lampen und Lichtstärkeverteilungen von Leuchten werden vom Hersteller auf Datenblättern angegeben.

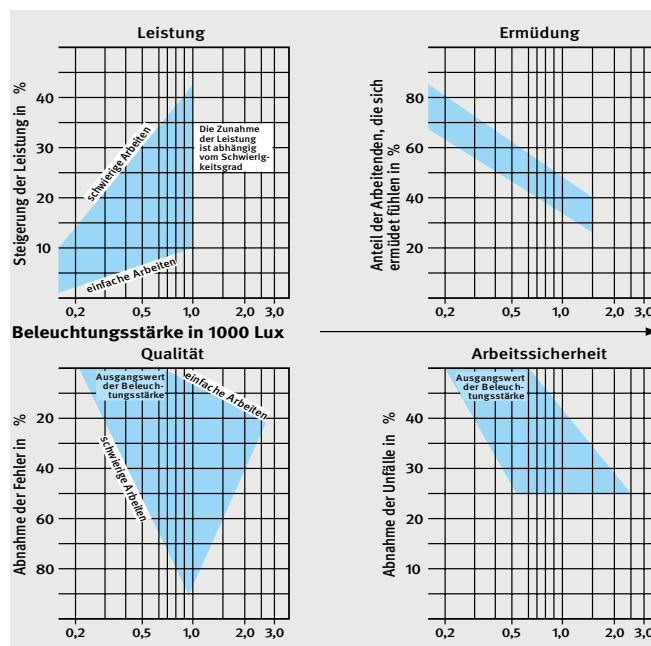


Bild 4-10: Auswirkungen der Beleuchtungsstärke auf Leistung, Ermüdung, Qualität und Arbeitssicherheit (nach /12/)

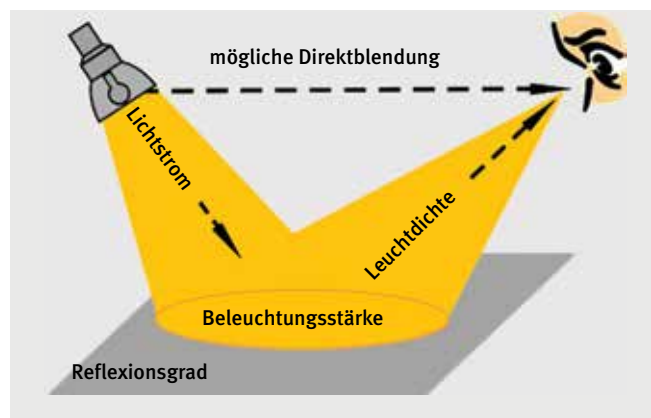


Bild 4-11: Zusammenhänge zwischen den Grundgrößen Lichtstrom, Beleuchtungsstärke, Leuchtdichte und Reflexionsgrad

4.2.2 Die Güte einer Beleuchtung

Anforderungen an eine Beleuchtungsanlage haben drei Schwerpunkte (nach /13/):

- Sehleistung
Beleuchtungsniveau
Blendungsbegrenzung
- Sehkomfort
Leuchtdichteverteilung
Kontrastwiedergabe
Farbwiedergabe
- visuelles Ambiente
Lichtfarbe
Lichtrichtung
Schattigkeit

Die Größen Beleuchtungsniveau, Blendungsbegrenzung und Leuchtdichteverteilung sind bei der Planung und Ausführung einer Beleuchtungsanlage von vorrangiger Bedeutung. Wahrnehmung, Konzentration und Aufmerksamkeit werden dadurch besonders beeinflusst. Nur bei Beachtung aller Einflussfaktoren kann eine gute Beleuchtungsqualität erreicht werden.

Beleuchtungsniveau bzw. -stärke

Mit steigender Beleuchtungsstärke wird sowohl die Sehleistung als auch die Aufmerksamkeit, Wachsamkeit und Konzentration erhöht. Die Höhe der erforderlichen Beleuchtungsstärke für eine Tätigkeit oder Art des Raumes richtet sich nach der Sehaufgabe.

Die Beleuchtungsstärke in einem Raum oder einer Raumzone ist abhängig von der Anordnung der vorhandenen Leuchten. Deshalb ist die Beleuchtungsstärke nicht an jeder Stelle eines Raumes gleich groß.

Damit die Unterschiede der Beleuchtungsstärken nicht zu groß werden, sollten die Beleuchtungsstärken an keinem Arbeitsplatz des Raumes oder der Raumzone kleiner als 60 % des niedrigsten Wertes der Beleuchtungsstärke im mittleren Bereich der Hauptsehaufgabe sein.

Zum gefahrlosen Verlassen von Räumen und Arbeitsplätzen müssen bei Ausfall der Allgemeinbeleuchtung folgende Mindestbeleuchtungsstärken vorhanden sein:

- Fluchtwege 1 lx
- Arbeitsplätze mit besonderen Unfallgefahren 10 % der Allgemeinbeleuchtungsstärke, mindestens 15 lx.

Art des Raumes bzw. Tätigkeit (Beispiele)	Beleuchtungsstärke in Lux (lx)
<ul style="list-style-type: none"> • Verkehrsflächen und Flure • Pausenräume • Vorrats- und Lagerräume (nicht ständig besetzt) 	100
<ul style="list-style-type: none"> • Laderampen und Ladebereiche • Fahrwege mit Personenverkehr • Leitstände 	150
<ul style="list-style-type: none"> • grobe Montagearbeiten • Gussputzerei, Maschinenformerei, Sandaufbereitung • Verarbeiten von schweren Blechen (ab 5 mm) • Schalterräume und haustechnische Anlagen • Freiformschmieden • Kantinen, Teeküchen • Garderoben, Waschräume, Toiletten, Bäder 	200
<ul style="list-style-type: none"> • mittelfeine Montagearbeiten • Verarbeiten von leichten Blechen (bis 5 mm) • Versand- und Verpackungsbereiche • grobe und mittlere Maschinenarbeiten (Toleranzen ab 0,1 mm) • Galvanisieren • Schweißen, Gesenkschmieden, Hand- und Kernformerei • Steuerstände in Walz-, Hütten- und Stahlwerken • Produktionsanlagen mit ständigen manuellen Eingriffen 	300
<ul style="list-style-type: none"> • feine Maschinenarbeiten, Schleifen (Toleranzen unter 0,1 mm) • feine Montagearbeiten • Karosseriebau und Montage 	500
<ul style="list-style-type: none"> • Oberflächenbearbeitung und Lackierung • sehr feine Montagearbeiten, • Herstellen von Werkzeugen und Schneidwaren • Lackier-, Spritz- und Schleifkabinen im Automobilbau • Anreißen und Kontrolle 	750
<ul style="list-style-type: none"> • Lackieren: Ausbessern und Inspektion im Automobilbau • Werkzeug-, Lehren- und Vorrichtungsbau • Präzisions- und Mikromechanik 	1000

Leuchtdichteverteilung

Die Leuchtdichte ist der Helligkeitseindruck einer selbstleuchtenden oder Licht reflektierenden Fläche. Bei Licht reflektierenden Flächen ist die Leuchtdichte abhängig von der Beleuchtungsstärke sowie vom Reflexionsgrad und Glanzgrad der Oberfläche.

Da sich die Empfindlichkeit des Auges entsprechend der vorhandenen Leuchtdichten im Gesichtsfeld anpasst, sollten die Unterschiede der Leuchtdichten im Gesichtsfeld (Kontraste) nicht zu groß sein. Bei häufigem Wechsel zwischen sehr hellen und sehr dunklen Flächen (große Kontraste) wird das Auge durch ständiges Ändern der Empfindlichkeit stark belastet.

Deshalb sollte der Unterschied der Leuchtdichte am Arbeitsplatz nicht größer als 3:1 und im weiteren Umfeld nicht größer als 10:1 sein.

Bild 4-12: Erforderliche Beleuchtungsstärke nach der technischen Regel für Arbeitsstätten ASR 3.4 (Beispiele)

Raumbegrenzungsfläche	Reflexionsgrad
Decke	0,6–0,9
Wände	0,3–0,8
Boden	0,1–0,5
Möbel	0,2–0,5
Maschinen, Apparate	0,3–0,5
Arbeitstischoberflächen	0,2–0,6

Bild 4-13: Empfohlene Reflexionsgrade von Flächen in Arbeitsräumen

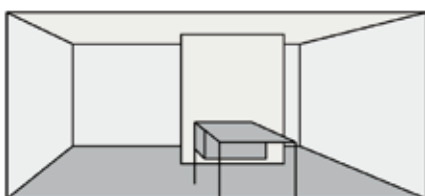


Bild 4-14: Unterschiede in der Leuchtdichte am Arbeitsplatz;
oben: Kontrast weich, flau, unbefriedigend
Mitte: Kontrast 1:3 bis 3:1, ausgewogen
unten: Kontrast größer als 3:1, hart

Große Unterschiede der Leuchtdichten im Blickfeld führen zur Blendung. Durch Blendung wird die Sehleistung herabgesetzt, das Wohlbefinden beeinträchtigt und die Ermüdung gefördert.

Das Blendempfinden hängt von der Größe der leuchtenden Flächen und dem Winkel zwischen Blickrichtung und Blendquelle ab.

Direktblendung wird von Leuchten und anderen Flächen mit hoher Leuchtdichte, z. B. Sonneneinstrahlung in Fenster,

Lampenleuchtdichte in kcd/m ²	Lampentyp	α
20–50	Leuchtstofflampen (high output) und Kompaktleuchtstofflampen	15°
50–100	Hochdruckentladungslampen Glühlampen mit matten Kolben	20°
über 500	Hochdruckentladungslampen mit klarem Kolben	30°

Bild 4-15: Zur Begrenzung der Blendung ist ein Mindestabschirmwinkel einzuhalten

verursacht. Reflexblendung entsteht durch Spiegelung auf glänzenden Flächen, z. B. auf Bildschirmen, Kunststoffpapier oder auch auf nassen Straßen.

Entsprechend der Art des Raumes oder der Tätigkeit sind bestimmte Güten für die Blendungsbegrenzung erforderlich.

Direktblendung lässt sich durch abgeschirmte Lampen und abgedunkelte Fenster vermeiden.

Vor Reflexblendungen schützen die richtige Anordnung der Leuchten im Raum und die Verwendung matter Oberflächen.

Leuchten sind durch Reflektoren, Raster u. Ä. in ihrer Blendwirkung zu begrenzen. Hierbei ist ein Mindestabschirmwinkel einzuhalten.

Lichtrichtung und Schattigkeit

Anzahl, Verteilung und Anordnung der Leuchten im Raum bestimmen neben der Beleuchtungsstärke auch die Lichtrichtung und die Schattigkeit. Zur guten Erkennbarkeit von Körpern und ihrer Flächen im Raum muss eine ausreichende Schattenwirkung durch die Lichtquellen erzielt werden.

Indirekte Beleuchtung kann wegen ihrer Schattenarmut ebenso unangenehm empfunden werden, wie direkte Beleuchtung mit z. B. nur einer Lichtquelle und harten Schlagschatten.

Anzustreben sind ausgewogene Schatten mit weichen Rändern. Dabei sollte der Hauptanteil des Lichtes wie bei natürlichem Licht seitlich von oben einfallen. Ein geringerer Teil sollte durch Wand- und Deckenreflexion indirekt erzeugt werden.

Nur für Sonderfälle, z. B. Fehlerkontrolle auf Gewebestrukturen, ist stark gerichtetes Licht mit harten Schatten erforderlich.

Farbwiedergabe und Lichtfarbe

Natürliches Licht enthält Anteile verschiedener Wellenlängen, die, wie beim Regenbogen, nach Durchgang durch ein Prisma als Farben sichtbar werden.

Das Licht künstlicher Lichtquellen weicht in seiner Farbzusammensetzung von der des Sonnenlichtes ab. Je nachdem, welche Farbanteile überwiegen, wirkt weißes Licht der Glühlampe gelblich-warm oder der Quecksilberdampf-hochdrucklampe bläulich-kalt.

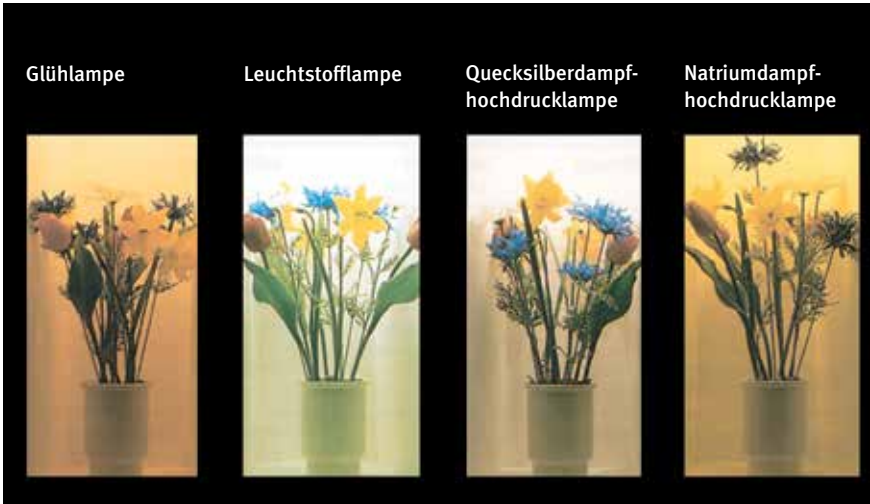


Bild 4-16: Der Farbeindruck bei Beleuchtung durch verschiedene Lampentypen

Farbe	Distanzwirkung	Temperaturwirkung	Psychische Stimmung
Blau	Entfernung	kalt	beruhigend
Grün	Entfernung	sehr kalt bis neutral	sehr beruhigend
Rot	Nähe	warm	sehr aufreizend, beunruhigend
Orange	sehr nahe	sehr warm	anregend
Gelb	Nähe	sehr warm	anregend
Braun	sehr nahe, einengend	neutral	anregend
Violett	sehr nahe	kalt	aggressiv, beunruhigend, entmutigend

Bild 4-17: Psychologische Wirkung von Farben



Bild 4-18: Beispiel für die Farbgestaltung der Feuerbeschichtungsanlage FB8 in Duisburg gestaltet durch das Studio von Garnier

Für Büroräume, Produktionsstätten, Räume zur Erholung und Entspannung wird warmweiße Beleuchtung, für Farbprüfung und Qualitätskontrolle mit hohen Beleuchtungsstärken tageslichtweiße Beleuchtung bevorzugt.

Die Lichtfarbe und die Farbzusammensetzung des weißen Lichtes beeinflussen nicht nur seine psychische Wirkung, z. B. Entspannung oder Aufmerksamkeit, sondern auch die Farbwiedergabe.

Eine rote Fläche wird als „rot“ erkannt, weil nur diese Wellenlänge reflektiert und alle übrigen absorbiert werden. Enthält die Lichtquelle aber nur einen geringen Rotanteil, kann auch nur wenig Rot reflektiert werden.

Das farbige Aussehen beleuchteter Gegenstände ist damit abhängig von ihren Körperfarben und den Farbwiedergebeeigenschaften der Lampen.

4.2.3 Farbgebung im Arbeitsraum

Die Farbigekeit eines Raumes hat vielfältige Rückwirkungen auf die Nutzer.

Helle Farben wirken leicht, freundlich, aufheiternd. Sie verbreiten mehr Licht und hellen die Räume auf. Dunkle Farben wirken bedrückend und entmutigend.



Bild 4-19: Beispiel für die Detailgestaltungen in Produktionsbereichen der Fa. Rasselstein in Andernach gestaltet durch das Studio von Garnier

Monotone Arbeit erfordert einige anregende Farbelemente, z. B. an Säulen, Türen oder Trennwänden.

Bei hohen Anforderungen an die Konzentration müssen Ablenkungen und Beunruhigung vermieden werden. Es sollten hier helle, unauffällige Farben verwendet werden.

Zum Erleichtern der Orientierung und zum visuellen Erfassen des Arbeitsgutes sollte zur Umgebung ein Farbkontrast bestehen. Bei größeren Flächen ist zu beachten, dass keine starken Helligkeitskontraste auftreten und keine leuchtenden Farben eingesetzt werden.

Wichtige Griffe, Hebel o. Ä. sollten mit hervorstechenden Farben als Blickfang gestaltet werden. Ein solches Maschinenteil ist besser sichtbar, die Zeit zur Erfassung einer Sehaufgabe wird verkürzt, eine Ablenkung durch Suchen vermindert.

Eine Beschränkung auf 3 bis max. 5 Blickfänge an einem Arbeitsplatz ist zu empfehlen. Der größte Kontrast wird zwischen gelb und schwarz erzielt

4.3 Lärm

Lärm ist Schall, der stören, belästigen, die Gesundheit schädigen oder zu Unfallgefahren führen kann. Die wichtigste Auswirkung von Lärm ist der bleibende Gehörschaden. In Deutschland steht die Lärmschwerhörigkeit bei den anerkannten Berufskrankheiten an erster Stelle.

Gefährdungen durch Lärm betreffen nicht nur Schädigungen des Hörorgans, sondern auch nicht über das Gehör wirkende Reaktionen. Diese werden als extraaurale Wirkungen bezeichnet.

Psychische Wirkungen in Form von:

- innerer Anspannung
- Reizbarkeit bis Aggressivität
- Konzentrationsstörungen
- Nervosität

Vegetative Reaktionen wie:

- vermehrte Ausschüttung von Stresshormonen
- Veränderung der Herzschlagfrequenz, Steigerung des Blutdrucks
- Anspannung der Muskulatur
- Reduzierung der Magen- und Darmaktivität
- schlechte Tiefensehschärfe und schlechtes räumliches Sehen, Gesichtsfeldeinengung
- verzögerte Signalverarbeitung im Gehirn

Leistungsminderungen durch:

- Herabsetzung der Aufmerksamkeit und Konzentration
- Verlangsamung von Denkprozessen
- Verminderung des Handgeschicks
- Verminderung der Reaktionsleistung

Bild 4-20: Übersicht zu den extraauralen Lärmwirkungen

Die Messgröße für Lärm ist der Schalldruckpegel. Die Messung und Beurteilung des Lärms erfolgt für repräsentative Zeitabschnitte und Arbeitsabläufe. Die Dauer und die Intensität der Geräusche werden berücksichtigt. Daraus wird der energieäquivalente Dauerschallpegel bezogen auf eine Arbeitsschicht von 8 Stunden ermittelt und als Tages-Lärmexpositionspegel ($L_{EX,8h}$) für Vergleiche mit den Auslösewerten benutzt.

Da sich der messbare Schalldruck über einen sehr großen Bereich erstreckt, wird der Lärm durch ein logarithmisches Maß in Dezibel (dB) angegeben. Dieses Maß führt z. B. dazu, dass die Halbierung der Einwirkzeit in Verbindung mit der Pegelerhöhung von 3 dB den gleichen energieäquivalenten Dauerschallpegel ergibt.

Schalldruckpegel in dB(A)	Einwirkzeit	Energieäquivalenter Dauerschallpegel über 8 h (Tages-Lärmexpositionspegel) in dB(A)
85	8 h	85
88	4 h	85
91	2 h	85
94	1 h	85
97	30 min	85
100	15 min	85
103	7,5 min	85

Bild 4-21: Beispiele für die logarithmische Pegeladdition. Bei einer Erhöhung des Lärmpegels um 3 dB(A) wird der Grenzwert schon in der halben Zeit erreicht

Die Hörempfindung ist zusätzlich von der Frequenzzusammensetzung des Lärmes abhängig. Der Mensch nimmt hohe Töne lauter wahr als tiefe. Soll das Ergebnis von Geräuschmessungen dem Empfinden des menschlichen Ohres entsprechen, müssen die Frequenzbereiche entsprechend bewertet werden. Dies geschieht in den Schallpegel-Messgeräten durch genormte elektronische Filter. Im Arbeitsschutz wird vornehmlich das A-Filter verwendet. Der Schalldruckpegel wird dann als A-bewertet bezeichnet und in dB(A) angegeben.

Faustregel:

3 dB(A) Zunahme bedeutet Verdopplung der Gehörgefährdung

3 dB(A) Abnahme bedeutet Halbierung der Gehörgefährdung

Bei langjähriger Lärmeinwirkung ab 85 dB(A) besteht ein erhöhtes Gehörschadensrisiko.

Vegetative, d. h. physiologische Reaktionen verschiedener Organsysteme werden schon bei Schallpegeln ab etwa 60 dB(A) und psychische Wirkungen ab etwa 30 dB(A) beobachtet, wobei auf dem Umweg über das Bewusstsein schon hier physiologische Rückwirkungen möglich sind.

Dass Lärm am Arbeitsplatz als ein Risikofaktor die Entstehung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen begünstigt, erscheint derzeit wahrscheinlich.

Die Belastungshöhe lässt sich mit kleinen handlichen Schallpegelmessern ermitteln. Möglich ist eine orts- oder personenbezogene Messung und Beurteilung, womit den individuellen Belastungen Rechnung getragen werden kann.



Bild 4-22: Schallpegelmesser mit Kalibrator

Um den negativen Auswirkungen des Lärms zu begegnen, wurden verschiedene Vorschriften für den Arbeitsschutz und zum Schutz Dritter (Nachbarschaft) erlassen. Danach sind Auslösewerte der Lärmeinwirkung am Arbeitsplatz einzuhalten bzw. Maßnahmen umzusetzen.

Zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen ihrer Gesundheit und Sicherheit durch Lärm bei der Arbeit gilt die Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung.

Auslösewerte		Erforderliche Maßnahmen
Untere Auslösewerte	$L_{EX, 8h} = 80 \text{ dB(A)}$ $L_{pC, peak} = 135 \text{ dB(C)}$	<ul style="list-style-type: none"> - Lärmschutzmaßnahmen durchführen - Gehörschutz zur Verfügung stellen - Beschäftigte unterweisen - Beschäftigte arbeitsmedizinisch beraten - Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen anbieten
Obere Auslösewerte	$L_{EX, 8h} = 85 \text{ dB(A)}$ $L_{pC, peak} = 137 \text{ dB(C)}$	<p>Zusätzliche Maßnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kennzeichnung, Abgrenzung und Zugangsbeschränkung der Arbeitsbereiche - Lärmreduzierungsprogramm ausarbeiten und durchführen - Gehörschutz-Tragepflicht - Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen veranlassen

Bild 4-23: Auslösewerte und erforderliche Maßnahmen gemäß Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung

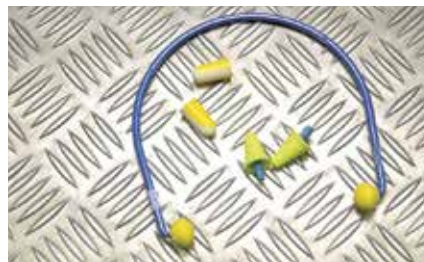


Bild 4-24: Beispiele für Gehörschutzstöpsel und -kapseln

Es werden Auslösewerte für die Arbeitsschicht und eine Spitzenbegrenzung für kurze Schallereignisse angegeben, da schon eine kurze Einwirkung eines hohen Schalldruckpegels das Gehör schädigen kann.

Die Arbeitsstättenverordnung fordert den Schallpegel so niedrig zu halten, wie es nach Art des Betriebes möglich ist.

Technische Schutzmaßnahmen konzentrieren sich je nach der Problemlage auf

- alternative Arbeitsverfahren und lärmarme Arbeitsmittel
- lärmreduzierende Gestaltung der Arbeitsstätte
- Kapselung von Lärmquellen und Abschirmungen

Nach der 3. und 9. Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz muss die Betriebsanleitung Informationen über

die Schallemission und den erreichten Stand der Lärmreduzierung enthalten.

Ein geeigneter Typ von Gehörschutz ist nach der Höhe der Lärmeinwirkung und dem Frequenzspektrum auszuwählen:

- Gehörschutzstöpsel oder Othoplastiken (individuell angefertigter Gehörschutz), die im Gehörgang oder in der Ohrmuschel getragen werden
- Kapselgehörschützer, die über das Ohr gesetzt werden

Das Tragen von Gehörschutz entbindet den Unternehmer nicht davon, ein Programm zur Lärmreduzierung aufzustellen und technische Lärmschutzmaßnahmen durchzuführen.

Umfangreichere Angaben zu Grundlagen, Messung und Lärmschutz enthält die BG-Information „Lärm am Arbeitsplatz in der Metall-Industrie“ (BGI 688).

4.4 Mechanische Schwingungen

Vibrationen, auch als mechanische Schwingungen bezeichnet, wirken vorwiegend über handgehaltene Werkzeuge und Fahrersitze auf den Menschen ein.

In Abhängigkeit von der Einwirkstelle der Schwingungen spricht man von Hand-Arm-Vibrationen und Ganzkörper-Vibrationen.

Hand-Arm-Vibrationen werden beim Arbeiten, z. B. mit Meißel- oder Bohrhämmern und Handschleifmaschinen, in das Hand-Arm-System eingeleitet und können zu Knochen- und Gelenkschäden, Durchblutungsstörungen und Nervenfunktionsstörungen der oberen Gliedmaßen führen.

Ganzkörper-Vibrationen werden über die Füße des stehenden Menschen oder über das Gesäß des sitzenden Menschen eingeleitet. Sie können neben Wirbelsäulenschäden u. a. Störungen des Wohlbefindens (z. B. Seekrankheit bei tieffrequenten Schwingungen), Ermüdungserscheinungen, Konzentrationsschwäche und Sehstörungen verursachen.

Zur Beurteilung der Gesundheitsgefahren sind Einflussgrößen wie Frequenz, Intensität, Richtung und Dauer der Einwirkung zu ermitteln.

Hauptkenngröße ist die frequenzbewertete Beschleunigung. Diese kann messtechnisch ermittelt oder aus Datenbanken sowie Herstellerangaben entnommen werden.

Handgeführte Maschinen oder Fahrzeuge erzeugen in Frequenz und Schwingbeschleunigung typenspezifische Schwingungen. Unterschiede ergeben sich durch Besonderheiten der Konstruktion, Qualität der Fertigung und Erhaltungszustand.

Aus der frequenzbewerteten Beschleunigung und der täglichen Einwirkungsdauer lässt sich der Tages-Vibrationsexpositionswert A(8) bezogen auf eine Arbeitsschicht ermitteln. Er dient der Abschätzung für das mögliche Auftreten einer Gesundheitsgefährdung.

Bei Vibrationssbelastungen oberhalb der Auslösewerte (gelber Bereich) sind zur Vermeidung gesundheitlicher Schäden Präventionsmaßnahmen angezeigt. Bei Belastungen oberhalb der Grenzwerte ist mit einer deutlichen Gefährdung zu rechnen (roter Bereich). Einwirkungen oberhalb des Grenzwertes (roter Bereich) sind nicht zulässig.

Nicht jeder praktisch vorkommende Fall macht eine Messung erforderlich. Ausgehend davon, dass einerseits nur wenige Betriebe und Einrichtungen über messtechnische Erfahrungen verfügen und Schwingungsmessungen im Allgemeinen zeitaufwendig sind, erfolgt die Gefährdungsbeurteilung durch die Verwendung von Datensammlungen für Schwingstärken der unterschiedlichsten Arbeitsmittel.

Wird bei einer Gefährdungsbeurteilung eine Gefährdung durch Vibration festgestellt, fordert die Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung beispielsweise folgende Maßnahmen:

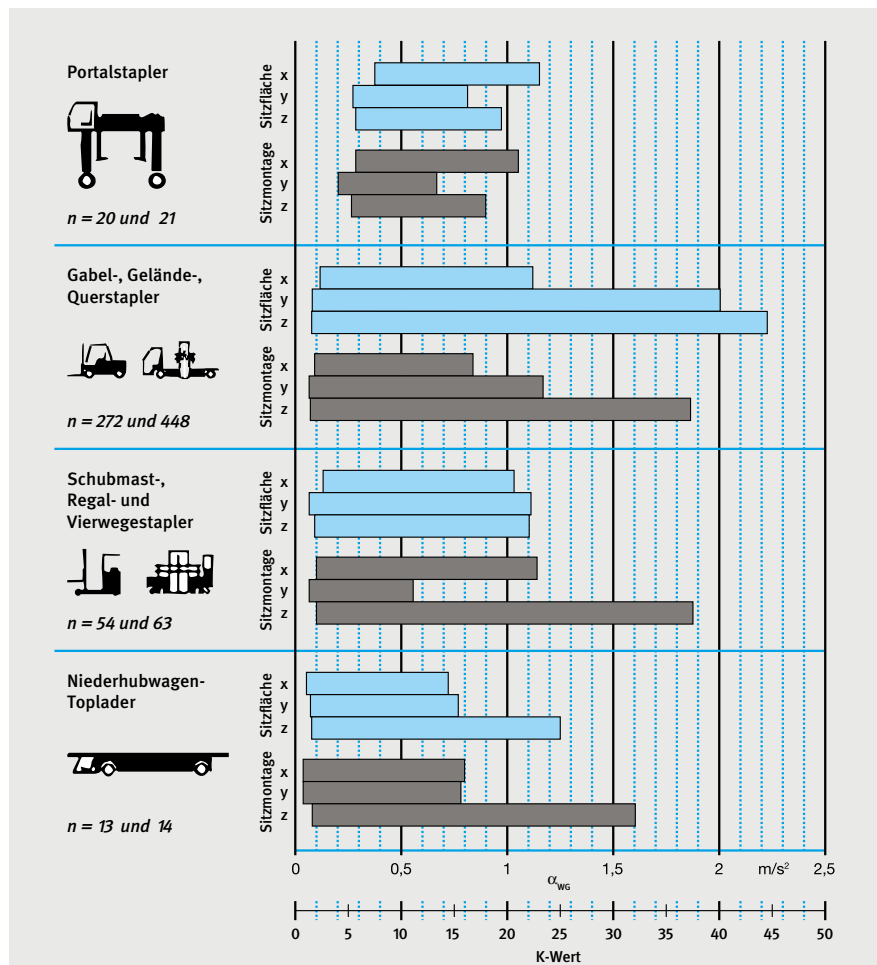


Bild 4-25: Beispiel für eine Zusammenstellung von Kennwerten für Schwingungen aus dem BGI-A-Report 6/2006. Der Report enthält auch zahlreiche aktuelle Werte für Schwingbeschleunigungen bei handgeführten Geräten

- alternative Arbeitsverfahren prüfen
- Berücksichtigung der Vibrationswerte (Pflichtangabe in der Betriebsanleitung) bei der Kaufentscheidung
- Beschaffung zusätzlicher Ausrüstung oder technische Maßnahmen zur Vibrationsminderung
- Sicherung planmäßiger Wartungsarbeiten zur Vibrationsminderung
- organisatorische Maßnahmen zur Verkürzung der Einwirkzeiten

Zur Minderung mechanischer Schwingungen gibt es u. a. folgende Maßnahmen:

- schwingungsisierte Aufstellung von Maschinen
- Schwingsitze mit Einstellmöglichkeiten auf das Fahrergewicht
- vibrationsgeminderte Handgriffe an Elektro- und Druckluftwerkzeugen
- Beseitigung unebener Fahrbahnen und das Verhindern von Stößen
- luftbereifte Räder
- schwingungsisierte Kabinen

Mit diesen Maßnahmen wird in den meisten Fällen gleichzeitig eine längere Lebensdauer der Maschinen und Fahrzeuge erzielt.

Als persönliche Schutzausrüstungen können für die Minderung hochfrequenter Schwingungsbelastungen eventuell Anti-Vibrationshandschuhe geeignet sein. Eine Positivliste mit geprüften Anti-Vibrationshandschuhen hat das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung in St. Augustin erstellt.

Auslöse-/Expositionsgrenzwerte	Art der Schwingung		Erforderliche Maßnahmen
Auslösewert A(8)	Hand-Arm-Vibration	2,5 m/s ²	– Sachgerechte Ermittlung und Bewertung der Risiken – Vibrationsminderungsprogramm technischer und organisatorischer Maßnahmen ausarbeiten und durchführen – Beschäftigte unterweisen – Beschäftigte arbeitsmedizinisch beraten – Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen anbieten
	Ganzkörper-Vibration	0,5 m/s ²	
Expositionsgrenzwert A(8)	Hand-Arm-Vibration	5 m/s ²	Zulässige Maßnahmen: – Schutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik und gegebenenfalls weitere Maßnahmen durchführen – Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen veranlassen
	Ganzkörper-Vibration	0,8 m/s ² in z-Richtung 1,15 m/s ² in x-/y-Richtung	

Bild 4-26: Auslöse- und Expositionsgrenzwerte und erforderliche Maßnahmen gemäß Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung

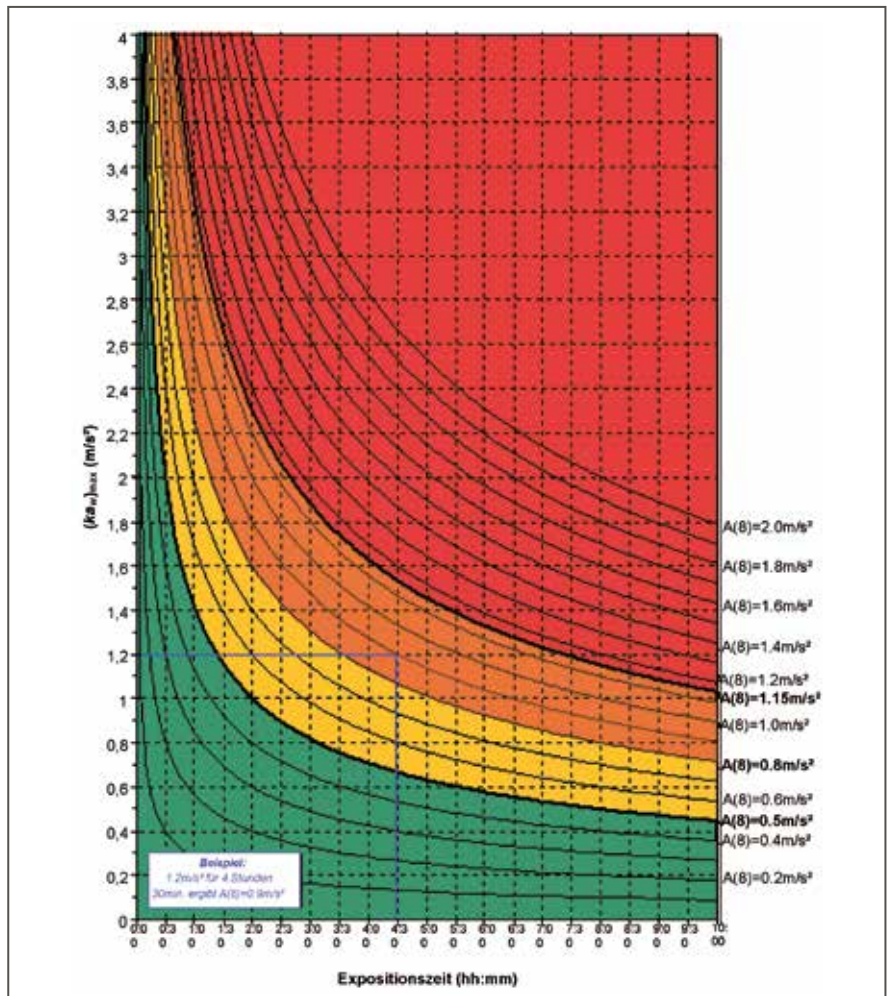


Bild 4-27: Gesundheitsgefährdung bei Ganzkörper-Vibration in Abhängigkeit von Beschleunigung und täglicher Einwirkdauer mit Grenz- und Auslösewerten nach der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung

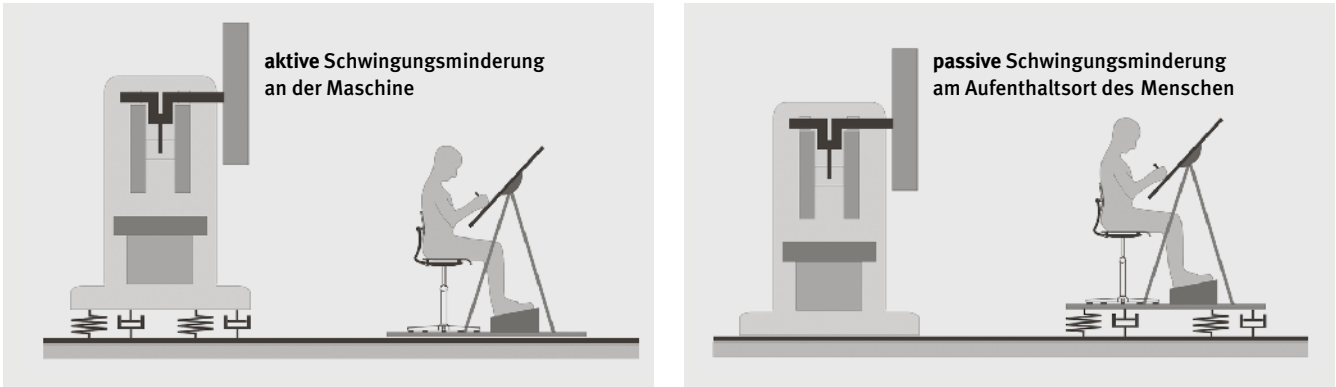


Bild 4-28: Aktive und passive Schwingungsminderung durch Systeme aus Federn und Dämpfern

	Gesetz	Angaben in der Betriebsanleitung
Hand-Arm-Schwingungen	9. ProdSV	Gewichteter Effektivwert der Beschleunigung, falls der Wert über 2,5 m/s ² liegt. Wird dieser Wert nicht überschritten, so ist dies anzugeben (handgehaltene und handgeführte Maschinen, bewegliche Maschinen).
Ganzkörper-Schwingungen	9. ProdSV	Gewichteter Effektivwert der Beschleunigung, falls der Wert über 0,5 m/s ² liegt. Wird dieser Wert nicht überschritten, so ist dies anzugeben (bewegliche Maschinen).

Bild 4-29: Notwendige Angaben in der Betriebsanleitung nach 9. Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz



Bild 4-30: Anti-Vibrationshandschuh für den Einsatz bei hochfrequenten Schwingungen

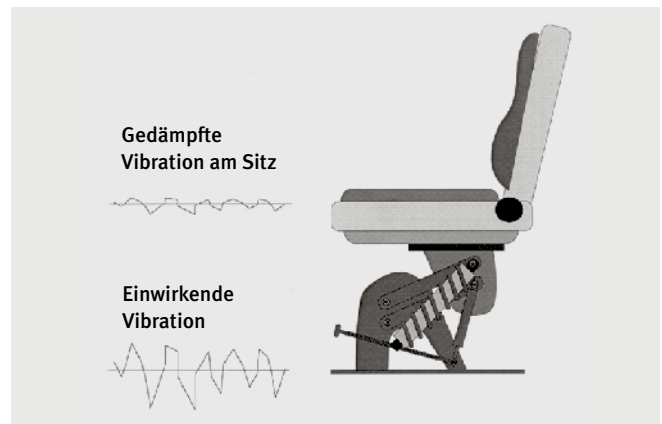


Bild 4-31: Durch Schwingsitze mit einem Feder-Dämpfer-System ist eine deutliche Vibrationsminderung zu erreichen (auf richtige Gewichtseinstellung achten)

5. Physische Belastungen

Jede Stufe in der technischen Entwicklung bringt neue Formen der Belastung mit. Der traditionelle Begriff der körperlich schweren Arbeit reicht zur Beschreibung moderner Belastungen allein nicht aus. Schwerpunkte aus heutiger Sicht sind:

- Handhabung von Lasten
- erzwungene Körperhaltungen
- häufig wiederkehrender Einsatz kleiner Muskelgruppen
- Bewegung unter ungünstigen räumlichen Bedingungen
- überhöhter Kraftaufwand, vor allem bei handwerklichen Tätigkeiten

Bedeutsam sind größere körperliche Belastungen auch dann, wenn sie nur selten oder in Ausnahmefällen auftreten. Gewöhnlich sind bei seltenen Anforderungen die technischen Hilfsmittel mangelhaft oder gar nicht vorhanden sowie Übung und Erfahrung gering.

Körperliche Beanspruchungen betreffen hauptsächlich drei Fälle:

- **Skelettbeanspruchung**
kann Verschleiß von Lenden- und Halswirbelsäule sowie an Knie-, Hand-, Arm- und Schultergelenken, einschließlich Sehnen und Muskelansätzen, bewirken.
- **Kreislaufbeanspruchung**
führt zum Ansteigen der Herzschlag- und Atemfrequenz sowie des Energie- und Sauerstoffbedarfs.
- **Muskelbeanspruchung**
führt zur Ermüdung des Muskels.

Diese Beanspruchungen treten gleichzeitig auf. Gesundheitsschäden durch Kreislauf- und Muskelbeanspruchungen sind eher eine Ausnahme. Schäden durch Verschleißerscheinungen am Skelett, insbesondere sowohl im Lendenwirbel als auch im Halswirbelsäulenbereich, erreichen dagegen eine volkswirtschaftlich bedeutsame Größenordnung.

Schwere körperliche Arbeit

Der Begriff der schweren körperlichen Arbeit wird in der Regel im Zusammenhang mit erhöhtem Energieaufwand bei der Ausführung einer Tätigkeit verwendet.

Die erlebte Beanspruchung ist von:

- der Größe der bewegten Muskelmassen

- der Geschwindigkeit der Bewegung
- der Häufigkeit der Bewegungen
- der Größe der aufzubringenden Kraft

sowie von der körperlichen Konstitution und Verfassung abhängig. Auch klimatische Einflüsse sind zu berücksichtigen. Die Fähigkeit zum Erbringen von körperlichen Leistungen ist trainierbar.

Der Energieumsatz ist über den Sauerstoffverbrauch oder über die Herzschlagfrequenz bestimmbar. Zur vereinfachten Abschätzung wird in der Praxis auf vorliegende Vergleichswerte oder eine Berechnungen aus Einzeltätigkeiten zurückgegriffen.

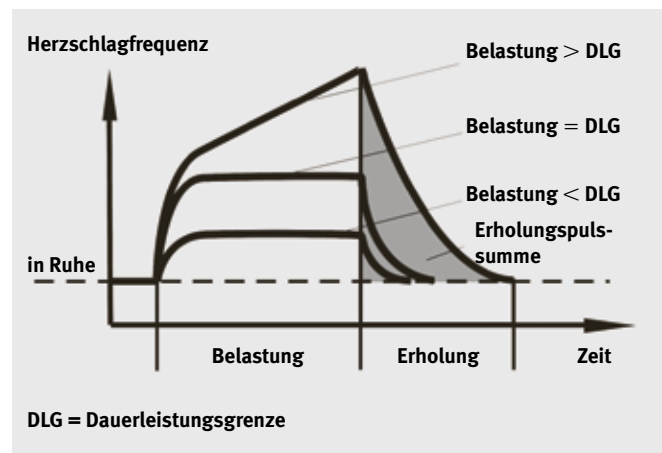


Bild 5-1: Verhalten der Herzschlagfrequenz bei Belastung

Für die Schwere einer körperlichen Arbeit existiert eine Dauerleistungsgrenze (DLG). Sie ist erreicht, wenn die Herzschlagfrequenz bei Fortführung der gleichen Arbeitsleistung nicht mehr ansteigt. Eine Arbeitsherzfrequenz von ca. 110/min gilt bei Männern und Frauen als Grenze der Dauerleistungsfähigkeit. Sie liegt etwa bei 30 bis 40 Herzschlägen/min über der Ruhefrequenz. Bei kontinuierlicher Aufzeichnung der Herzschlagfrequenz ist die individuelle Dauerleistungsgrenze dann erreicht, wenn bei Fortführung der Belastung die Herzschlagfrequenz nicht mehr ansteigt. Die Anzahl der Herzschläge bis zum Erreichen der Ruhewerte im Verlauf der Erholung heißt Erholungspulssumme. Im Bereich der Dauerleistungsgrenze beträgt sie etwa 100 Schläge. Eine niedrige Erholungspulssumme spricht für eine gute körperliche Kondition (Bild 5-1).

Der individuelle Energieumsatz kann, abhängig von der körperlichen Belastung, in weiten Grenzen schwanken. Nur ein begrenzter Teil steht für regelmäßig auszuführende Arbeit zur Verfügung. Kurzzeitig kann der Energieumsatz erheblich über der Dauerleistungsgrenze liegen.

Zur Klassifizierung der Arbeitsschwere im Beruf wurden Bereiche der Arbeitsschwere definiert. Solche Eingruppierungen der Schwere der körperlichen Arbeit bezogen auf die Herzschlagfrequenz oder den Energieumsatz gemessen pro Minute oder pro Arbeitsschicht haben weitgehend an Bekanntheit verloren. Für eine Reihe von Arbeitsplätzen sind sie weiterhin von Bedeutung, besonders bei zusätzlicher Hitzeeinwirkung (Bild 5-2).

5.1 Handhaben von Lasten

Lasten werden immer dann mit menschlicher Kraft bewegt, wenn der Arbeitsvorgang entweder nur gelegentlich auszuführen ist oder maschinell nicht wirtschaftlich ausgeführt werden kann. Die Handhabung erfolgt am häufigsten durch Heben, Tragen, Absetzen, Schieben, Ziehen oder Halten.

Beim Handhaben von Lasten werden das Muskel-Skelett-System, das Herz-Kreislauf-System und bei Frauen die Muskulatur des Beckenbodens besonders beansprucht.

Den Schutz der Beschäftigten gegen Gefährdungen bei der manuellen Handhabung von Lasten regelt die „Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der manuellen Handhabung von Lasten bei der Arbeit“ (Lastenhandhabungsverordnung).

Die Handhabung muss so gestaltet sein, dass durch den Druck auf die Bandscheiben und die Häufigkeit ihrer Belastung die Grenzen der Erträglichkeit nicht überschritten werden.

Die körperliche Eignung und der Gesundheitszustand der Beschäftigten müssen berücksichtigt werden.

Unterweisungen über Gesundheitsgefahren und Schutzmaßnahmen müssen vorgenommen werden. Training und Ausbildung der Beschäftigten über Heben und Tragen ist bei Bedarf erforderlich.

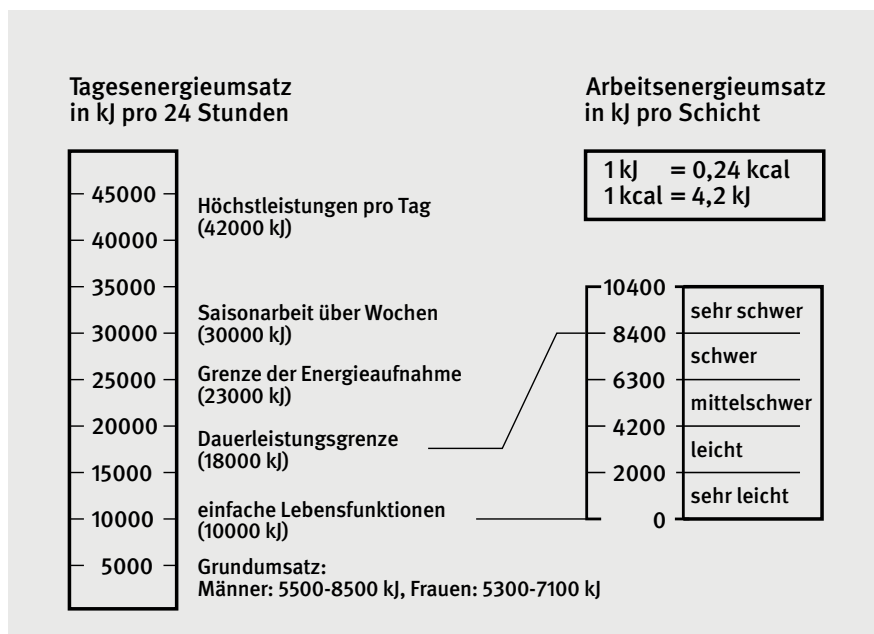


Bild 5-2: Bereich des Energieumsatzes pro Tag und pro Arbeitsschicht

Auszüge aus der Verordnung:

- Der Arbeitgeber hat organisatorische oder geeignete technische Maßnahmen zu treffen, um eine gefährdende manuelle Handhabung von Lasten zu vermeiden. Können diese nicht vermieden werden, sind die Bedingungen entsprechend den Forderungen im Anhang der Verordnung zu beurteilen. Hieraus sind auch geeignete Maßnahmen abzuleiten, um eine Gefährdung möglichst gering zu halten.
- Bei der Übertragung von Aufgaben hat der Unternehmer die körperliche Eignung zu berücksichtigen.
- Der Arbeitgeber hat die Beschäftigten über die sachgemäße Handhabung von Lasten und über mögliche weitere Gefahren zu unterweisen.

Die Höhe der Beanspruchung des Menschen hängt insbesondere ab von		
Last	Arbeitsaufgabe	Arbeitsplatz, Arbeitsumgebung
<ul style="list-style-type: none"> • Gewicht, Form, Größe • Lage der Zugriffsstellen • Schwerpunktlage • Möglichkeit einer unvorhergesehenen Bewegung 	<ul style="list-style-type: none"> • erforderliche Körperhaltung oder Körperbewegung, insbesondere Drehbewegung • Entfernung der Last vom Körper • durch Heben, Senken oder Tragen zu überbrückende Entfernung • Ausmaß, Häufigkeit und Dauer des Kraftaufwandes • persönliche Schutzausrüstungen • Arbeitstempo • Erholungs- oder Ruhezeiten 	<ul style="list-style-type: none"> • in vertikaler Richtung zur Verfügung stehender Platz und Raum • Höhenunterschied über verschiedene Ebenen • Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftgeschwindigkeit • Beleuchtung • Ebenheit, Rutschfestigkeit oder Stabilität der Standfläche • Bekleidung, insbesondere Schuhwerk

Bild 5-3: Auszug aus dem Anhang zur Lastenhandhabungsverordnung

5.2 Beurteilung der Belastung

Verfahren zur Bestimmung der Gefährdung durch das Heben und Tragen von Lasten gliedern sich in verschiedenen Anforderungsstufen:

- Beurteilung anhand einfacher orientierender Kriterien
- Beurteilung durch rechnerische Verfahren
- spezialisierte Analysen durch Fachleute

Die Grobbeurteilung und einfache analytische Verfahren erfordern wenige spezielle Kenntnisse und sind auch für den Laien anwendbar.

Es gibt gegenwärtig drei bedeutsame Ansätze:

- die Festlegung von maximalen Lastgewichten
- die Leitmerkmalmethoden
- analytisch-rechnerische Methoden

Die Festlegung von maximalen Lastgewichten erscheint zunächst sehr einfach. Es werden beispielsweise maximale Packungsgewichte festgelegt. Dies gestattet aber keine Berücksichtigung von Randbedingungen. Die Lastgrenzen beziehen sich auf Hebe- und Tragevorgänge die richtig, d. h. mit geradem Rücken unter optimalen Bedingungen, durchgeführt werden. Abweichungen von den optimalen Bedingungen reduzieren die Grenzlasten zum Teil erheblich.

Ein allgemein zulässiges Lastgewicht kann bei bestimmten Körperhaltungen bereits extrem gefährdend sein. Andererseits ist es möglich und erforderlich, dass ausgewählte und ausgebildete Personen auch deutlich höhere Lasten bewegen. Insoweit sind allgemeingültige tabellarische Wertvorgaben für zumutbare Lasten nur bedingt sinnvoll. Die Einhaltung bietet nur eine relative Sicherheit.

Die Angabe von Lastgewichten ist für alle wesentlichen Fälle durch die Anwendung der Leitmerkmalmethode ersetzbar.

Leitmerkmalmethode

Die Leitmerkmalmethode für die Bestimmung des Risikobereiches für das Heben und Tragen von Lasten wurde entwickelt, um die Forderungen des Anhanges der Lastenhandhabungsverordnung mit einem Punktesystem bewerten zu können.

In der Folgezeit wurde sie um eine Methodik zur Bewertung von Ziehen und Schieben und zur Bewertung manueller Arbeitsprozesse mit Gefährdungen im Hand-Arm-Bereich erweitert. Die Methodiken werden von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) zum Download angeboten /18/.

Bei der Leitmerkmalmethode für das Heben und Tragen von Lasten wird aus den Einflussfaktoren (Leitmerkmale)

- Lastwichtung
- Haltungswichtung
- Ausführungsbedingungen
- Zeitwichtung

ein Punktwert errechnet, der sich einem Risikobereich zuordnen lässt.

Diese Risikobereiche gelten auch für die anderen Methodiken.

Risikobereich	Punktwert	Beschreibung
1	< 10	geringe Belastung (Eine Gesundheitsgefährdung durch körperliche Überbeanspruchung ist unwahrscheinlich)
2	10 – 24	erhöhte Belastung (Eine körperliche Überbeanspruchung ist bei vermindert belastbaren Personen möglich. Für diesen Personenkreis sind Gestaltungsmaßnahmen sinnvoll)
3	25 – 49	wesentlich erhöhte Belastung (Eine körperliche Überbeanspruchung ist auch für normal belastbare Personen möglich. Gestaltungsmaßnahmen sind angezeigt)
4	> 50	hohe Belastung (Eine körperliche Überbeanspruchung ist wahrscheinlich. Gestaltungsmaßnahmen sind erforderlich)


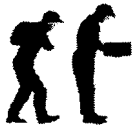


Bild 5-4: Tabelle zur Bestimmung des Risikobereiches bei den Leitmerkmalmethoden

Hebe- oder Umsetzvorgänge (Dauer bis 5 Sek.) Anzahl pro Schicht	Halten (Dauer über 5 Sek.) Dauer pro Schicht	Tragen über 5 m Gesamtweg pro Schicht	Punkte
< 10-mal	< 5 min	< 300 m	1
10 – < 40-mal	5 min – < 15 min	300 m – < 1 km	2
40 – < 200-mal	15 min – < 1 h	1 km – < 4 km	4
200 – < 500-mal	1 h – < 2 h	4 km – < 8 km	6
500 – < 1000-mal	2 h – < 4 h	8 km – < 16 km	8
≥ 1000-mal	≥ 4 h	≥ 16 km	10

Bild 5-5: Tabelle zur Bestimmung der Zeitwichtung

Männer	Frauen	Punkte
< 10 kg	< 5 kg	1
10 kg bis < 20 kg	5 kg bis < 10 kg	2
20 kg bis < 30 kg	10 kg bis < 15 kg	4
30 kg bis < 40 kg	15 kg bis < 25 kg	7
≥ 40 kg	≥ 25 kg	25

Bild 5-6: Tabelle zur Bestimmung der Lastwichtung

Charakteristische Körperhaltung und Lastposition	Körperhaltung, Position der Last	Punkte
	Oberkörper aufrecht und nicht verdreht, Last am Körper	1
	geringes Vorneigen oder Verdrehen des Körpers, Last am Körper oder körpernah	2
	tiefes Beugen oder weites Vorneigen, geringe Vorneigung bei gleichzeitigem Verdrehen des Oberkörpers, Last körperfern oder über Schulterhöhe	4
	weites Vorneigen und gleichzeitiges Verdrehen des Oberkörpers, Last körperfern, eingeschränkte Haltungsverstabilität beim Stehen, Hocken oder Knien	8

Ausführungsbedingungen	Punkte
gute ergonomische Bedingungen (z. B. ausreichend Platz, keine Hindernisse im Arbeitsbereich, ebener rutschfester Boden, ausreichend beleuchtet, gute Griffbedingungen)	0
Einschränkung der Bewegungsfreiheit und ungünstige ergonomische Bedingungen (z. B. Bewegungsraum durch zu geringe Höhe oder durch eine Arbeitsfläche unter 1,5 m ² eingeschränkt oder Standsicherheit durch unebenen weichen Boden eingeschränkt)	1
stark eingeschränkte Bewegungsfreiheit und/oder Instabilität des Lastschwerpunktes (z. B. Patiententransfer)	2

Bild 5-7: Tabellen zur Bestimmung der Haltungswichtung und des Einflusses der Ausführungsbedingungen

Die abgelesenen Werte werden wie folgt verrechnet:

Die Punktzahlen für die Lastwichtung, die Haltungswichtung und die Ausführungsbedingungen werden addiert und dann mit der Zeitwichtung multipliziert. Dadurch erhält die Zeitwichtung einen höheren Stellenwert. Eine Unterscheidung zwischen Männern und Frauen erfolgt über die Lastwichtung. Eine Interpolation innerhalb der Zeilen der Leitmerkmale ist möglich, eine Extrapolation zu höheren oder niedrigeren Werten ist nicht vorgesehen.

Die scharfen Grenzen zwischen den Risikobereichen der Verordnung gelten für größere Gruppen und wenn die konkreten Personen nicht bekannt sind. Der Farbverlauf in der Tabelle zur Bestimmung des Risikobereiches deutet an, dass eine gegebene Situation für verschieden belastbare Personen in verschiedenen Bereichen liegen kann. Darauf wird in der Methodik der BAuA ausdrücklich verwiesen.

Beispiel:

Eine Last von 20 kg muss in einer Schicht von einem Mann ca. 40-mal von einer Palette in Bodennähe aufgenommen und auf einem Arbeitstisch abgestellt werden.

Die Punktzahlen für Lastwichtung, Haltungswichtung, Ausführungswichtung und Zeitwichtung sind aus den Tabellen entnommen. Bei einer Last von 20 kg wurde in der Tabelle für die Lastwichtung und in der Tabelle für die Zeitwichtung zwischen den Punktzahlen 2 und 4 interpoliert. Es ergibt sich ein Punktwert von 21.

(1)	Lastwichtung	3
(2)	+ Haltungswichtung	4
(3)	+ Ausführungsbedingungen	0
(4)	= Summe aus (1) bis (3)	7
(5)	x Zeitwichtung	3
(6)	= Punktwert (4) x (5)	21

Demnach handelt es sich um eine erhöhte Belastung. Bei vermindert belastbaren Personen sind Gestaltungsmaßnahmen angezeigt.

6. Psychische Belastungen

Das früher eher durch schwere körperliche Arbeit und die schädigende Einwirkung von Arbeitsumweltfaktoren gekennzeichnete Anforderungs- und Belastungsspektrum in der Arbeitswelt hat sich durch intelligenten Technikeinsatz in den letzten Jahren zu psychomentalen und psychosozialen Belastungen hin verschoben. Oft werden diese auch durch den Wegfall der klassischen physischen Belastungen verstärkt wahrgenommen.

So können nicht nur ungünstige Arbeitsplatzgestaltungen und unergonomische Arbeitsabläufe, sondern auch rasche Innovation, Zeitdruck, Konflikte oder soziale Isolation am Arbeitsplatz zu arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren werden.

Psychomentale Probleme

kennzeichnen Sachverhalte, die eher auf die Auseinandersetzung der Person mit der Technik bezogen sind, wie unangemessene Anforderungen an Aufmerksamkeit, Konzentration, Nachdenken und Verantwortung.

Psychosoziale Probleme

entstehen durch den Kontakt und insbesondere Konflikte zwischen den handelnden Personen, einschließlich der Beziehungen in und zwischen Arbeitsgruppen und bei Organisation und Führung, beispielsweise bei der Zusammenarbeit mit Kollegen, Vorgesetzten und Kunden.

Da diese Faktoren zunehmen, verwundert es nicht, dass den entstehenden psychomentalen und -sozialen Problemen gegenwärtig erhöhte Aufmerksamkeit gewidmet wird. Durch die Verminderung psychischer Belastungen sind sowohl größere Einsparpotenziale als auch Anstöße für eine betriebliche Gesundheitsförderung zu erwarten.

Zusätzlich zu beruflichen Belastungen wirken Belastungen aus dem Privatleben, wie Probleme mit Kindererziehung und Partnerschaft, finanzielle Sorgen und Zukunftsängste, in den Arbeitsprozess hinein.

Häufig genannte psychische Belastungsfaktoren infolge des wirtschaftlichen Wandels sind:

- monotone Arbeitsbedingungen
- steigende Arbeitsmenge
- schwierige Kunden
- ständige Überwachung
- Isolation

- Konkurrenz zwischen jüngeren und älteren Kollegen
- Gruppendruck
- schlechte Aufstiegschancen

Auch die Globalisierung und der dabei oft wachsende Abstand zwischen Produktionsstandort und Entscheidungsebene sowie Angst um den Arbeitsplatz werden als belastend genannt.

Vorhandene Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten, persönliche Bewertungsmuster und Problemlösungsstrategien spielen im Bereich psychischer Belastungen eine noch größere Rolle als im Bereich der körperlichen oder physikalischen Belastungen. Was für eine Person in erheblichem Maße psychisch belastend wirkt, kann für andere lediglich eine Herausforderung darstellen und zählt für wieder andere zur täglichen Routine am Arbeitsplatz (Bild 6-1 auf Seite 49).

Eine beanspruchungsoptimierte Arbeitsaufgabe, die durch die Technik effektiv unterstützt wird, lässt die Arbeitsaufgabe als anregend erleben und gestattet es, Fähigkeiten optimal einzusetzen. Die Arbeit macht Spaß und wird durch eine höhere Produktivität gekennzeichnet sein.

Definition psychischer Belastungen und Beanspruchungen nach der DIN EN ISO 10075

Unter psychischen Belastungen wird die Gesamtheit der erfassbaren Einflüsse verstanden, die von außen auf den Menschen zukommen und auf ihn psychisch einwirken.

Psychische Beanspruchung wird als die individuelle, zeitlich unmittelbare und nicht langfristige Auswirkung der auf den Menschen in Abhängigkeit von seinen individuellen Voraussetzungen und seinem Zustand einwirkenden Belastungen bezeichnet.

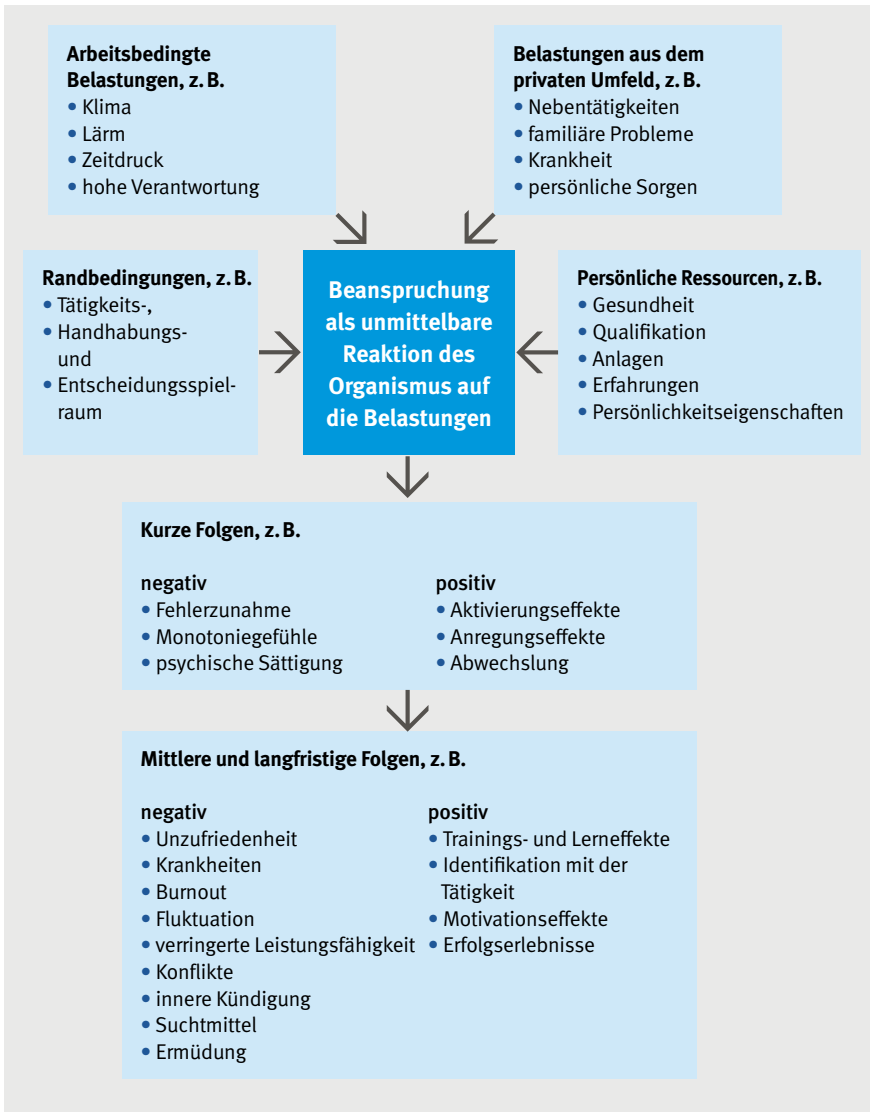


Bild 6-1: Erweitertes Belastungs-Beanspruchungs-Konzept unter Einschluss von Faktoren aus dem psychosozialen Umfeld (nach /15/)

Psychische Belastungen lassen sich auf folgende Ursachenkomplexe zurückführen:

- Überforderung
- Unterforderung
- Arbeitszeitregelungen
- Erschwernisse aus der Arbeitsumwelt und der Organisation
- Belastungen durch soziale Konflikte

Sie lassen sich mit geeigneten Methoden analysieren. Die Erfahrungen zeigen, dass die in der Wissenschaft anerkannten und weit verbreiteten Instrumente zur Analyse der bestehenden Situation für praktische Zwecke nur bedingt geeignet sind. Sie sind umfangreich, in ihrer Anwendung kompliziert und sehr spezifisch. Aus diesem Grund wurden auf praktische Bedürfnisse auch für Nichtfachleute zugeschnittene Erhebungsinstrumente, die so genannten „Screeninginstrumente“, zur Bewertung und Gestaltung menschengerechter Arbeitstätigkeiten erarbeitet.

Die Methodiken arbeiten mit zwei Ansätzen:

- Bewertung erfolgt mithilfe von Beobachtungs- und Beobachtungsinterviewdaten durch externe Beobachter (objektive Anforderungen).
- Psychologische Bewertung von Arbeitsbedingungen für Arbeitsplatzinhaber. Schriftliche, anonyme Befragung von Beschäftigten zum eigenen Arbeitsplatz (erlebte Anforderungen).

Methoden der Fremd- und Selbstbeurteilung liefern oft unterschiedliche Ergebnisse.

Analysen müssen nicht immer das standardisierte Bewerten zum Ziel haben. Die Ergebnisse lassen bei der Erprobung von Verbesserungsmaßnahmen Vergleiche zwischen vorher und nachher zu. Auch aus dem Vergleich von Betriebsbereichen lassen sich oft Verbesserungen ableiten.

Auch wenn das Problem der Erfassung einer gegebenen Situation mit geeigneten Mitteln zu lösen ist, stellt sich immer noch das der Bewertung. Grenzwerte für psychische Belastungen existieren noch nicht.

Ab wann konkret arbeitsgestalterische Maßnahmen zur Minimierung psychischer Belastungen ergriffen werden sollten oder müssen, ist nicht eindeutig geklärt.

Gelegentlich wird von den Berufsgenossenschaften und den Arbeitsschutzbehörden im Zusammenhang mit psychischen Belastungen verlangt, reglementierend im Unternehmen einzugreifen. So sollen beispielsweise die Arbeitsabläufe in einem Betrieb weniger monoton gestaltet oder zusätzliches Personal eingestellt werden, um mögliche Überforderungen durch die zu leistende Arbeitsmenge zu vermeiden.

Die wesentlichen Möglichkeiten liegen gegenwärtig auf dem Feld der Beratung zu den negativen Folgen einer nicht an den fundamentalen menschlichen Bedürfnissen orientierten Arbeitsgestaltung. Verschiedene sicherheitstechnische Normen enthalten Forderungen, z. B. an Konstrukteure, Planer und Gestalter, die längerfristig eine Minderung der psychomentalen Belastungen bewirken sollen (siehe beispielsweise Bild 3-24 auf Seite 26).

Im Gegensatz zu der vielfach hohen Regelungsdichte bei Fragen des technischen Arbeitsschutzes hat man sich in der DIN EN ISO 10075: „Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung“ bisher nur auf wenige normative Regelungen verständigt.

Mögliche Langzeitfolgen psychischer Fehlbelastungen äußern sich sehr komplex:

körperliches Befinden

- Verschlechterung des allgemeinen Gesundheitszustandes
- Schlafstörungen, Kopfschmerzen
- erhöhte Häufigkeit von Herz-Kreislauf-Erkrankungen

psychisches Erleben

- Unzufriedenheit, depressive Verstimmung
- Erleben von Kontrollverlust
- Neigung zu Überreaktionen
- geringe Arbeitszufriedenheit

Arbeitsverhalten

- Leistungsschwankungen, -rückgang
- Verschlechterung der Grundeinstellung zur Arbeit („Dienst nach Vorschrift“)
- Verlust an Können und Kompetenz, mangelhafte Flexibilität
- Fehlhandlungen, Qualitätseinbußen, Nacharbeit, Arbeitsunfälle
- Fehlzeiten, Krankheitstage

soziales Verhalten

- Konflikte, Streit, Aggressionen gegen andere
- Rückzug, Isolation innerhalb und außerhalb der Arbeit
- vermehrter Nikotin-, Alkohol- und Medikamentenkonsum

Die Norm legt derzeit im Teil 1 „Allgemeines und Begriffe“ als gesichert geltende Begriffe fest:

• **fördernde Effekte**

- Aufwärmeeffekt
- Aktivierung
- Übungseffekt

• **beeinträchtigende Effekte**

- psychische Ermüdung
- ermüdungsähnliche Zustände
- Monotonie
- herabgesetzte Wachsamkeit
- psychische Sättigung

Nicht normiert sind beispielsweise das Gefühl der Überforderung, z. B. durch Stress, und das Gefühl der Langeweile.

Im Teil 2 „Gestaltungsgrundsätze“ finden sich als Einflussfaktoren auf die Ermüdung Monotonie, die herabgesetzte Wachsamkeit und die psychische Sättigung. Diese können als „Leitsätze“ für eine bessere Gestaltung benutzt werden.

Der Teil 3 enthält „Methoden zur Erfassung und Bewertung“.


<p>Psychische Ermüdung</p> <p>... ist eine vorübergehende Beeinträchtigung der psychischen und physischen Funktionstüchtigkeit, die von Intensität, Dauer und Verlauf der vorangegangenen psychischen Beanspruchung abhängt.</p>	
<p>auslösende Faktoren</p>	<p>Überforderung der Leistungsvoraussetzungen zeitlich anhaltende Forderungen der Leistungsvoraussetzungen</p>
<p>Erleben</p>	<p>Anstrengung, Mühe, Erschöpfung Konzentrationsverlust Müdigkeit ohne Langeweile</p>
<p>Auftreten und Verlauf</p>	<p>nach längerer Ausübung der Tätigkeit stetig ansteigend Aktivierung anfangs kompensatorisch erhöht, bei längerer Dauer gesenkt keine kurzfristige Verbesserung durch Tätigkeitswechsel möglich</p>
<p>begünstigende Bedingungen beim Betroffenen</p>	<p>fehlende Fähigkeiten und Fertigkeiten verstärken psychische Ermüdung</p>
<p>mögliche Folgen</p>	<p>Defizite der Informationsverarbeitung</p>
<p>Vorbeugung</p>	<p>Veränderungen der Tätigkeitsstruktur (arbeitsgestalterische Maßnahmen der Mensch-Maschine-Funktionsteilung) Training der Fertigkeiten (zur Verbesserung der Leistungsvoraussetzungen) Pausengestaltung (Kurzpausensysteme)</p>

Bild 6-2: Der Begriff psychische Ermüdung

<p>Monotonie</p> <p>... ist ein langsam entstehender Zustand herabgesetzter Aktivierung, der bei länger andauernden, einförmigen Wiederholungstätigkeiten auftreten kann und der hauptsächlich mit Schläfrigkeit, Müdigkeit, Leistungsabnahme und -schwankungen, Verminderung der Umstellungs- und Reaktionsfähigkeit sowie Zunahme der Herzfrequenzrhythmie verbunden ist.</p>	
<p>auslösende Faktoren</p>	<p>Unterforderung der Leistungsvoraussetzungen bei notwendiger Zuwendung zur Arbeitstätigkeit keine Möglichkeit zur gedanklichen Auseinandersetzung</p>
<p>Erleben</p>	<p>Interessenlosigkeit, Eintönigkeit Langeweile, Müdigkeit</p>
<p>Auftreten und Verlauf</p>	<p>nach längerer Ausübung der Tätigkeit wellenförmiger Verlauf Aktivierung gesenkt sofortige Leistungsverbesserung durch Tätigkeitswechsel möglich</p>
<p>begünstigende Bedingungen beim Betroffenen</p>	<p>Neigung zur Unterforderung durch fehlende Leistungsvoraussetzungen und eingeschränkte Aufgabenvielfalt</p>
<p>mögliche Folgen</p>	<p>Aufmerksamkeitsverlust Verlehen des Könnens Abnahme der Arbeitszufriedenheit erhöhter Krankenstand</p>
<p>Vorbeugung</p>	<p>Aufgabenbereicherung dauerhafte Bindung der Aufmerksamkeit vermeiden</p>

Bild 6-3: Der Begriff Monotonie


Psychische Sättigung ... ist ein Zustand nervös unruhiger, stark affektbetonter Ablehnung einer sich wiederholenden Tätigkeit oder Situation, wobei das Gefühl des „auf der Stelle Tretens“ oder „nicht weiter Kommens“ besteht.	
auslösende Faktoren	fehlende Sinnhaftigkeit der Arbeitstätigkeit bei Bereitschaft zur Aufgabenerfüllung
Erleben	ärgerliche, unlustbetonte Gereiztheit Widerwillen
Auftreten und Verlauf	Auftreten vorwegnehmend und während der Tätigkeit möglich Aktivierung erhöht
begünstigende Bedingungen beim Betroffenen	keine
Folgen	Abnahme der Arbeitszufriedenheit, „Dienst nach Vorschrift“
Vorbeugung	systematisches Wechseln von Aufgaben und Tätigkeiten individuelle Sinn- und Zielbildung durch Beteiligung an Planung und Entscheidungen

Bild 6-4: Der Begriff psychische Sättigung


Stress ... Zustand erregt-geängstigter Gespanntheit, innerer Unruhe sowie Sorge um die Erfüllbarkeit der Aufgabe. Das Aktivierungsniveau ist allgemein erhöht. Erste Anzeichen von krankheitsrelevanten Langzeitfolgen sind zu erkennen.	
auslösende Arbeitsstrukturen	Bedrohung von individuellen Zielen objektive Überforderung ohne Ausweichmöglichkeit, z. T. im Zusammenhang mit negativen Einstellungen infolge der Überforderung
Erleben	erregt-ängstliche Spannung, innere Unruhe Sorge um die Erfüllbarkeit der Arbeitsaufgabe
Auftreten und Verlauf	Auftreten vorwegnehmend und während der Arbeitstätigkeit möglich keine kurzfristige Leistungsverbesserung durch Tätigkeitswechsel
begünstigende Bedingungen beim Arbeitenden	erhöhte Anfälligkeit bei emotionaler Unausgeglichenheit fehlende soziale Unterstützung
mögliche Folgen	Konfusion, Hektik offene und verdeckte Aggressionen am Arbeitsplatz (Mobbing)
Vorbeugung	Verringerung der emotionalen Belastung durch erweiterte Entscheidungsbefugnisse in der Arbeitstätigkeit therapeutisches Vorgehen bei emotionaler Labilität Erwerb von Stressbewältigungstechniken

Bild 6-5: Erläuterungen zu Stress

7. Systematische Arbeitsgestaltung

Warum scheitern ergonomische Gestaltungslösungen?

Eine menschengerechte Gestaltung von Arbeitsplätzen wird im Arbeitsschutzgesetz und in diversen Vorschriften und Normen gefordert.

Vorgesetzte, Planer, Handwerksmeister und Kleinunternehmer, aber auch Konstrukteure und Entwickler sind daher heute mit einem breiten Angebot an technischen Hilfsmitteln für zu erwartende gestalterische Probleme konfrontiert.

Häufig wird aus Katalogen ausgewählt, angepasst oder auch individuell entwickelt, wobei Lösungen entstehen, die nicht erprobt werden können. Eine Einführung bringt fast zwangsläufig zeitweilige Produktivitäts- und Qualitätseinbußen mit sich, wenn Fähigkeiten, Gewohnheiten und Vorstellungen der späteren Nutzer nicht berücksichtigt sind. Hieraus entsteht eine ablehnende Haltung der betroffenen Mitarbeiter, die sich mit Recht nicht ernst genommen fühlen. Es können Spannungen bis hin zur Konfrontation zwischen den Beteiligten entstehen. Häufig ist festzustellen, dass die betreffenden Einrichtungen demontiert oder einfach nicht genutzt werden.

Es ist grundsätzlich erforderlich, die Erfahrungen der Nutzer einzubeziehen. Dabei müssen allen beteiligten Seiten insbesondere die Vorteile erläutert werden, damit sie sich mit dem angestrebten Vorgehen identifizieren können. Wesentlich ist auch, dass vereinbart wird, zu erproben und verbleibende Mängel kontinuierlich abzustellen.

Im Anschluss an eine weitgehend für die Belange der menschengerechten Gestaltung optimierten Fertigungsplanung wird sich im praktischen Betrieb oder bei Gefährdungsanalysen nur noch deutlich seltener die Notwendigkeit einer Verbesserung ergeben.

Wie ist eine gute Gestaltungslösung zu erreichen?

Die Berücksichtigung der Ergonomie im Rahmen der Gestaltung sollte sich heute nicht allein auf die Frage nach „Maßzahlen“ und Normen für die Gestaltung, wie räumliche Abmessungen, zulässige Bedienkräfte oder Größe und Anordnung von Bedienelementen, richten. Eine maßliche Bestgestaltung muss nicht zwangsläufig auch zu bestmöglichen Ergebnissen führen, wenn beispielsweise fehlende Akzeptanz zur neuen Lösung, Mängel in der Führungstätigkeit oder Probleme zwischen einzelnen Beschäftigten dem im Wege stehen.

Zunächst ist der Umfang der Fragestellung abzugrenzen. Zum Beseitigen eines offensichtlichen Mangels an einem einzelnen Arbeitsplatz werden kaum systematische Betrachtungen benötigt.

Zur Beurteilung wird stets ein gestuftes Vorgehen empfohlen:

1. Beobachtung durch die Praktiker
2. Analyse durch ausgebildetes Personal
3. Expertise durch Fachleute

Allein durch das gezielte Beobachten lässt sich die Mehrzahl der Probleme erkennen und gegebenenfalls beseitigen.

Ist das Problem größer, d. h. sind mehrere oder viele Personen betroffen, umfangreichere Anlagen einbezogen, unbekannte Bedienergruppen zu berücksichtigen, ist mehr Aufwand sinnvoll.

Ausgangspunkt eines menschenbezogenen Gestaltungsprozesses ist die Analyse der Aufgaben, für deren Erfüllung Arbeitsplätze, Produkte bzw. Dienstleistungen zu gestalten sind. Weiterhin sind Eigenschaften, Fähigkeiten, Fertigkeiten, aber auch Bedürfnisse der Nutzergruppen und Kunden für die zu gestaltenden Produkte, den zu gestaltenden Arbeitsplatz bzw. die zu gestaltende Dienstleistung Gegenstand der Analyse. Erst aus einer solchen Analyse können menschenbezogene Gestaltungsanforderungen sinnvoll und dauerhaft abgeleitet werden. Der Gestaltungsprozess benötigt Ziele. Diese beschreiben Eigenschaften des Gestaltungsergebnisses, wonach später das Gestaltungsergebnis als gut oder als schlecht beurteilt wird. Als Anforderungen haben diese gewünschten Eigenschaften eine wesentliche Funktion bei der Gestaltung.



Bild 7-1: Durch die Schrägmontage in der Automobilfertigung wird die belastende Überkopparbeit ersetzt. Neben dem Belastungsabbau ergibt sich die Möglichkeit zur präziseren Arbeit und damit zur Erhöhung der Qualität. Diese Gestaltungsmaßnahme ist das Ergebnis einer komplexen Prüfung, Planung und Gestaltung

Für einen auf die Analysephase folgenden Entwurfsprozess stellt die Ergonomie Erkenntnisse und Methoden, z. B. rechnergestützte Modelle menschlicher Abmaße, Software und Simulationsprogramme, zur Verfügung. Das vorhandene Instrumentarium ist allerdings aufwändig und erfordert das Hinzuziehen externer Fachleute.

Auch in großen Konzernen mit ihren streng strukturierten Arbeitsprozessen ist es heute schwer, alle zur Gestaltung von Arbeitsprozessen notwendigen Kompetenzen vorzuhalten. Kleinere Betriebe müssen sich notwendigerweise auf primäre Gestaltungsaufgaben, die Erfüllung ihrer gesetzlichen Verpflichtungen, Krisenmanagement und die Intuition und Erfahrung ihrer Verantwortlichen beschränken oder Fremdleistungen in Anspruch nehmen.

Es ist eine Tatsache, dass auch im Falle einer ergonomischen Bestgestaltung der Anlagen, Arbeitsstätten, Arbeitsplätze, Maschinen und Geräte immer noch bestimmte Aufwendungen zur Instruktion, zur Ausbildung und zum Training erforderlich sind. Dies gilt mitunter sogar für die Durchführung von eignungsdiagnostischen Maßnahmen. Die Entwicklung von Ausbildungs- und Trainingsmitteln, Ausbildungsunterlagen, Anschauungsmodellen, Trainern und Simulatoren und die fundierte Gestaltung von Instruktionen und Bedienungsanleitungen nach psychologischen Erkenntnissen zählt ebenfalls hierzu.

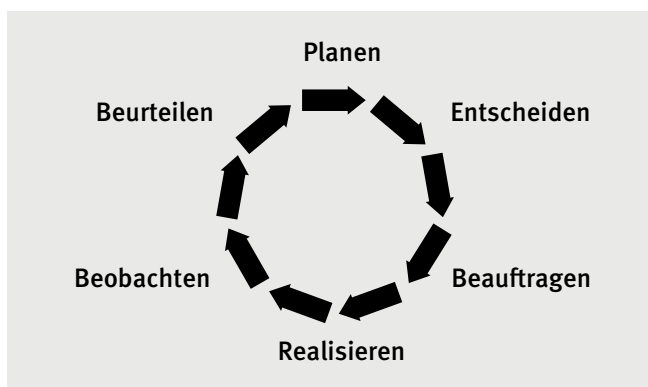


Bild 7-2: Beim Gestalten kommt es darauf an, aus dem üblichen Ablauf analysieren, planen und realisieren einen Kreisprozess zu machen, der nach dem Auswerten bei Erkennen eines Defizits erneut in eine Planungsphase übergeht

Einzelschritte bei der Gestaltung von komplexen Betriebssystemen

Allgemeine Wertvorstellungen definieren

- Welches sind die allgemeinen Ziele und Anforderungen des Unternehmens?
- Welche Probleme oder Chancen können sich zukünftig ergeben?

Anforderungen festlegen

- Was wird mit der Gestaltung hauptsächlich angestrebt?
- Welchen weiteren Anforderungen soll die Lösung genügen?

Arbeitssystem als Gestaltungsobjekt abgrenzen

- Was soll oder muss gestaltet werden?
- Was wird vom Beitrag der menschlichen Arbeit erwartet?
- Welche Rahmen- und Randbedingungen sind zu berücksichtigen?

Gestaltungsfelder und Gestaltungsmerkmale feststellen

- Welche Gestaltungsfelder mit welchen Gestaltungsmerkmalen sind gestaltbar, um das oder die Ziel(e) und die Anforderungen erfüllen zu können?

Vorschläge/Alternativen erarbeiten

- Mit welchen Gestaltungsmaßnahmen und in welchen Gestaltungsfeldern kann man das oder die Ziel(e) erreichen?

Lösung auswählen

- Welches ist die beste Lösung von mehreren Alternativen?

Lösung einführen

- Wie kann die ausgewählte Lösung verwirklicht werden?
- Welche Probleme können dabei auftreten?

Ergebnis überprüfen

- Hat die verwirklichte Lösung das Ziel und die Anforderungen erfüllt?

8. Quellen- und Literaturverzeichnis

8.1 Quellen

8.1.1 Regelwerke

Die Forderung nach einer menschengerechten Gestaltung der Arbeit ist in vielfältiger Weise in Regelwerke eingeflossen.

DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“ – Allgemeine Anforderungen gemäß § 2

Der Unternehmer hat zur Verhütung von Arbeitsunfällen Vorkerungen, Anordnungen und Maßnahmen zu treffen, die den Bestimmungen dieser Unfallverhütungsvorschrift und den für ihn sonst geltenden Unfallverhütungsvorschriften und im Übrigen den allgemein anerkannten sicherheitstechnischen und arbeitsmedizinischen Regeln entsprechen.

Arbeitsschutzgesetz

Im Arbeitsschutzgesetz sind in Umsetzung der EG-Rahmenrichtlinien die Grundpflichten des betrieblichen Arbeitsschutzes und ein moderner Arbeitsschutzbegriff einheitlich im deutschen Recht verankert. Das Arbeitsschutzgesetz verpflichtet den Arbeitgeber, die Gesundheitsgefahren am Arbeitsplatz zu beurteilen (Gefährdungsbeurteilung), entsprechende Schutzmaßnahmen zu treffen und für eine menschengerechte Gestaltung der Arbeit zu sorgen. Die Ergebnisse sind zu dokumentieren. Es berücksichtigt damit die ständige Anpassung des Arbeitsschutzes an die sich wandelnde Arbeitsumwelt. Sicherheitskonzepte sollen ganzheitlich angelegt sein, d. h. alle relevanten Faktoren müssen sachgerecht verknüpft werden.

Maßnahmen des Arbeitsschutzes im Sinne dieses Gesetzes sind Maßnahmen zur Verhütung von Unfällen bei der Arbeit und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren einschließlich der menschengerechten Gestaltung der Arbeit.

Der Arbeitgeber hat bei Maßnahmen des Arbeitsschutzes alle Umstände, welche die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten beeinflussen, zu berücksichtigen und eine Verbesserung anzustreben.

Dabei ist von folgenden allgemeinen Grundsätzen auszugehen (Auszüge):

1. die Arbeit ist so zu gestalten, dass eine Gefährdung für Leben und Gesundheit möglichst vermieden und die verbleibende Gefährdung möglichst gering gehalten wird
2. Gefahren sind an ihrer Quelle zu bekämpfen

3. bei den Maßnahmen sind der Stand von Technik, Arbeitsmedizin und Hygiene sowie sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse zu berücksichtigen
4. Maßnahmen sind mit dem Ziel zu planen, Technik, Arbeitsorganisation, sonstige Arbeitsbedingungen, soziale Beziehungen und Einflüsse der Umwelt auf den Arbeitsplatz sachgerecht zu verknüpfen
5. individuelle Schutzmaßnahmen sind nachrangig zu anderen Maßnahmen
6. spezielle Gefahren für besonders schutzbedürftige Beschäftigtengruppen sind zu berücksichtigen
7. den Beschäftigten sind geeignete Anweisungen zu erteilen
8. mittelbar oder unmittelbar geschlechtsspezifisch wirkende Regelungen sind nur zulässig, wenn dies aus biologischen Gründen zwingend geboten ist

Betriebsverfassungsgesetz

Der Arbeitgeber hat den Betriebsrat über die Planung

- von Neu-, Um- und Erweiterungsbauten von Fabrikations-, Verwaltungs- und sonstigen betrieblichen Räumen
- von technischen Anlagen
- von Arbeitsverfahren und Arbeitsabläufen oder
- von Arbeitsplätzen

rechtzeitig zu unterrichten und die vorgesehenen Maßnahmen unter Berücksichtigung „gesicherter arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse“ mit dem Betriebsrat zu beraten.

Werden Arbeitnehmer in besonderer Weise belastet, weil gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse bei Änderung der Arbeitsplätze, des Arbeitsablaufes und der Arbeitsumgebung nicht beachtet wurden, so kann der Betriebsrat angemessene Maßnahmen zur Abwendung oder Minderung der Belastung verlangen.

Arbeitsstättenverordnung – Errichten und Betreiben von Arbeitsstätten

Der Arbeitgeber hat dafür zu sorgen, dass Arbeitsstätten den Vorschriften dieser Verordnung, einschließlich ihres Anhanges entsprechend so eingerichtet und betrieben werden, dass von ihnen keine Gefährdungen für die Sicherheit und

die Gesundheit der Beschäftigten ausgehen. Der Arbeitgeber hat die Regeln für Arbeitsstätten zu berücksichtigen.

In den Arbeitsstättenrichtlinien (ASR) werden diese Erkenntnisse konkretisiert.

Arbeitssicherheitsgesetz

Das Gesetz enthält die Aufgaben der Fachkräfte für Arbeitssicherheit und die Aufgaben der Betriebsärzte. Sie bestehen auch darin, den Arbeitgeber in allen Fragen der Arbeitssicherheit, einschließlich der „menschengerechten Gestaltung der Arbeit“ zu beraten.

Produktsicherheitsgesetz

Das Produktsicherheitsgesetz soll perspektivisch dafür Sorge tragen, dass bei der Gestaltung von Maschinen und Anlagen durch Konstrukteure und Gestalter Sicherheit und eine menschengerechte Gestaltung gesichert werden. Das Gesetz ist auch wegen der zahlreichen zugehörigen Normen von Bedeutung.

Betriebssicherheitsverordnung

Die Betriebssicherheitsverordnung gilt für die Bereitstellung und die Benutzung von Arbeitsmitteln. Der Arbeitgeber hat die dabei entstehenden Gefährdungen zu beurteilen und Maßnahmen für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz zu treffen. Bei der Festlegung der Maßnahmen sind auch die ergonomischen Zusammenhänge zwischen Arbeitsplatz, Arbeitsmittel, Arbeitsorganisation, Arbeitsablauf und Arbeitsaufgabe zu berücksichtigen.

Anhang 1: Mindestvorschriften für Arbeitsmittel

Anhang 2: Mindestvorschriften zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Benutzung von Arbeitsmitteln

Normenreihe „Sicherheit von Maschinen“

Auftrag der europäischen Normung ist es, zur Wettbewerbsfähigkeit Europas beizutragen und die europäische Wirtschaft im globalen Handelsgeschehen zu fördern. Sowohl von Herstellern und Importeuren von Maschinen, die diese entsprechend der EG-Maschinen-Richtlinie herstellen bzw. in den Verkehr bringen müssen, als auch von den Normungsgremien, die Produktnormen entwickeln, wird festgestellt, dass im Bereich der Ergonomie vielfach noch praxistaugliche übergeordnete Normen fehlen. Das führt dazu, dass teilweise in Produktnormen Festlegungen bezüglich ergonomischer Sachverhalte mehrfach und abweichend voneinander

geregelt sind. Normenrecherchen sind daher aufwändig und bedürfen einer gewissen Erfahrung /19/.

In Umsetzung und zur Ausfüllung von Gesetzen, Verordnungen und europäischen Richtlinien wird das Normensystem zurzeit überarbeitet. Die Normenreihe DIN 33400 regelt heute die Problematik der menschengerechten Gestaltung nicht mehr überwiegend. Einen großen Anteil haben bereits die folgenden Normen der Reihe „Sicherheit von Maschinen“:

- **DIN EN ISO 12100**, Ausgabe 2011-03
„Sicherheit von Maschinen - Allgemeine Gestaltungsleitsätze - Risikobeurteilung und Risikominderung“
- **DIN EN 349**, Ausgabe 2008-09
„Sicherheit von Maschinen; Mindestabstände zur Vermeidung des Quetschens von Körperteilen“
- **DIN EN 614-1**, Ausgabe 2009-06
„Sicherheit von Maschinen – Ergonomische Gestaltungsgrundsätze – Teil 1: Begriffe und allgemeine Leitsätze“
- **DIN EN 614-2**, Ausgabe 2008-12
„Sicherheit von Maschinen – Ergonomische Gestaltungsgrundsätze – Teil 2: Wechselwirkungen zwischen der Gestaltung von Maschinen und den Arbeitsaufgaben“
- **DIN EN 894-1**, Ausgabe 2009-02
„Sicherheit von Maschinen – Ergonomische Anforderungen für die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen – Teil 1: Benutzer-Interaktion mit Anzeigen und Stellteilen“
- **DIN EN 894-2**, Ausgabe 2009-02
„Sicherheit von Maschinen – Ergonomische Anforderungen für die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen – Teil 2: Anzeigen“
- **DIN EN 894-3**, Ausgabe 2010-01
„Sicherheit von Maschinen – Ergonomische Anforderungen für die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen – Teil 3: Stellteile“
- **DIN EN 894-4**, Ausgabe 2010-11
„Sicherheit von Maschinen – Ergonomische Anforderungen für die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen – Teil 4: Lage und Anordnung von Anzeigen und Stellteilen“
- **DIN EN 547-1**, Ausgabe 2009-01
„Sicherheit von Maschinen – Körpermaße des Menschen – Teil 1: Grundlagen zur Bestimmung von Abmessungen für Ganzkörper-Zugänge an Maschinenarbeitsplätzen“

- **DIN EN 547-2**, Ausgabe 2009-01
„Sicherheit von Maschinen – Körpermaße des Menschen – Teil 2: Grundlagen für die Bemessung von Zugangsöffnungen“
- **DIN EN 547-3**, Ausgabe 2009-01
„Sicherheit von Maschinen – Körpermaße des Menschen – Teil 3: Körpermaßdaten“
- **DIN EN 1005-1**, Ausgabe 2009-04
„Sicherheit von Maschinen – Menschliche körperliche Leistung – Teil 1: Begriffe“
- **DIN EN 1005-2**, Ausgabe 2009-05
„Sicherheit von Maschinen – Menschliche körperliche Leistung – Teil 2: Manuelle Handhabung von Gegenständen in Verbindung mit Maschinen und Maschinenteilen“
- **DIN EN 1005-3**, Ausgabe 2009-01
„Sicherheit von Maschinen – Menschliche körperliche Leistung – Teil 3: Empfohlene Kraftgrenzen bei Maschinenbetätigung“
- **DIN EN 1005-4**, Ausgabe 2009-01
„Sicherheit von Maschinen – Menschliche körperliche Leistung – Teil 4: Bewertung von Körperhaltungen und Bewegungen bei der Arbeit an Maschinen“
- **DIN EN 1005-5**, Ausgabe 2007-05
„Sicherheit von Maschinen – Menschliche körperliche Leistung – Teil 5: Risikobewertung für kurzzyklische Tätigkeiten bei hohen Handhabungsfrequenzen“
- **DIN EN ISO 14738**, Ausgabe 2009-07
„Sicherheit von Maschinen – Anthropometrische Anforderungen an die Gestaltung von Maschinenarbeitsplätzen“
- **DIN EN ISO 7250-1**, Ausgabe 2010-06
„Wesentliche Maße des menschlichen Körpers für die technische Gestaltung – Teil 1: Körpermaßdefinitionen und -messpunkte“
- **Normen aus weiteren Normenreihen:**
- **DIN 33402-1**, Ausgabe: 2008-03
„Ergonomie – Körpermaße des Menschen – Teil 1: Begriffe, Messverfahren“
- **DIN 33402-2**, Ausgabe: 2007-05
„Ergonomie – Körpermaße des Menschen – Teil 2: Werte“
- **DIN 33402-2 Beiblatt 1**, Ausgabe: 2006-08
„Körpermaße des Menschen; Werte; Anwendung von Körpermaßen in der Praxis“
- **DIN 33402-3**, Ausgabe: 2011-07
„Körpermaße des Menschen; Bewegungsraum bei verschiedenen Grundstellungen und Bewegungen“
- **DIN 33403-3**, Ausgabe: 2001-04
„Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung – Teil 3: Beurteilung des Klimas im Warm- und Hitzebereich auf der Grundlage ausgewählter Klimagesamtenmaße“
Anmerkung der Redaktion: aktualisiert 07/2011
- **DIN 33403-5**, Ausgabe: 1997-01
„Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung – Teil 5: Ergonomische Gestaltung von Kältearbeitsplätzen“
- **DIN 33406**, Ausgabe: 1988-07
„Arbeitsplatzmaße im Produktionsbereich; Begriffe, Arbeitsplatztypen, Arbeitsplatzmaße“
Anmerkung der Redaktion: zurückgezogen 07/2015
- **DIN 33408-1**, Ausgabe: 2008-03
„Körperumrisschablonen – Teil 1: Für Sitzplätze“
- **DIN 33408-1 Beiblatt 1**, Ausgabe: 1987-01
„Körperumrisschablonen für Sitzplätze; Anwendungsbeispiele“
- **DIN 33411-1**, Ausgabe: 1982-09
„Körperkräfte des Menschen; Begriffe, Zusammenhänge, Bestimmungsgrößen“
- **DIN 33411-3**, Ausgabe: 1986-12
„Körperkräfte des Menschen; Maximal erreichbare statische Aktionsmomente männlicher Arbeitspersonen an Handrädern“
- **DIN 33411-4**, Ausgabe: 1987-05
„Körperkräfte des Menschen; Maximale statische Aktionskräfte (Isodynien)“
- **DIN 33411-5**, Ausgabe: 1999-11
„Körperkräfte des Menschen – Teil 5: Maximale statische Aktionskräfte, Werte“
- **DIN EN ISO 6385**, Ausgabe 2004
„Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen“
Anmerkung der Redaktion: aktualisiert 10/2014

- **DIN EN ISO 10075-1**, Ausgabe 2000-11
„Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung – Teil 1: Allgemeines und Begriffe“
 - **DIN EN ISO 10075-2**, Ausgabe 2000-06
„Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung – Teil 2: Gestaltungsgrundsätze“
 - **DIN EN ISO 10075-3**, Ausgabe 2004-12
„Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung – Teil 3: Grundsätze und Anforderungen an Verfahren zur Messung und Erfassung psychischer Arbeitsbelastung“
 - **DIN EN ISO 26800**, Ausgabe 2011-11
„Ergonomie - Genereller Ansatz, Prinzipien und Konzepte“
 - **DIN EN 12464-1**, Ausgabe 2011-08
„Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten – Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen“
 - **DIN EN 12464-2**, Ausgabe 2010-07
„Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten – Teil 2: Arbeitsplätze im Freien“
 - **DIN EN 12665**, Ausgabe 2011-09
„Licht und Beleuchtung – Grundlegende Begriffe und Kriterien für die Festlegung von Anforderungen an die Beleuchtung“
 - **DIN-Fachbericht 128**, Ausgabe 2003
„Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung – Grundlagen der Klimaermittlung“
 - **DIN EN ISO 11399**, Ausgabe: 2001-04
„Ergonomie des Umgebungsklimas – Grundlagen und Anwendung relevanter Internationaler Normen“
 - **DIN EN ISO 7726**, Ausgabe: 2002-04
„Umgebungsklima – Instrumente zur Messung physikalischer Größen“
 - **DIN EN ISO 7730**, Ausgabe: 2006-05
„Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit“
 - **VDI 2057 Blatt 1**, Ausgabe 2002-09
„Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen – Ganzkörperschwingungen“
 - **VDI 2057 Blatt 2**, Ausgabe 2002-09
„Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen – Hand-Arm-Schwingungen“
 - **DIN EN 13861**, Ausgabe 2012-01
„Sicherheit von Maschinen – Leitfaden zur Anwendung von Ergonomie-Normen bei der Gestaltung von Maschinen“
- ### 8.1.2 Weiterführende Schriften
- Bullinger, H.-J.: Ergonomie: Produkt und Arbeitsgestaltung, B. G. Teubner, Stuttgart 1994
 - Grandjean, E.: Physiologische Arbeitsgestaltung, eco-med Verlag, 1991
 - Kirchner, J.-H., Baum, E.: Ergonomie für Konstrukteure und Arbeitsgestalter, Carl Hanser Verlag, München-Wien 1990
 - Laurig, W.: Grundzüge der Ergonomie (4. Auflage), Beuth Verlag, Berlin 1992
 - Lehder, G., Uhlig, D.: Betriebsstättenplanung, Verlagsgesellschaft W. E. Weinmann mbh, Filderstadt 1998
 - Luczak, H.: Arbeitswissenschaft (2. Auflage), Springer-Verlag, Berlin 1998
 - Neudörfer, A.: Konstruieren sicherheitsgerechter Produkte, Springer-Verlag, Berlin 2001
 - Schmidtke, H.: Ergonomie (3. Auflage), Carl Hanser Verlag, München-Wien 1993
- NORA (Normen Recherche Arbeitsschutz)
der Kommission Arbeitsschutz und Normung (KAN)
www.kan.de/nora
- BGI/GUV-I 5048 „Ergonomische Maschinengestaltung“
- Kleine ergonomische Datensammlung
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

8.2 Literatur

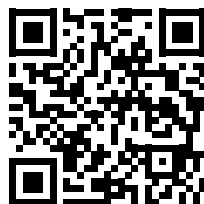
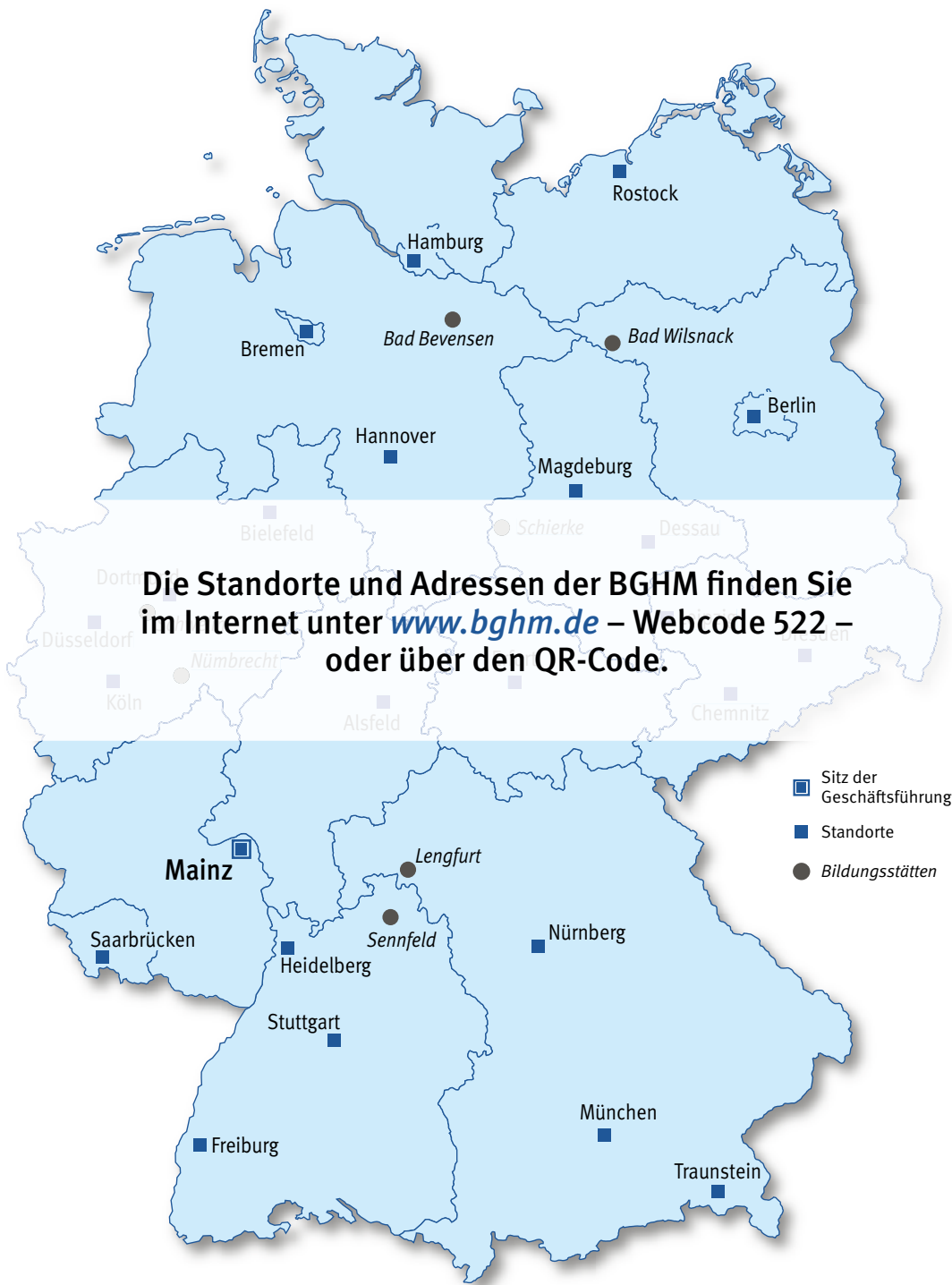
- | | | |
|------|------|--|
| | /11/ | P. O. Fanger: Thermal Comfort, New York 1973 |
| /1/ | | Laurig W.: Grundzüge der Ergonomie, 1992 |
| /2/ | | Antonovsky A.: Salutogenese, DGVT-Verlag, Tübingen, 1997 |
| /3/ | | Jenik, P.: Maschinen menschlich konstruiert, Maschinenmarkt Industriejournal 78, 1972, S. 87-90 |
| /4/ | | BOSCH: Arbeitshilfen für die ergonomische Arbeitsplatzgestaltung, 1985 |
| /5/ | | Schultetus W.: Montagegestaltung; Köln, TÜV Rheinland, 1980 |
| /6/ | | Jürgens, H. W., Aune, I., Pieper, U.: Internationaler anthropometrischer Datenatlas, Fb 587 und 670, Dortmund 1998 |
| /7/ | | Rohmert, W. und Rutenfranz, J. (Hrsg.): Praktische Arbeitsphysiologie, Thieme Verlag, Stuttgart 1983 |
| /8/ | | Wenzel G., Piekarski C.: Klima und Arbeit, 1980 |
| /9/ | | ProKlima-Forschungsbericht 2000, Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart |
| /10/ | | Hahne, H.: Ergonomische Gestaltung von Kältearbeitsplätzen, Die BG 2/97 |
| | /12/ | Zeiss-Ikon: Licht und Leuchten, 1975 |
| | /13/ | Fördergemeinschaft Gutes Licht: Gutes Licht für Handwerk und Industrie |
| | /14/ | Kirchner und Baum: Ergonomie für Konstrukteure und Arbeitsgestalter |
| | /15/ | Leitfaden „Psychische Belastungen“ für Aufsichtspersonen, Herausgeber HVBG, 3/2002 |
| | /16/ | Luczak, H.: Arbeitswissenschaft, Springer Verlag Berlin, Heidelberg, 1998 |
| | /17/ | Leitmerkalmethode nach BAUA und LASI, 2001, siehe www.baua.de |
| | /18/ | Elkeles, Lenhardt, Rosenbrock in WZB public health, 1994 |
| | /19/ | www.kan.de |
| | /20/ | Hettinger, Th.: Handhabung von Lasten, Carl Hanser Verlag, 1991 |

9. Abbildungsverzeichnis

Titelfoto	Gina Sanders – Fotolia.com	Seite 21, Bild 3-11	Dassault Systèmes
Seite 7, Bild 1-1	Grafik, BGHM/Kiepsch/PD Berlin	Seite 21, Bild 3-12	Dassault Systèmes
Seite 8, Bild 1-2	Bosch Rexroth AG	Seite 21, Bild 3-13	Dassault Systèmes
Seite 8, Bild 1-3	Grafik, REFA-Medien Bundesverband e. V./Prof. Laurig	Seite 21, Bild 3-14	media-brevi 2011
Seite 9, Bild 1-4	Grafik, REFA-Medien Bundesverband e. V./Prof. Laurig	Seite 22, Bild 3-15	media-brevi 2011
Seite 10, Bild 1-5	BGHM/Autorenteam	Seite 22, Bild 3-16	BGHM/Kiepsch/PD Berlin
Seite 11, Bild 1-6	BGHM/Kiepsch/PD Berlin	Seite 22, Bild 3-17	media-brevi 2011
Seite 11, Bild 1-7	Fechtel Transportgeräte GmbH/ Edmolift Hebetchnik GmbH / Flexlift Hubgeräte GmbH	Seite 23, Bild 3-18	BGHM/Autorenteam
Seite 12, Bild 2-1	BGHM/Autorenteam	Seite 23, Bild 3-19	BGHM/Autorenteam
Seite 12, Bild 2-2	BGHM/Kiepsch/PD Berlin	Seite 24, Bild 3-20	Dassault Systèmes
Seite 13, Bild 2-3	Statistisches Bundesamt	Seite 24, Bild 3-21	BGHM/Autorenteam
Seite 13, Bild 2-4	REFA-Medien Bundesverband e. V./ Prof. Laurig	Seite 25, Bild 3-22	BGHM/Autorenteam
Seite 14, Bild 2-5	REFA-Medien Bundesverband e. V./ Prof. Laurig,	Seite 25, Bild 3-23	BGHM/Autorenteam
Seite 15, Bild 3-1	BGHM/Autorenteam	Seite 26, Bild 3-24	DIN EN 894-1
Seite 16, Bild 3-2	BGHM/Kiepsch/PD Berlin	Seite 27, Bild 3-25	DIN EN 894-2
Seite 16, Bild 3-3	media-brevi 2011	Seite 27, Bild 3-26	DIN EN 894-2
Seite 16, Bild 3-4	media-brevi 2011	Seite 27, Bild 3-27	sw-media
Seite 16, Bild 3-5	media-brevi 2011	Seite 28, Bild 3-28	BGHM/Kiepsch/PD Berlin
Seite 17, Bild 3-6	Arbeitsplatzmaßnahme im Produkti- onsbereich DIN 33-406/88/07	Seite 28, Bild 3-29	sw-media
Seite 18, Bild 3-7	Bimos International Büromöbel GmbH & Co KG	Seite 28, Bild 3-30	sw-media
Seite 19, Bild 3-8	DIN 33402 Teil 2 und BAUA/Inter- nationaler anthropometrischer Datenatlas 6	Seite 28, Bild 3-31	sw-media
Seite 20, Bild 3-9	BGHM/Kiepsch/PD Berlin	Seite 29, Bild 4-1	media-brevi 2011
Seite 20, Bild 3-10	BGHM/Kiepsch/PD Berlin	Seite 29, Bild 4-2	BGHM/Kiepsch/PD Berlin
		Seite 30, Bild 4-3	media-brevi 2011
		Seite 30, Bild 4-4	BGHM/Autorenteam
		Seite 31, Bild 4-5	BGHM/Autorenteam
		Seite 31, Bild 4-6	BGHM/Autorenteam

Seite 32, Bild 4-7	BGHM/Bell/PDDOR	Seite 42, Bild 4-30	Honeywell Safety Products – KCL GmbH
Seite 33, Bild 4-8	Bomin Solar GmbH	Seite 42, Bild 4-31	BGHM/Kiepsch/PD Berlin
Seite 33, Bild 4-9	Moreno Sopelsa – Fotolia.com	Seite 43, Bild 5-1	BGHM/Kiepsch/PD Berlin
Seite 34, Bild 4-10	BGHM/Autorenteam	Seite 44, Bild 5-2	BGHM/Kiepsch/PD Berlin
Seite 34, Bild 4-11	BGHM/Kiepsch/PD Berlin	Seite 44, Bild 5-3	BAUA/Anhang zur Lastenhandhabungsverordnung
Seite 35, Bild 4-12	ASR A3.5	Seite 45, Bild 5-4	BAUA/Tabelle zur Bestimmung des Risikobereiches bei den Leitmerkmalmethoden
Seite 36, Bild 4-13	BGHM/Autorenteam	Seite 46, Bild 5-5	BAUA/Tabelle zur Bestimmung der Zeitwichtung
Seite 36, Bild 4-14	BGHM/Autorenteam	Seite 46, Bild 5-6	BAUA/Tabelle zur Bestimmung der Lastwichtung
Seite 36, Bild 4-15	BGHM/Kiepsch/PD Berlin	Seite 46, Bild 5-7	BAUA/Tabelle zu Haltungswichtung und Ausführungsbedingungen
Seite 37, Bild 4-16	BGHM/Autorenteam	Seite 49, Bild 6-1	BGHM/Autorenteam nach /15/
Seite 37, Bild 4-17	BGHM/Autorenteam	Seite 51, Bild 6-2	BGHM/Autorenteam
Seite 37, Bild 4-18	ThyssenKrupp Steel Europe/Künstlerische Farbgestaltung: Farbdesigner Friedrich Ernst von Garnier	Seite 51, Bild 6-3	BGHM/Autorenteam
Seite 37, Bild 4-19	ThyssenKrupp Steel Europe/Künstlerische Farbgestaltung: Farbdesigner Friedrich Ernst von Garnier	Seite 52, Bild 6-4	BGHM/Autorenteam
Seite 38, Bild 4-20	BGHM/Autorenteam	Seite 52, Bild 6-5	BGHM/Autorenteam
Seite 38, Bild 4-21	BGHM/Autorenteam	Seite 53, Bild 7-1	BMW Group
Seite 39, Bild 4-22	BGHM/Kiepsch/PD Berlin	Seite 54, Bild 7-2	BGHM/Kiepsch/PD Berlin
Seite 39, Bild 4-23	Lärm- und Vibrations-Arbeitschutzverordnung		
Seite 39, Bild 4-24	BGHM/Neumann/HBB/Medienkoordination		
Seite 40, Bild 4-25	IFA BGIA-Report 6/2006		
Seite 41, Bild 4-26	Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung		
Seite 41, Bild 4-27	EU-Handbuch zur EU-Verordnung		
Seite 42, Bild 4-28	BGHM/Kiepsch/PD Berlin,		
Seite 42, Bild 4-29	9. Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz		

Die Bilder 3-24, 3-25 und 3-26 sowie 4-12 sind wiedergegeben mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e. V. Maßgebend für das Anwenden der DIN-Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.



**Berufsgenossenschaft
Holz und Metall**

Internet: www.bghm.de

Kostenfreie Servicehotline: 0800 9990080-0