

Ergonomische Maschinengestaltung

von Werkzeugmaschinen der
Metallbearbeitung

Informationen zur Checkliste für

- CNC-Bearbeitungszentren
- CNC-Drehautomaten
- handbediente Drehmaschinen
- handbediente Fräsmaschinen
- Ständerbohrmaschinen
- Bügelsägemaschinen
- Schwenkbiegemaschinen
- Tafelscheren
- CNC-Flachschleifmaschinen
- Außenrundscheifmaschinen
- Innenrundscheifmaschinen

Impressum

Herausgeber:
Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung (DGUV)

Glinkastraße 40
10117 Berlin
Tel.: 030 288763800
Fax: 030 288763808
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de

Sachgebiet „Maschinen, Anlagen, Fertigungsautomation und -gestaltung“ des
Fachbereichs „Holz und Metall“ der DGUV.

Layout & Gestaltung:
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV), Medienproduktion

Ausgabe Dezember 2010

DGUV Information 209-069 zu beziehen bei Ihrem zuständigen
Unfallversicherungsträger oder unter www.dguv.de/publikationen

Ergonomische Maschinengestaltung

von Werkzeugmaschinen der
Metallbearbeitung

Informationen zur Checkliste für

- CNC-Bearbeitungszentren
- CNC-Drehautomaten
- handbediente Drehmaschinen
- handbediente Fräsmaschinen
- Ständerbohrmaschinen
- Bügelsägemaschinen
- Schwenkbiegemaschinen
- Tafelscheren
- CNC-Flachschleifmaschinen
- Außenrundscheifmaschinen
- Innenrundscheifmaschinen

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorbemerkung	6
1 Zugang zu Maschinen	8
1.1 Mindestgröße von Ganzkörperzugängen an Maschinenarbeitsplätzen	8
1.2 Mindestmaße von Zugangsöffnungen	10
2 Arbeitsplatzmaße	14
2.1 Arbeitshöhen bei stehender Körperhaltung	19
2.2 Beinraummaße	23
2.3 Greifraum und Arbeitsraum	26
2.4 Sehraum	31
2.5 Vermeidung von extremen Körperhaltungen	34
2.6 Kombinierte Sitz-/Steharbeitsplätze	39
2.7 Sitzarbeitsplätze	41
3 Sitze	43
4 Physische Belastung, Arbeitsschwere	44
4.1 Manuelle Handhabung von Gegenständen	47
4.2 Auswahl eines Lastfalls	50
4.2.1 Lastfall kritische Masse	52
4.2.2 Lastfall kritische Hubdistanz	52
4.3 Aktionskräfte bei Maschinenbetätigung	52
4.3.1 Bewertung von Aktionskräften bezüglich der körperlichen Beanspruchung	54
4.5 Kurzzyklische Tätigkeiten bei hohen Handhabungsfrequenzen	61
5 Handbediente Stellteile	63
5.1 Mindestmaße von Stellteilen	63
5.2 Stellkräfte und Stellmomente von Stellteilen	64
5.4 Bewegungsrichtung von Stellhebeln und Handrädern	65
5.5 Wirkung der Betätigung von Stellteilen auf Betriebszustände	67
5.6.2 Anordnung von Stellteilen und Anzeigen zueinander	72
5.6.3 Abstände zwischen Stellteilen	73

	Seite
6 Tastaturen, Tasten und Eingabegeräte	74
6.1 Tastaturen und Tasten	74
6.1.1 Handhabung von Tastaturen und Tasten	74
6.2 Koordinatengebende Eingabegeräte	75
6.2.1 Position von Eingabegeräten	76
6.2.2 Handhabung von Eingabegeräten	79
6.2.4 Besondere Anforderungen an Trackball und Maus	79
6.2.5 Besondere Anforderungen an Mauspad, Mausknopf, Mausstick	80
6.2.6 Besondere Anforderungen an Joystick und Griffel	81
6.3 Touchscreens	81
7 Displays und Anzeigen	83
7.1 Displays	83
7.1.1 Einbauposition von Displays	83
7.1.2 Identifizierung von Informationen auf Displays	84
7.1.3 Besondere Anforderungen an Displays mit Bildschirmröhre	85
7.2 Digitale und analoge Anzeigeeinstrumente	85
7.2.1 Erkennbarkeit von optischen Anzeigen	86
7.2.2 Identifizierung von optischen Anzeigen	87
7.2.4 Besondere Anforderungen an die Identifizierung von analogen Anzeigen	87
8 Optische Gefahrensignale	89
8.1 Erkennbarkeit von optischen Warnsignalen	89
10 Maschinenintegrierte Beleuchtung	91
10.1 Beleuchtungsstärke, Lichtrichtung, Blendung	93
10.2 Beleuchtungseinrichtung und -installation	95
10.3 Wartung und Instandhaltung maschinenintegrierter Beleuchtung	95
11 Beobachtung des Arbeitszyklus im Fertigungsprozess	96
Verzeichnis der Quellen	97
Urheberrechte	98

Vorbemerkung

Die neue europäische Maschinenrichtlinie 2006/42/EG, umgesetzt durch die Neunte Verordnung zum Geräte- und Produktsicherheitsgesetz (9. GPSGV), enthält im Anhang I einen neuen eigenen Unterpunkt Nr. 1.1.6 „Ergonomie“. Die zunehmende Wichtigkeit dieses Schutzzieles wird auch dadurch ausgedrückt, dass die bislang pauschalen Anforderungen deutlich konkretisiert werden. Vom Maschinenhersteller wird gefordert, dass Belästigung, Ermüdung und psychische Belastungen der Maschinenbediener unter Berücksichtigung ergonomischer Prinzipien bereits bei der Konzeption der Maschine auf ein Minimum zu reduzieren sind. Anforderungen bezüglich „Bedienungsplätze“ gelten jetzt für alle Maschinen (Unterpunkt 1.1.7). Wenn ein Bedienungsplatz mit einem Sitz auszustatten ist, sind auch die Anforderungen an „Sitze“, ebenfalls ein neuer Unterpunkt 1.1.8, zu beachten. Mit der Konformitätserklärung nach der Maschinenrichtlinie bescheinigt der Maschinenhersteller dem Kunden die Erfüllung dieser Schutzziele.

Zur Beurteilung der ergonomischen Gestaltung von Metallbearbeitungsmaschinen ist die Checkliste „Ergonomische Maschinengestaltung“ (BGI/GUV-I 5048-1) erarbeitet worden, die eine Fülle von normativen Anforderungen, Empfehlungen und Erläuterungen enthält und den Stand der Technik wiedergibt. Die vorliegende zweite Auflage 2010 löst die erste Auflage der BGI 5048 vom Oktober 2006 ab.

Neben der Verwendung der Checkliste als Arbeitshilfe bei der Konstruktion von Neumaschinen und von Maschinenumbauten ist die Checkliste als konkrete Handlungshilfe ebenfalls geeignet, den Betreiber bei der Abnahme von Maschinen oder Maschinenumbauten und bei einer Gefährdungsbeurteilung vorhandener Maschinen und der Festlegung von notwendigen Schutzmaßnahmen für eine sichere Bereitstellung von Arbeitsmitteln in Bezug auf ergonomische Prinzipien nach der Betriebssicherheitsverordnung, insbesondere den §§ 3 und 4, zu unterstützen.

Die vorliegende Information unterstützt die Anwendung der Information „Ergonomische Maschinengestaltung – Checkliste und Auswertungsbogen“ (BGI/GUV-I 5048-1). Mit dem Auswertungsbogen der vorstehend genannten Information werden die Einträge in der Checkliste bewertet.

Weitere ergonomische Faktoren, z.B. Lärm, Vibrationen, Klima, Strahlung, Gefahrstoffe oder Einbindung der Maschine in vor- und nachgelagerte Arbeitsabläufe bzw. die Betriebsorganisation sind nicht Thema der vorliegenden Checkliste. Sie müssen bei der ergonomischen

Gestaltung der Maschine oder des jeweiligen gesamten Arbeitssystems zusätzlich berücksichtigt werden.

Alle drei Einzeldokumente (Checkliste, Information und Auswertungsbogen) werden von Zeit zu Zeit gleichzeitig überarbeitet und veröffentlicht.

Anwenderhinweis

Die Informationen

- „Ergonomische Maschinengestaltung – Checkliste und Auswertungsbogen“ (BGI/GUV-I 5048-1)
und
 - „Ergonomische Maschinengestaltung – Informationen zur Checkliste“ (BGI/GUV-I 5048-2)
- in der vorliegenden Auflage von 2010 wurden in Zusammenarbeit mit den Fachausschüssen „Maschinenbau, Fertigungssysteme, Stahlbau“ (FA MFS) und „Metall und Oberflächenbehandlung“ (FA MO) der Abteilung „Sicherheit und Gesundheit“ (SiGe) der DGUV sowie dem Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA) erstellt. Die Dokumente sollen die Beurteilung der ergonomischen Maschinengestaltung an CNC- und handgesteuerten Bearbeitungszentren, Dreh-, Fräs- und Bohrmaschinen, an Sägen, an Schwenkbiegemaschinen und Tafelscheren sowie an CNC-Flachschleifmaschinen, Außen- und Innenrundscheifmaschinen unterstützen.

Die Checkliste beinhaltet wesentliche Aspekte zur Ergonomie, die aus rund 30 Einzelnormen zusammengetragen worden sind und jeweils den Stand der Technik darstellen. Die Checkliste legt nicht fest, welche Normen vom Maschinenhersteller und Konstrukteur im Einzelfall angewendet werden sollten. Die zugrunde liegenden Einzelnormen unterliegen von Zeit zu Zeit Änderungen. Die Checkliste ist nicht abschließend und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die Angaben der gesetzlichen Vorschriften gelten uneingeschränkt. Um vollständige Information über die Anforderungen hinsichtlich der ergonomischen Gestaltung von Maschinen zu erhalten, ist es erforderlich, die Vorschriftentexte einzusehen. Die Checkliste Ergonomische Maschinengestaltung und alle zugehörigen Dokumente werden sorgfältig erstellt und gepflegt. Dennoch kann, gleich aus welchem Rechtsgrund, keine Haftung übernommen werden.

1 Zugang zu Maschinen

1.1 Mindestgröße von Ganzkörperzugängen an Maschinenarbeitsplätzen

Hier werden die Mindestmaße der Ganzkörperzugänge innerhalb der Maschine festgelegt. Im Bereich der Metallbearbeitungsmaschinen dürften jedoch Maschinen, in denen Durchgänge vorgesehen sind, selten anzutreffen sein. Die angegebenen Freiraummaße beruhen auf dem 95. Perzentil $P(95)$ ¹⁾. Die allgemeinen Zuschläge, z.B. für Arbeitskleidung, Arbeitsschuhe, sind in den Maßen bereits berücksichtigt.

Alle Maße sind in cm angegeben.

Zu Fragen a) und b)

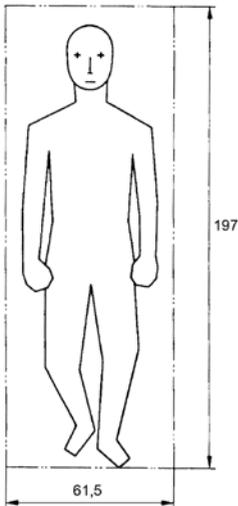


Abbildung 1: Öffnung für horizontale Vorwärtsbewegung bei aufrechter Körperhaltung
(Quelle: Bild 4.1 der DIN EN 547-1:2009-01)

1) 95. Perzentil:

Der Perzentilwert gibt die Anzahl von Beschäftigten mit einem bestimmten Merkmal in Relation zum Gesamtkollektiv in Prozent an. $P(95)$ bedeutet hier also, dass 95 % aller Personen eine geringere Körpergröße haben und somit 95 % aller Personen den Durchgang problemlos passieren können. Perzentilwerte werden im Folgenden für alle maßlichen Festlegungen und für Kraftwerte genutzt.

Zu Frage c)

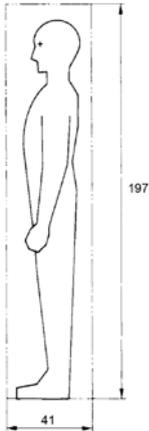


Abbildung 2: Öffnung für horizontale Seitwärtsbewegung über kurze Entfernungen bei aufrechter Körperhaltung (Quelle: Bild 4.2 der DIN EN 547-1:2009-01)

Zu Fragen d) und e)

Die folgende Abbildung zeigt den Einstieg in kniender Haltung mit „Blick voraus“.

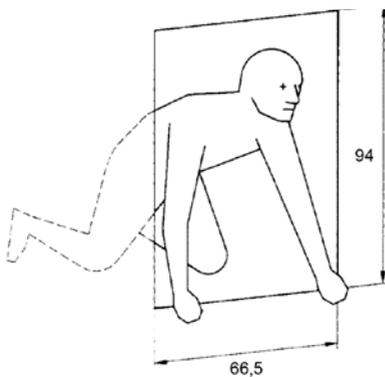


Abbildung 3: Öffnung für Einstieg in kniender Haltung (Quelle: Bild 4.5 der DIN EN 547-1: 2009-01)

1.2 Mindestmaße von Zugangsöffnungen

Eine Zugangsöffnung ist eine Öffnung, die einer Person das Hineinlehnen, Hineinreichen oder Hineinstecken von Oberkörper, Kopf, Arm, Hand, eines oder mehrerer Finger, von Bein oder Fuß ermöglicht, um Maßnahmen im Rahmen von Arbeitsabläufen, wie das Betätigen von Stellteilen, Instandhaltungsaufgaben oder das Beobachten von Vorgängen oder Anzeigen, durchzuführen.

Die allgemeinen Zuschläge für Arbeitskleidung, Arbeitsschuhe und ähnliches sind in den Maßen bereits berücksichtigt.

Die Maße in eckigen Klammern [] beinhalten gesonderte Zuschläge für Winterkleidung, empfindliche Kleidung aber auch für persönliche Schutzausrüstungen (Schutzbrille, Handschuhe, Gehörschutz und Atemschutzmaske) sowie die Abstände zur Vermeidung des Berührens von Chemikalien und Schmutz.

Alle Maße sind in cm angegeben.

Zu Frage a)

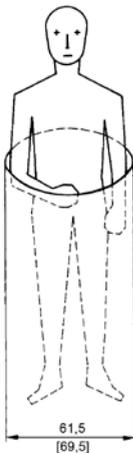


Abbildung 4: Zugangsöffnung für Oberkörper und Arme
(Quelle: Bild 4.1 der DIN EN 547-2:2009-01)

Zu Frage b)

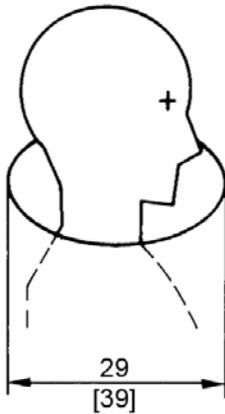


Abbildung 5: Zugangsöffnung für den Kopf bis zur Schulter für Prüftätigkeiten
(Quelle: Bild 4.2 der DIN EN 547-2:2009-01)



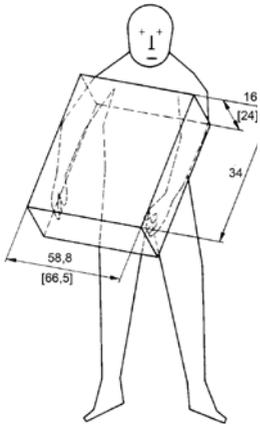
© BG/Fotolia



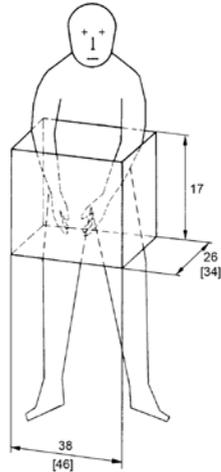
© demarco/Fotolia

Achtung: 39 cm Öffnungsdurchmesser, wenn Gehörschutz- oder Helmtragepflicht besteht.

Zu Frage c)

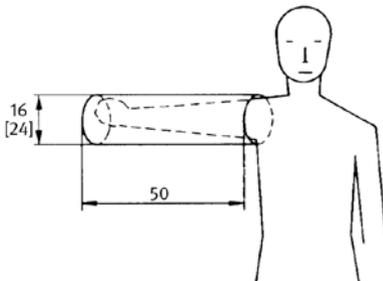


Zugangsöffnung für beide Arme
(entweder nach vorn oder nach unten)

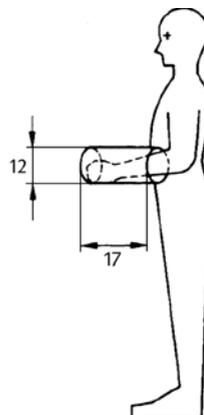


Zugangsöffnung für beide Unterarme bis zum
Ellenbogen (entweder nach vorn oder nach unten)

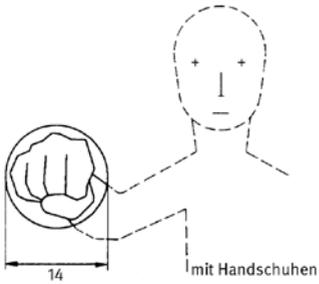
Abbildung 6: (Quelle: Bilder 4.3 und 4.4 der DIN EN 547-2:2009-01)



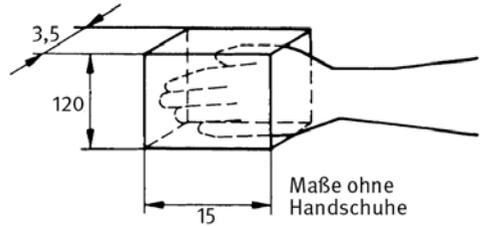
Zugangsöffnung zur Seite für einen Arm
bis zum Schultergelenk



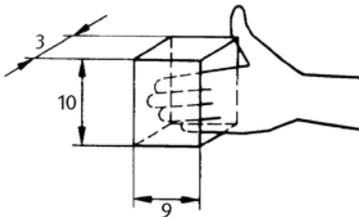
Zugangsöffnung für einen Unterarm
bis zum Ellenbogen



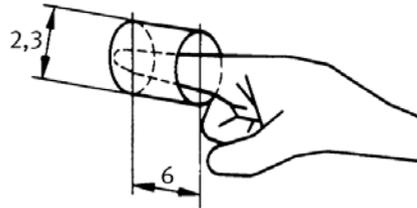
Zugangsöffnung für die Faust



Zugangsöffnung für die flache Hand bis zum Handgelenk, einschließlich Daumen

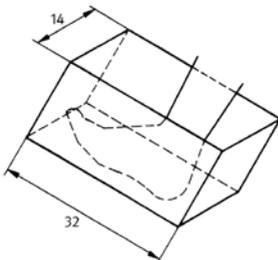


Zugangsöffnung für die flache Hand (vier Finger) bis Daumenansatz

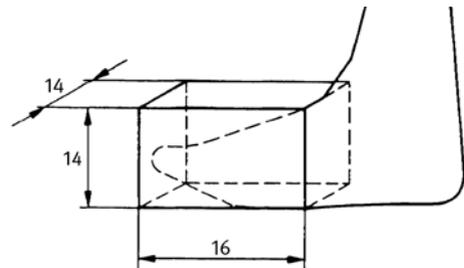


Zugangsöffnung für den Zeigefinger, begrenzt durch die übrigen Finger

Abbildung 7: (Quelle: Bilder 4.5 bis 4.10 der DIN EN 547-2:2009-01)



Zugangsöffnung für einen Fuß bis zum Fußgelenk



Zugangsöffnung für den Vorfuß zur Betätigung von Stellteilen

Abbildung 8: (Quelle: Bilder 4.11 und 4.12 der DIN EN 547-2:2009-01)

2 Arbeitsplatzmaße

Die Dimensionierung von Arbeitsplätzen wird durch die zu erwartende Benutzerpopulation wie auch durch die spezifischen Anforderungen der Arbeit bestimmt. Weitere Einflussfaktoren sind individuelle Verhaltensmuster der Arbeitnehmer und schließlich Kosten-Nutzen-Überlegungen.

Das Ziel ist, den Nutzern der Maschine eine möglichst optimale Körperhaltung bei der späteren Verwendung zu ermöglichen (Negativbeispiele siehe Abbildungen 9 und 10). Dazu gehören abhängig von der gewählten Hauptarbeitshaltung die richtige Arbeitshöhe und eine gute Erreichbarkeit und Beobachtbarkeit der Bediener-schnittstellen, z.B. Anzeigen, Displays und Verarbeitungsprozess.

Abschnitt 4 der DIN EN ISO 14738:2008-12 unterscheidet vier Hauptarbeitshaltungen: Sitzen, erhöhtes Sitzen, Stehen mit Unterstützung und Stehen.

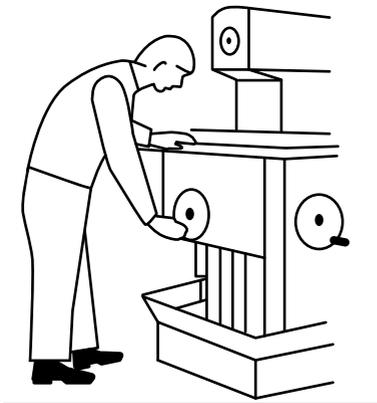


Abbildung 9: Gebeugter Rücken durch zu niedrige Stellteile



Abbildung 10: Angehobene Arme durch zu hohe Stellteile

(Quelle: Grandjean, E.: Physiologische Arbeitsgestaltung, 4. Aufl. Ott, Thun 1991)

In Übereinstimmung mit DIN EN 614-1 sind Arbeitsmittel unter angemessener Berücksichtigung der Körpermaße der vorgesehenen Benutzergruppe zu gestalten. In der europäischen Normung wird bei der Festlegung von Arbeitsplatzmaßen das 5. Perzentil Frauen und das 95. Perzentil Männer (Körperhöhen zwischen 153 cm und 188 cm) als Kollektivgrenze genannt.

Es hat sich gezeigt, dass unter Einbeziehung der gesamten europäischen Arbeitsbevölkerung die Diskrepanz zwischen den tatsächlichen Reichweitenmaßen an den benannten Metallbearbeitungsmaschinen und den maximalen Reichweitenmaßen auf der Basis der anthropometrischen Maße des 5. Perzils außerordentlich groß ist. Hier wäre eine anthropometrische Erfassung der Benutzerpopulation an Metallbearbeitungsmaschinen sehr hilfreich.

Als Ansatz zur Entflechtung dieses Sachverhalts ist die Checkliste so gestaltet, dass bei kritischen Punkten (meist Reichweitenmaße) die maßlichen Angaben für ein fiktives Benutzerkollektiv sowie für die gesamte europäische Arbeitsbevölkerung abgefragt werden. Als Perzentilwert der fiktiven Benutzerpopulation werden die Maße der männlichen Arbeitsbevölkerung zugrunde gelegt. Die Werte, die sich auf die gesamte europäische Arbeitsbevölkerung beziehen, werden in eckigen Klammern angeführt. Hier dient als obere Grenze für die Reichweitenmaße der Wert für das 5. Perzentil der Frauen.

Bei der Bestimmung der Arbeitshöhen ist die Situation vergleichbar. Hier ergibt sich faktisch die Notwendigkeit einer Verstellbarkeit der Maschinenhöhe, was für Metallbearbeitungsmaschinen mit hohen Kosten einhergehen würde.

Die Angaben für die Arbeitshöhen in der Checkliste beziehen sich – wie zuvor dargestellt – auf die mittlere Höhe einer fiktiven Benutzerpopulation. Da die Arbeitshöhe als feste Größe angenommen wird, handelt es sich bei den benannten Maßgrenzen nicht um Einstellbereiche der Arbeitshöhe, sondern um einen Auswahlbereich. Es wird unterstellt, dass eine gewählte Arbeitshöhe innerhalb des Auswahlbereiches einer großen Zahl von Benutzern eine gute Körperhaltung ermöglicht.

Für die Arbeitshöhen ergibt sich bei kleineren Personen die Notwendigkeit des Beistellens von Plattformen und Podesten.

Weiterhin wird in der Checkliste angenommen, dass es sich um Maschinenarbeitsplätze handelt, an denen **im Stehen** gearbeitet wird.

Unabhängig von den Festlegungen für diese Checkliste sollte andauernde stehende Arbeit vermieden werden. Neben der Ermüdung der statisch beanspruchten Stütz-muskulatur entsteht eine Beschwerlichkeit, die auf die ungünstigen Bedingungen des venösen Blutrückflusses zurückgeführt werden muss.

Eine Entlastung ergibt sich bei manuell bedienten Maschinen, da hier im Allgemeinen einer vielseitigeren und damit auch einer bewegungsreicheren Arbeit nachgegangen wird (Werkstattmaschinen). Dabei ist bei CNC-Maschinen davon auszugehen, dass hier umfangreiche Programme abgearbeitet werden, die an der Maschine programmiert bzw. parametrisiert werden oder deren Ablauf vor Ort beobachtet werden muss. An diesen Arbeitsplätzen sollte das Sitzen oder Stehen mit einer Stehhilfe vorgesehen werden.

Bedienkonsolen, die aus ergonomischen und auch aus funktionalen Gründen schwenkbar montiert sind, sollten auch höhenverstellbar sein, um die Anpassbarkeit im Allgemeinen und beim Stehen mit einer Stehhilfe im Besonderen zu verbessern. Ziel ist es, die Nutzung einer Stehhilfe zu fördern.

Ein weiteres Instrument zur Bewertung der Arbeitsplatzmaße (wie auch der Lasthandhabungen, dazu mehr im Abschnitt 4) ist die Bewegungsfrequenz der Person und die Dauer bzw. Intensität der Maschinennutzung. Machen Sie sich dazu bitte klar, wie die Arbeitsabläufe an der Maschine aussehen können. Entscheidend ist, wie die Person an der Maschine arbeitet. Das Hauptaugenmerk sollte auf dem Einlegen und Entnehmen von Werkstücken liegen. Ebenfalls betrachtet wird z.B. das Tauschen von Werkzeugen, das Nachmessen am Werkstück, die Bedienung von Stellteilen, das Ablesen von Anzeigen, Beobachtung des Fertigungsprozesses, Rüst- und Wartungs- und Reinigungsarbeiten.

Niedrige Bewegungsfrequenzen ergeben ein geringeres Gesundheitsrisiko, wohingegen hohe Bewegungsfrequenzen, wie auch statische Haltungen, ein höheres Gesundheitsrisiko mit sich bringen.

Definition zur Bewegungsfrequenz ²⁾		
Begriff	Merkmal	Bewegungsaktivität ³⁾
statische Haltung	Keine sichtbare Bewegung, allerdings wird die Körperhaltung durch aktive Muskelkraft eingenommen. Die Person kann sich nicht abstützen oder anlehnen.	Die Körperhaltung wird länger als 4 Sekunden eingenommen
niedrige Frequenz	normale, zwanglose Bewegung.	< 2/Minute
hohe Frequenz	Häufige, teils wiederholende Bewegungen. Beispiel: Serienproduktion, Akkordarbeit	> 2/Minute

Abbildung 11: Definition zur Bewegungsfrequenz

Ein weiteres Merkmal für die Festlegung der Arbeitsplatzmaße ist die Intensität der Maschinennutzung bzw. die Dauer einer bestimmten Tätigkeit. Ähnliche Tätigkeiten, die die gleichen Gewebestrukturen belasten, sollten zusammengefasst werden. Die intensive Nutzung einer Maschine erfordert eine optimale Arbeitsplatzgestaltung. Werden bestimmte Funktionen einer Maschine dagegen weniger benutzt, so ist es akzeptabel und auch üblich, diese Tätigkeiten außerhalb der optimalen Arbeitsbereiche durchzuführen.

2) Eine Anzahl einzelner Bewegungen eines Körperteils pro Minute, nicht die Anzahl der Arbeitszyklen pro Minute. Ein Arbeitszyklus kann mehrere einzelne Bewegungen eines Körperteils beinhalten.

3) Definitionen nach DIN EN 1005-1:2009-04 und DIN EN 1005-4:2009-01

Definition zur Intensität der Maschinennutzung bzw. Dauer einer Tätigkeit		
Begriff	Merkmal	kumulierte Dauer ⁴⁾
häufig	Maschinen, die intensiv benutzt werden, z.B. für Serienproduktion, zyklische Entnahme von Werkstücken	> 2 Stunden/Tag
gelegentlich	Maschinen, die nur zeitweise benutzt werden, im Allgemeinen ohne Zeittakt. Z.B. Werkstattmaschinen, oder Tätigkeiten wie Rüst- oder Wartungsarbeiten, keine zyklische Entnahme von Werkstücken	< 2 Stunden/Tag oder 1 Tag in der Woche
selten	Reinigung oder Reparatur, kurzzeitig zu Schichtbeginn oder -ende	bis zu 1 Stunde am Tag oder 1 Tag in 2 Wochen.

Abbildung12: Definition zur Intensität der Maschinennutzung bzw. Dauer einer Tätigkeit

4) Die Zeit, die von einer einzelnen Person aufgebracht wird, um bestimmte Tätigkeiten zu erledigen. Beispiel für „seltene“ Tätigkeiten: Alle Arbeitsschritte, die eine Person selten an einem Tag durchführt, beanspruchen bis zu einer Stunde Arbeitszeit am Tag.

2.1 Arbeitshöhen bei stehender Körperhaltung

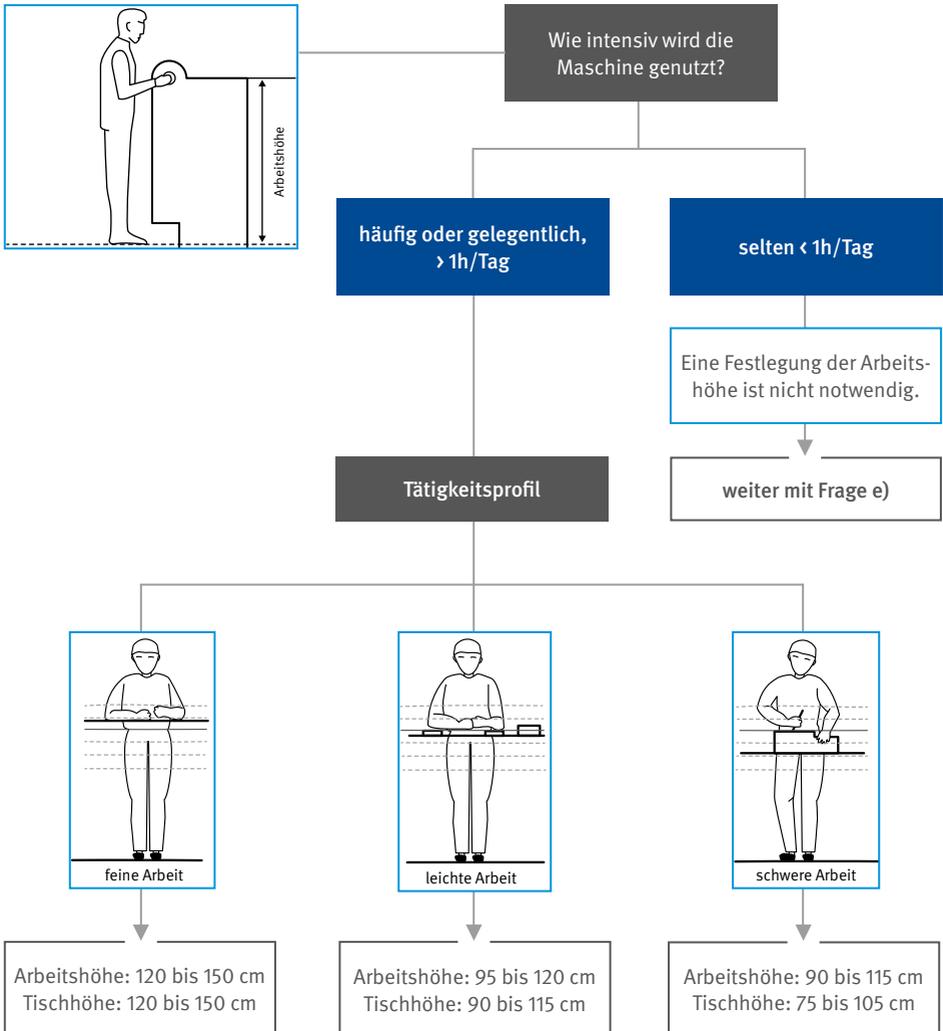


Abbildung 13: Bestimmung der zutreffenden Arbeitshöhe

Die Arbeitshöhe ist der Abstand zwischen der Zugangsebene und dem Arbeitsbereich. Der Arbeitsbereich ist der Bereich, in dem häufig oder gelegentlich Tätigkeiten ausgeführt werden. Für seltene Eingriffe, z.B. bei Reparatur oder Reinigung, können die Arbeitshöhen von den Angaben in Fragen a), b) und c) abweichen (siehe Abbildung 13).

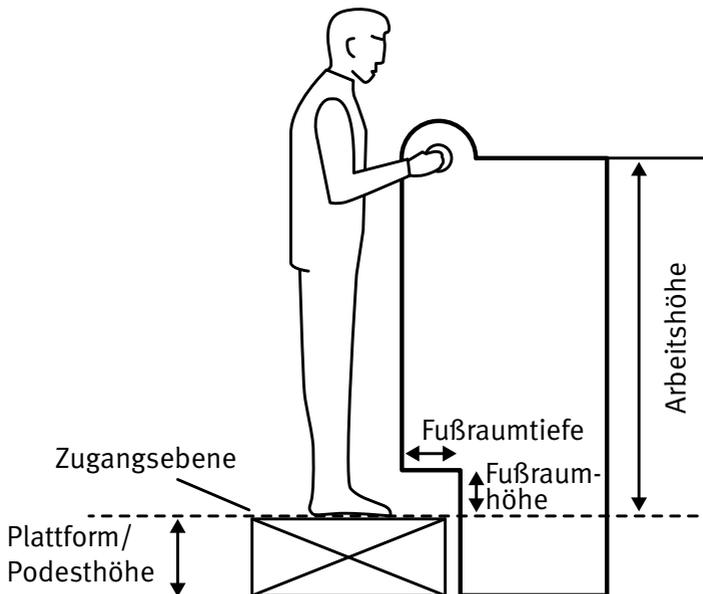


Abbildung 14: Messung der Arbeitshöhe

Soll vor die Maschine ein Podest gelegt werden, das zum Zeitpunkt der Beurteilung nicht zur Verfügung steht, muss die Stärke des Podestes dennoch berücksichtigt werden (siehe Abbildung 14).

Die Arbeitshöhe bei Steharbeit wird abhängig von der visuellen und physischen Anforderung in drei Stufen eingeteilt. Bevor Sie die Arbeitshöhe beurteilen, überlegen sie bitte, welcher Arbeitssituation die ausgewählte Tätigkeit entspricht.

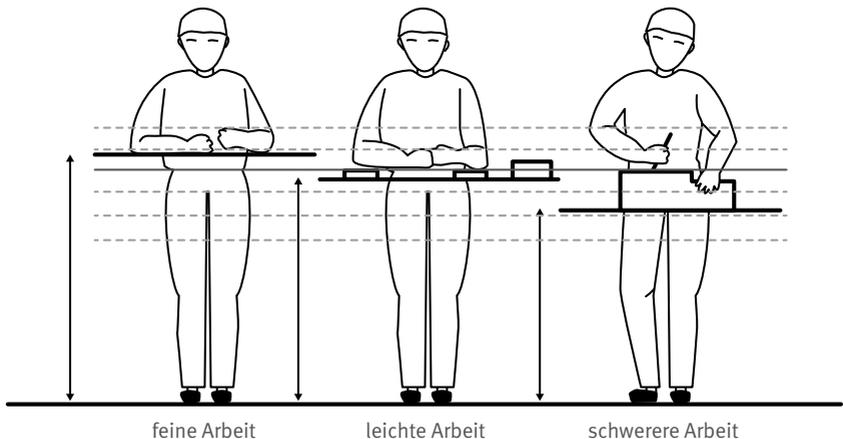


Abbildung 15: Die optimale Arbeitshöhe abhängig von der Arbeitssituation
 (Quelle: Grandjean, E.: *Physiologische Arbeitsgestaltung*, 4. Aufl. Ott, Thun 1991)

Sie wählen Fall A, leichte Tätigkeit, wenn das mittlere Bild von Abbildung 15 zutrifft. Die Ellenbogen sind frei, die visuellen Anforderungen erfordern kein Beugen des Rumpfes und der Kraftaufwand ist gering. Sie wählen Fall B bei schweren Tätigkeiten (rechtes Bild in Abbildung 15). Sie wählen Fall C bei fein koordinierten Tätigkeiten mit hohen visuellen Anforderungen (linkes Bild in Abbildung 15). Die Ellenbogen sind abgestützt, das entlastet die Schultern und ermöglicht präzise Bewegungen mit der Hand, z.B. zum Schreiben.

Zu Frage a)

Die Ausführung von leichten Tätigkeiten (mittleres Bild von Abbildung 15) dürfte im Bereich der Metallbearbeitung am häufigsten anzutreffen sein. Hier ist alles zusammengefasst, was nicht die Handhabung schwerer oder sperriger Gegenstände einschließt und keine hohen visuellen Anforderungen erfordert. Die feste Arbeitshöhe sollte der Ellenbogenhöhe des Beschäftigten entsprechen. Für einen durchschnittlichen Mann ergeben sich damit $h_4(P50) = 110 \text{ cm}$, für eine Frau 106 cm (DIN 33406:1988-07). Um einen gewissen Spielraum für den Hersteller und die jeweilige Arbeitsanforderung zu bekommen, sollte die Arbeitshöhe im Bereich von 95 cm bis 120 cm liegen. Für die Höhe der Arbeitsfläche (Tischhöhe) können ca. 5 cm abgezogen werden. Maschinentische sollten also eine Höhe von 90 cm bis 115 cm aufwei-

sen. Diese genannten Höhenbereiche decken sich mit der Mehrzahl der Höhenempfehlungen aus zahlreichen Normen, Untersuchungen und aus der Literatur. Für Frauen oder Männer mit kleineren Körperhöhen sind gegebenenfalls Plattformen oder Podeste vorzusehen.

Zu Frage b)

Die Arbeitshöhe für Tätigkeiten mit sperrigen Gegenständen benötigt einen größeren Bewegungsraum. Erfordert die Tätigkeit wesentliche Kräfteinsätze mit Beteiligung der Oberkörpermuskulatur, sind niedrige Arbeitshöhen günstig. Der Angriffspunkt sollte ca. 15 cm unter dem Ellenbogen liegen.

Zu Frage c)

Bei feinen Arbeiten ist die Abstützung der Ellenbogen erwünscht, da so die Rumpfmuskulatur etwas entlastet wird. Ebenfalls gehen Genauigkeitsanforderungen oftmals mit hohen visuellen Anforderungen einher, so dass ein geringer Abstand zum Gesichtsfeld der Beschäftigten notwendig ist. Die Arbeitshöhe sollte in diesen Fällen über der Ellenbogenhöhe liegen.

Zu Frage d)

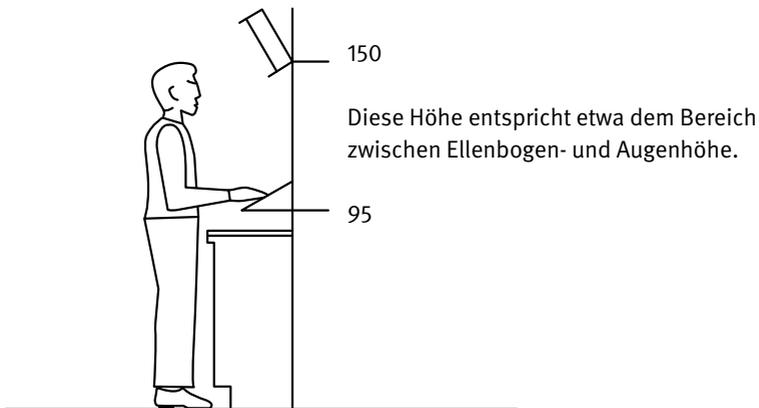


Abbildung 16: Häufiger Zugriff auf Steuergeräte

(Quelle: Lange, W.; Windel, A.; Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: *Kleine ergonomische Datensammlung*, 13. aktualisierte Aufl. TÜV, Köln 2009)

Zu Frage f)

Bedingung: Keine Sicht in das Regal notwendig.
Das Maß entspricht etwa der 1,24-fachen Körperhöhe.

Zu Frage g)

Die Arbeitsplatzumgebung sollte dem Bediener umfangreiche Einstellungsmöglichkeiten bieten. Dadurch können Zwangshaltungen vermieden werden (Empfehlung).

2.2 Beinraummaße

Im Folgenden werden die Mindestmaße unterhalb der Arbeitsfläche bei Steharbeitsplätzen festgelegt.

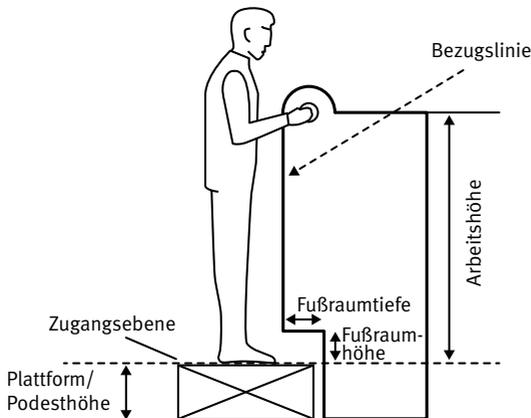


Abbildung 17: Normaler Steharbeitsplatz

Es ist zu unterscheiden, ob es sich um reine Steharbeitsplätze (siehe Abbildung 17) handelt, oder ob sich die Verwendung einer Stehhilfe anbietet. Die Arbeitsbereiche an Bedienkonsolen von CNC Maschinen sollten generell so gestaltet werden, dass hier eine Stehhilfe eingesetzt werden kann. Die betriebliche Praxis zeigt, dass insbesondere an diesen Arbeitsorten eine ruhige, konzentrationsförderliche Atmosphäre geschaffen werden sollte. Falls hier kein Sitzarbeitsplatz möglich ist, bietet eine Stehhilfe eine gute Alternative (siehe Abbildungen 18 und 19).

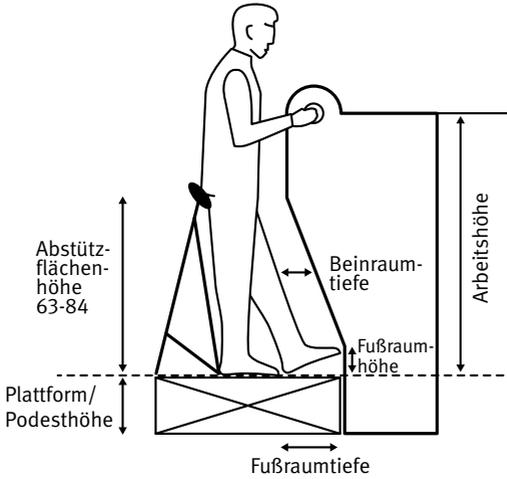


Abbildung 18: Steharbeitsplatz mit Körperunterstützung

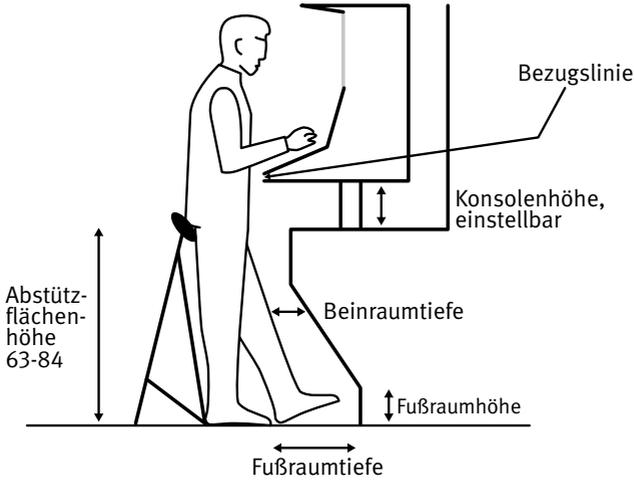


Abbildung 19: Steharbeitsplatz mit Körperunterstützung.

Für die Fußraumtiefe und die Beinraumtiefe muss die äußerste Bezugslinie (hier: Tastatur der Konsole) als Ausgangspunkt senkrecht nach unten projiziert werden.

Zu Fragen a) und b)

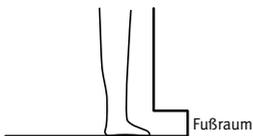


Abbildung 20: Darstellung des Fußraumes

Der Fußraum ist eine Aussparung im Maschinensockel, der es dem Maschinenbediener ermöglicht, in gerader Körperhaltung unmittelbar vor der Maschine zu stehen.

Zu Frage c)

Eine Maßnahme zur Rückhaltung der Kühlschmierstoffe ist aus Umweltschutzaspekten immer notwendig. Falls die Maschinenkonstruktion keine ausreichende Kapselung vorsieht, liegt die Pflicht zur Rückhaltung der Kühlschmierstoffe beim Betreiber. Erfahrungsgemäß schränkt eine Kühlschmierstoffwanne nicht nur die Zugänglichkeit zur Maschine ein, sondern führt auch zu einer Stolperkante.

Zu Frage d)

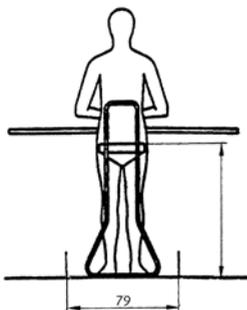


Abbildung 21: Darstellung der Beinraumbreite

(Quelle: Abschnitt 8.1 der DIN EN ISO 14738:2008-12)

Die Mindestbreite von 79 cm wird benötigt, um gefahrlos die Stehhilfe verlassen oder auf ihr Platz nehmen zu können.

2.3 Greifraum und Arbeitsraum

Der Greifraum beschreibt die Bereiche, in denen Gegenstände und Bedienelemente in einer neutralen, aufrecht stehenden Körperhaltung erreicht und betätigt werden können. Der Greifraum wird unterteilt in den Arbeitsraum, den Greifraum und den Tastraum (siehe Abbildung 22).

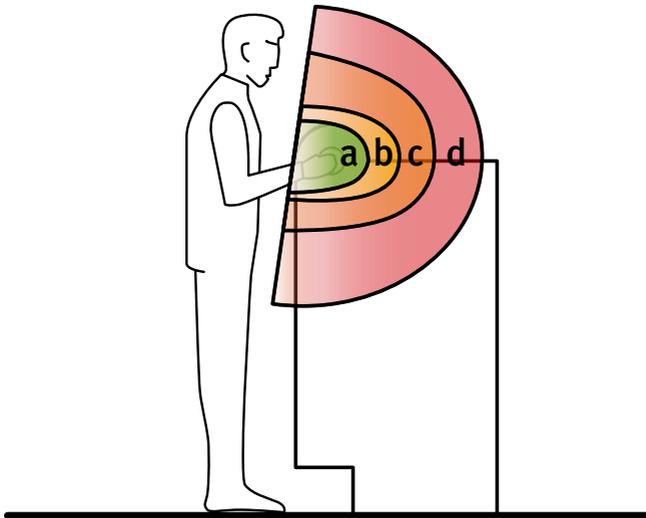


Abbildung 22: Arbeits-, Greif- und Tastraum

Der **Arbeitsraum (a und b)**, auch „bevorzugter Arbeitsbereich“ genannt (DIN EN ISO 14 738:2008-12), entspricht der Distanz Ellbogen-Greifhand.

Der **Greifraum (c)**, auch „maximaler Arbeitsbereich“ genannt (DIN EN ISO 14 738:2008-12), entspricht der Distanz Schulter-Greifhand abzüglich der Bauchtiefe.

Der **Tastraum (d)** entspricht der Distanz Schulter-Zeigefinger abzüglich der Bauchtiefe.

Intensität der Maschinennutzung	Bewegungsfrequenz		
	statische Haltung	> 2/min	< 2/min
häufig	a	a, b	a, b, c, d
gelegentlich	a, b, c, d	a, b, c, d	a, b, c, c+15, d, d+15
selten	a, b, c, d	a, b, c, d	keine Einschränkungen, die Festlegung auf einen Arbeits-, Greif- oder Tastraum ist nicht notwendig

Abbildung 23: Arbeits-, Greif- und Tasträume sind abhängig von der Intensität der Maschinennutzung und der Bewegungsfrequenz

- a** Bevorzugter Arbeitsraum für präzise/fine Tätigkeiten bei statischen Haltungen und hoher Bewegungsfrequenz. Arbeitsbereichstiefe maximal 20 cm [17 cm].
- b** Bevorzugter Arbeitsraum, wenn die Bewegung durch die Arme unterstützt werden soll. In diesem Bereich können Kräfte in allen Bewegungsrichtungen aufgebracht werden. Hier sollen sich die Stellteile und Betriebsmittel/Werkzeuge befinden, die häufig betätigt/benötigt werden.
Geeignet für manuelle Tätigkeiten, z.B. den Grat an Werkstücken mit einer Feile entfernen. Arbeitsbereichstiefe maximal 32 cm [29 cm].
- c** Maximaler Greifraum. Tiefe maximal 43 cm [38 cm].
c+15: Bei gelegentlichen Greifbewegungen und niedriger Bewegungsfrequenz können die Maße um 15 cm erweitert werden, da die gelegentliche Einbeziehung von Rumpf und Schultern in die Bewegung möglich ist.
- d** Maximaler Tastraum für Kontaktgriff und Zufassungsgriff. Tiefe mit gestrecktem Zeigefinger maximal 55 cm [50 cm].
d+15: Bei gelegentlichen Tastbewegungen und niedriger Bewegungsfrequenz können die Maße um 15 cm erweitert werden, da die gelegentliche Einbeziehung von Rumpf und Schultern in die Bewegung möglich ist.

Abbildung 23 zeigt die bevorzugten Arbeits-, Greif- und Tasträume in Abhängigkeit von der Intensität der Maschinennutzung und der Höhe der Bewegungsfrequenz.

Wie in Abschnitt 2 (Arbeitsplatzmaße) bereits erwähnt, beruhen die Annahmen der Reichweitenmaße in dieser Liste auf einer fiktiven Benutzerpopulation. Es wird das 5. Perzentil (P(5)) zugrunde gelegt. Angaben für die europäische Gesamtbevölkerung, ebenfalls P(5), wurden in dieser Information sowie in der Checkliste (siehe BGI/GUV-I 5048-1) in eckige Klammern [] gesetzt.

Grundsätzlich sollte der Maschinenhersteller bemüht sein, die Reichweitenmaße der europäischen Gesamtbevölkerung einzuhalten.

Bei stehender Arbeitshaltung spielt die Breite des Greifraumes keine Rolle, solange er ohne Hindernisse direkt erreichbar ist. Als Hindernisse sind hier z.B. Halbzeug- und Werkzeugpulte, Gitterboxen oder Späneförderer zu nennen.

Zu Frage a)

Bevorzugter Arbeitsbereich ohne Armunterstützung. Entspricht dem Arbeitsraum **a** aus Abbildung 22. Geeignet für fein koordinierte Tätigkeiten, z.B. Kontrolle einer Passung.

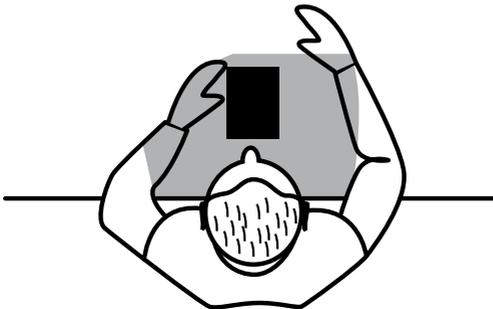


Abbildung 24: Bevorzugter Arbeitsbereich für fein koordinierte Tätigkeiten

Zu Frage b)

Bevorzugter Arbeitsbereich, wenn die Bewegung durch die Arme unterstützt werden soll. Entspricht dem Arbeitsraum **b** aus Abbildung 22. In diesem Bereich können Kräfte in allen Bewegungsrichtungen aufgebracht werden. Hier sollen sich die Stellteile und Betriebsmittel/Werkzeuge befinden, die häufig betätigt/benötigt werden. Geeignet für manuelle Tätigkeiten, z.B. den Grat an Werkstücken mit einer Feile entfernen.



Abbildung 25: Bevorzugter Arbeitsbereich, wenn die Bewegung durch die Arme unterstützt werden soll

Zu Frage c)

Die maximale Arbeitsbereichstiefe ist durch den Abstand vom Körper bis zur Handmitte begrenzt. Entspricht dem Greifraum **c** aus Abbildung 22.

Zu Frage d)

Entspricht der Reichweite des Arms mit gestrecktem Zeigefinger. Entspricht dem Tastraum **d** aus Abbildung 22.

Zu Frage e)

Das Maß entspricht der maximalen Greifreichweite des Arms **zur Seite** (siehe Abbildung 26).

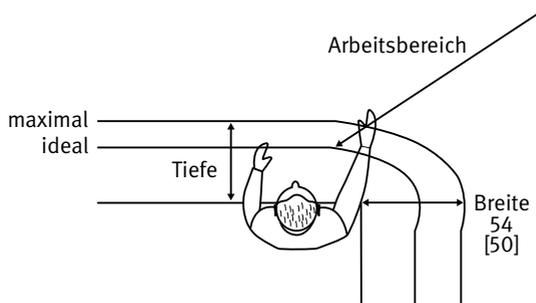


Abbildung 26: Maximale Greifreichweite des Arms zur Seite, wenn wie dargestellt, der frontale Zugang durch ein Hindernis nicht möglich ist
(Quelle: Grandjean, E.: *Physiologische Arbeitsgestaltung*, 4. Aufl. Ott, Thun 1991)

Nur für seltene Eingriffe zulässig, da bei häufiger Benutzung ausschließlich der bevorzugte Arbeitsbereich (zwischen den Armen 60° , siehe auch Abbildung 27) genutzt werden soll.

Zu Frage f)

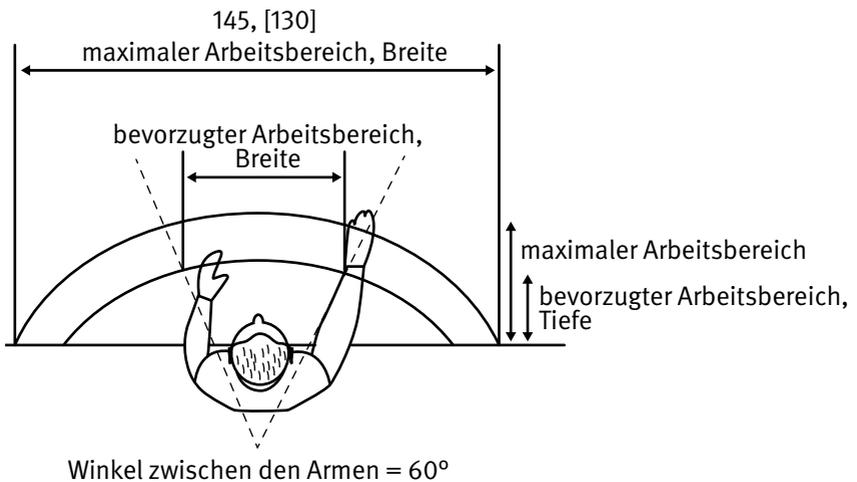


Abbildung 27: Greifraum im Stehen mit Stehhilfe oder im Sitzen

(Quelle: Grandjean, E.: Physiologische Arbeitsgestaltung, 4. Aufl. Ott, Thun 1991)

Durch die Benutzung einer Stehhilfe ist der Bediener ortsgebunden. Der hier benannte maximale Arbeitsbereich entspricht der Armreichweite des Bedieners, ohne auf die Stehhilfe zu verzichten. Es dürfen natürlich Tätigkeiten außerhalb dieses Bereiches ausgeübt werden, wenn es akzeptabel ist, hierfür die Stehhilfe zu verlassen.

Beispiel: Während der Programmierung einer CNC-Steuerung muss die Taste zum Start eines Programmzyklus innerhalb des Arbeitsbereiches liegen, falls die Betätigung dieser Funktion während der Programmierung häufiger erforderlich ist. Dagegen ist es akzeptabel, wenn der Bediener die Stehhilfe verlassen muss, um nach Abschluss der Programmierung die Schutzrichtung zu schließen, und die Maschine startet.

2.4 Sehraum

Mit Sehraum wird hier der horizontale und vertikale Arbeits- und Beobachtungsbereich bezeichnet (siehe Abbildung 28). Als Bereichsgrenze dient der Erfassungsbereich von Augen-, Kopf- und Körperbewegung. Die normative Grundlage bietet DIN EN ISO 14738:2008-12. Die Angaben in der Norm beziehen sich auf sitzende Tätigkeiten. Da die Checkliste „Ergonomische Maschinengestaltung“ größtenteils stehende Tätigkeiten betrachtet, werden die Erfassungsbereiche für „seltene Beobachtungen“ nicht berücksichtigt, da Steharbeitsplätze in diesem Fall generell eine „Rundumsicht“ erlauben. Die Winkelvorgaben sollten auch „flexibel“ gehandhabt werden, da andere Normen, z.B. DIN EN 894-2:2009-02 „Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen“ etwas andere Grenzen vorgeben. Das Blickfeld wird festgelegt für:

- A) häufige Tätigkeiten (> 2 h/Tag) und
- B) gelegentliche Tätigkeiten (< 2 h/Tag)

Blick- und Gesichtsfeld

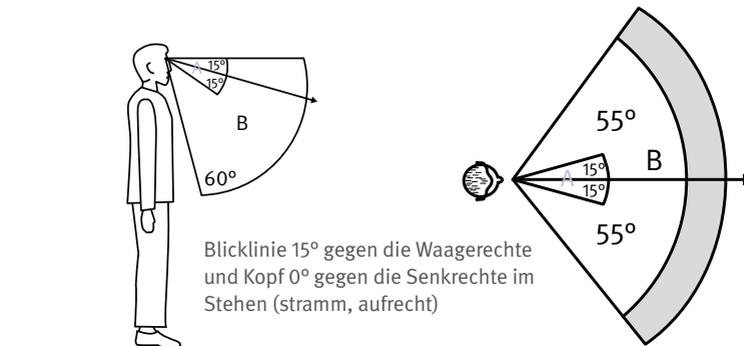


Abbildung 28: Zulässiger Sehraum ohne (A) und mit (B) Kopfbewegung

Zu Frage a)

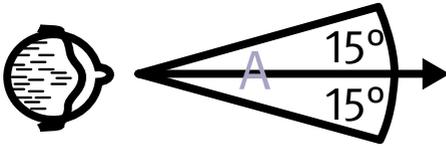


Abbildung 29: Der horizontale Sehraumwinkel von 30° bedeutet: 15° nach links und 15° nach rechts

Zu Frage b)

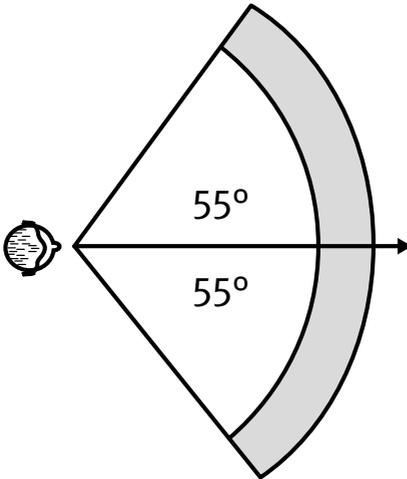


Abbildung 30: Der horizontale Sehraumwinkel mit 110° Gesamtwinkel = 55° pro Seite



Abbildung 31: Ungünstige Anordnung des Bedienpultes

Der Bearbeitungsraum dieses Automaten kann nur durch extreme Verdrehung des Kopfes eingesehen werden. Positiv seien hier die Höhe der Konsole sowie die seitlichen Griffe zur Verbesserung der Handhabung genannt.

Zu Frage c)

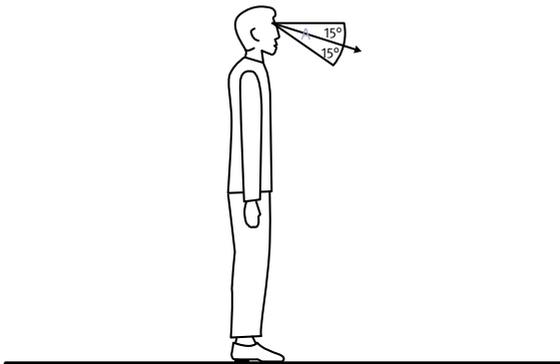


Abbildung 32: Der vertikale Sehraumwinkel von 30° bedeutet: 15° über und 15° unter der Sehlinie

Zu Frage d)

Bevorzugter Beobachtungsbereich für gelegentliche Tätigkeiten. Der Beobachtungsbereich soll ohne starke Kopfbewegung und ohne Körperbewegung eingesehen werden können.

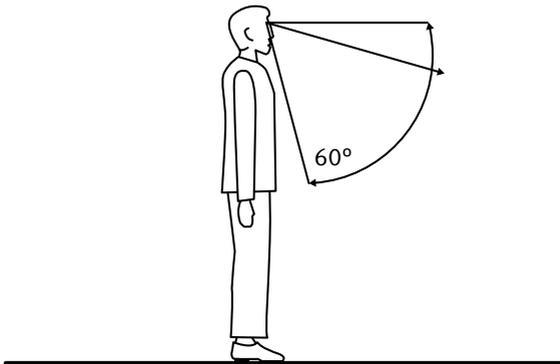


Abbildung 33: Der vertikale Sehraumwinkel von 60° aus der Waagerechten nach unten

Zu Frage e)

Der Bediener sollte seinen Arbeitsplatz an seine Körpergröße anpassen können. Bei der Arbeitshöhe (Maschinenhöhe) stehen hier häufig konstruktive Gründe im Weg, bei schwenkarmgetragenen Bedienkonsolen dürfte eine optimale Anpassung keine Probleme bereiten. Derartige Schnittstellen bieten sich zur Nutzung zumindest einer Stehhilfe an, um den hohen Anteil stehender Arbeit zu reduzieren. Insbesondere hier ist eine Höhenanpassung zur Vermeidung von (statischen) Fehlhaltungen sinnvoll.

2.5 Vermeidung von extremen Körperhaltungen

Die Körperhaltung am Arbeitsplatz wird beeinflusst durch die Wahl der Körperstellung (hier im Allgemeinen Stehen), die Maschinenabmessungen aber auch durch die Sichtverhältnisse, die Stellaufgaben und die Stabilitätsanforderungen (die Notwendigkeit, den Körper abzustützen).

Falls sich in den Fragen der Abschnitte 2 bis 2.4 gezeigt hat, dass die Maschinenkonstruktion den ergonomischen Vorgaben entspricht, sollten keine extremen Körperhaltungen bei der (normalen) Benutzung der Maschine eingenommen werden müssen. Für einige Tätigkeiten lässt sich der Arbeitsbereich allerdings nur schwer lokalisieren, so dass die Betrachtung der Körperhaltung durchaus sinnvoll ist.

Extreme Körperhaltungen können z.B. bei Justier- und Einstellarbeiten, bei Reparatur, Wartung oder Reinigung eingenommen werden. Es ist unrealistisch zu glauben, alle Arbeitsschritte könnten in normaler, gerader Körperhaltung ausgeführt werden. Allerdings sollte die Anzahl dieser extremen Körperhaltungen so niedrig wie möglich sein. Dieses Ziel kann durch gute Zugänglichkeit, gute Handhabung (z.B. Schnappverschluss statt Schraubverschluss), durch geeignete Kennzeichnung und Beschriftung erreicht werden, aber auch durch Hilfsmittel, die den Wechsel von Werkzeugen oder die Wartung vereinfachen.

Das Ziel dieser Maßnahmen ist nicht das Beseitigen von nicht-neutralen Körperhaltungen, sondern die Reduzierung der Expositionszeit (siehe Abbildungen 34 und 35).

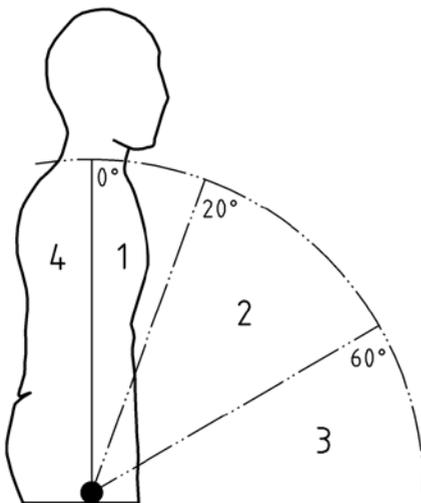


Abbildung 34: Zonen der Oberkörperneigung
(Quelle: Bild 3 der DIN EN 1005-4:2009-01)

Intensität der Maschinennutzung	Bewegungsfrequenz		
	statische Haltung	> 2/min	< 2/min
häufig	1; 2 und 4 nur mit Rumpfunterstützung	1	1; 4 nur mit Rumpfunterstützung
gelegentlich	1, 2; 4 nur mit Rumpfunterstützung	1	1, 2, 4
selten	1, 2; 4 nur mit Rumpfunterstützung	1	1, 2, 3, 4

Abbildung 35: Zulässige Bewegungsfrequenz für Oberkörperneigungen nach Abbildung 34 (1=Zone 1, usw.)

Zu Frage a)

Bei aufrechter Körperhaltung (Zone 1) sind alle Tätigkeitskombinationen zulässig.

Zu Frage b)

Rumpfneigungen bis 60° nach vorn (Zone2) nur gelegentlich oder selten oder bei statischer Haltungen mit Rumpfunterstützung

Zu Frage c)

Extreme Rumpfneigungen nach vorn > 60° (Zone 3) nur selten mit niedriger Bewegungsfrequenz

Zu Frage d)

Rückwärtige Rumpfneigung siehe Zone 4

Zu Frage e)

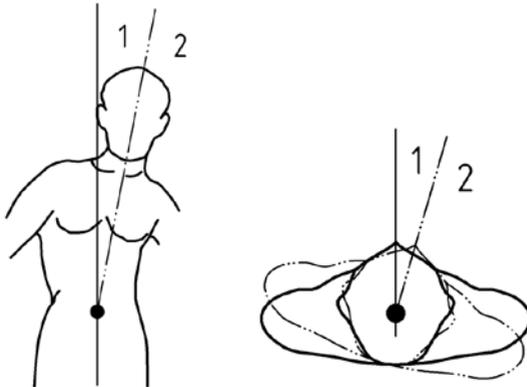


Abbildung 36: Zonen der Oberkörperdrehung und Seitneigung
(Quelle: Bild 4 und 5 der DIN EN 1005-4:2009-01)

Intensität der Maschinennutzung	Bewegungsfrequenz		
	statische Haltung	> 2/min	< 2/min
häufig	1	1	1
gelegentlich	1	1	1, 2
selten	1	1	1, 2

Abbildung 37: Zulässige Bewegungsfrequenz für Körperhaltungen nach Abbildung 36

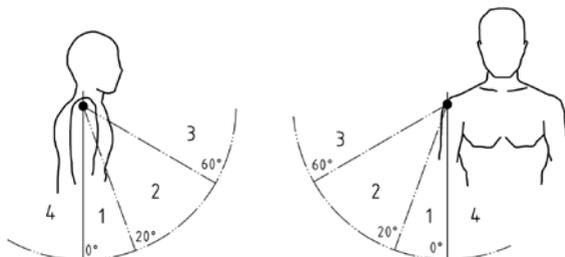


Abbildung 38: Zonen der Armhaltung
(Quelle: Bild 6 der DIN EN 1005-4:2009-01)

Zu den Fragen f) und g)

Intensität der Maschinennutzung	Bewegungsfrequenz		
	statische Haltung	> 2/min	< 2/min
häufig	1; 2 nur mit Armunterstützung	1; 2 bei Frequenzen <10/min	1, 2
gelegentlich	1, 2	1, 2	1, 2, 3, 4
selten	1, 2	1, 2	1, 2, 3, 4

Abbildung 39: Zulässige Bewegungsfrequenz für Armhaltungen nach Abbildung 38

- Zone 1** Bevorzugte Armhaltung, keine Einschränkung
- Zone 2** Einschränkung nur bei häufiger Maschinennutzung. Bei statischen Haltungen ist Armunterstützung erforderlich, keine Bewegungsfrequenz > 10/min.
- Zone 3** Extremes Anheben des Oberarms, z.B. bei Überkopfarbeit, nur bei gelegentlicher Nutzung der Maschine und bei niedrigen Bewegungsfrequenzen.
- Zone 4** Nach hinten greifen oder zum Körper hin greifen nur bei gelegentlicher Nutzung der Maschine und bei niedrigen Bewegungsfrequenzen.

Zu Frage h)

Eine ausreichende Bewegungsmöglichkeit lässt sich im Allgemeinen nur am Aufstellungsort feststellen. Hier sollen nur Mängel aufgezeigt werden, die den Bediener auf Grund der Maschinenkonstruktion schon einengen oder zu Zwangshaltungen führen.

In der Handlungsanleitung zur Beurteilung von Arbeitsbedingungen zur „Bewegungsergonomischen Gestaltung von andauernder Steharbeit“, LV50 des Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik – LASI, heißt es:

„Arbeitsstätten sind so zu dimensionieren, dass von Ihnen keine Gefährdungen für die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten ausgehen können. Arbeitsräume müssen, um darin ohne Beeinträchtigung von Sicherheit, Gesundheit oder Wohlbefinden der Beschäftigten arbeiten zu können, ausreichend groß sein. An jedem Arbeitsplatz sind unverstellte Bewegungsfreiräume bzw. Bewegungsflächen erforderlich, die wechselnde Arbeitshaltungen und Ausgleichsbewegungen ermöglichen.“

Weiter heißt es:

„Soweit sich andauernde Steharbeit über mehr als 4 Stunden nicht vermeiden lässt, müssen die Fußböden an den Steharbeitsplätzen ausreichend wärmegeklämt und mit elastischem Bodenbelag ausgestattet sein.“

2.6 Kombinierte Sitz-/Steharbeitsplätze

Eine Kombination aus stehender und sitzender Körperhaltung am Arbeitsplatz stellt eine optimale Lösung zur Vermeidung gesundheitlicher Probleme dar. Idealerweise bietet die Arbeitsfläche eine ausreichend große Höhenverstellung, damit in beiden Arbeitshaltungen eine natürliche Steh- und Sitzposition eingenommen werden kann. Diese Möglichkeit wird sich bei den Metallbearbeitungsmaschinen selten bieten, so dass hier im Allgemeinen eine erhöhte Sitzposition eingenommen werden muss (siehe Abbildung 40).



Abbildung 40: Beispiel für einen Arbeitsplatz mit erhöhter Sitzposition
(Quelle: Bild 3 der DIN EN ISO 14738:2008-12)

Dazu muss ein höhenverstellbarer Stuhl benutzt werden, der mit einer gut gestalteten Ganzfußauflage und einer Aufstiegshilfe versehen ist. Der Wechsel der Körperhaltungen macht einen großen Freiraum im Bereich des Sitzes nötig. Besonders der Beinraum benötigt Zuschläge in der Tiefe und Breite, damit ein gefahrloses Errei-

chen und Verlassen des Arbeitsplatzes sichergestellt werden kann. Damit ein ungehindertes Stehen vor der Maschine möglich ist, muss ein ausreichend großer Raum für den unbenutzten Stuhl vorgesehen sein.

Die Abmessungen eines kombinierten Sitz-/Steharbeitsplatzes (siehe Abbildung 41) orientieren sich an den Maßen eines Steharbeitsplatzes (siehe Abschnitt 2.1).

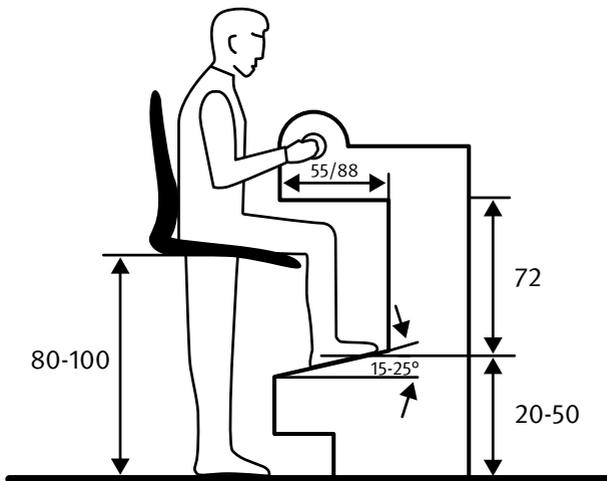


Abbildung 41: Orientierende Maße eines kombinierten Arbeitsplatzes mit erhöhtem Sitz
(Quelle: Grandjean, E.: *Physiologische Arbeitsgestaltung*, 4. Aufl. Ott, Thun 1991, Abbildung 39)

Zu Frage a)

Diese Arbeitshöhe entspricht einer Tätigkeit mit durchschnittlichen visuellen und körperlichen Anforderungen. Die Arbeitshöhe sollte daher im Bereich zwischen 90 cm und 120 cm liegen. Für Tätigkeiten mit hohen visuellen Anforderungen kann auch eine höhere Arbeitshöhe gewählt werden. Dann wird es allerdings schwierig, auf dem Stuhl Platz zu nehmen oder den Sitz zu verlassen. Auch steigt der Platzbedarf bei einem größeren Stuhl und die Standsicherheit reduziert sich.

Zu Fragen b) bis f)

Siehe Abbildung 41.

2.7 Sitzarbeitsplätze

In Abschnitt 2 „Arbeitsplatzmaße“ wurde bereits festgestellt, dass das **Stehen** im Bereich der Metallbearbeitungsmaschinen als „Standardarbeitshaltung“ angesehen werden kann. Für sitzende Tätigkeiten können die Anforderungen an den Greifraum und den Sehraum den Abschnitten 2.3 und 2.4 entnommen werden. Die Abmessungen für den Beinraum können dem Abschnitt 2.6 entnommen werden.

Die Anforderungen an die Gestaltung eines Sitzarbeitsplatzes entsprechen dem Normenstandard DIN EN ISO 14738:2008-12. Die in der Checkliste für das Sitzen angegebenen Maße beziehen sich auf die gesamte europäische Arbeitsbevölkerung.

Zusätzliche Gestaltungshinweise für ergonomische Verbesserungen finden sich in der BG-Information „Ergonomie am Näharbeitsplatz – Ratgeber für die Praxis“ (BGI 804-2) (siehe Abbildung 42).



Abbildung 42: Eine Zusammenstellung ergonomischer Kenntnisse (Charakterisierend für Näharbeitsplätze sind Tätigkeiten mit hohen visuellen Anforderungen kombi-

niert mit fein koordinierter, wiederholender [repetitiver] Tätigkeit.)

Zu Frage a)

Kontinuierlich angehobene Oberarme führen zu dauernden Anspannungen der Schultern und damit zu Beschwerden des Schulter-Nacken-Bereiches. In der Abbildung könnte eine einstellbare Armauflage eine Entlastung bieten. Werden derartige Tätigkeiten von einer Person nur gelegentlich oder kurzzeitig durchgeführt, kann das Risiko als akzeptabel betrachtet werden.

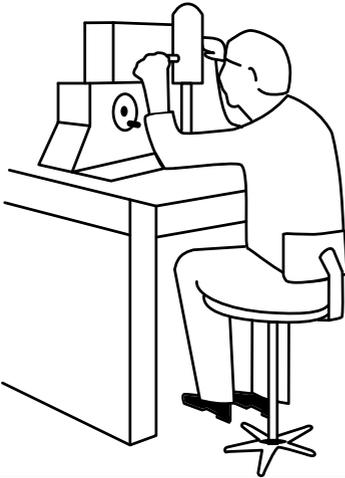


Abbildung 43: Verbesserungswürdiger Sitzarbeitsplatz
(Quelle: Grandjean, E.: *Physiologische Arbeitsgestaltung*, 4. Aufl. Ott, Thun 1991)

Zu Frage i, j und k)

Siehe Abbildungen 22 und 23.

3 Sitze

Erweitert wurde im Rahmen der Novellierung der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG die Notwendigkeit zur Bereitstellung eines Sitzes. Dieses gilt für mobile als auch für ortsfeste Maschinen, soweit es angezeigt ist. Neben der Anpassbarkeit auf den Bediener muss der Sitz wie auch die gesamte Maschine einen ausreichenden Bewegungsfreiraum sicherstellen.

Zu Frage b)

Zur Orientierung können die Abmessungen aus DIN EN 1335-1 : 2002-08, „Büromöbel, Büro-Arbeitsstuhl, Teil 1: Maße – Bestimmung der Maße“ herangezogen werden.

- Die Sitzhöhe soll mindestens in einem Bereich von 42 bis 48 cm verstellbar sein, ebenso die Rückenlehne in einem Bereich von 17 bis 22 cm, gemessen zwischen dem Abstützpunkt der Rückenlehne und dem Sitz.
- Sitztiefe: 40 bis 42 cm
- Sitzbreite: mindestens 40 cm

Zu Frage d)

Dynamisches Sitzen wirkt Verspannungen entgegen und fördert die Durchblutung. Diese Maßnahme ist für Sitzarbeitsplätze mit einem Anteil von über 50 % Sitzen sinnvoll. Wirksamer ist ein gelegentliches Aufstehen und Gehen zu einem anderen Arbeitsplatz, um dem Körper einen Bewegungswechsel zu bieten. Idealerweise beträgt der Anteil jeweils etwa 25 %.



Abbildung 44: Dynamisches Sitzen (Quelle: Grahl GmbH 1999)
(Quelle: Grahl GmbH 1999)

4 Physische Belastung, Arbeitsschwere

Der Umgang mit Metallbearbeitungsmaschinen erfordert im Allgemeinen den Einsatz von körperlicher Kraft, was sich in einer körperlichen Belastung des Menschen niederschlägt. Die Belastungsfaktoren können sehr vielfältig sein. Im Folgenden sollen die Quellen der Belastungen durch Kraftausübung in zwei Bereiche unterteilt werden:

- Manuelle Handhabung von Gegenständen, siehe Abschnitte 4.1 und 4.2,
- Kräfteinsatz bei Maschinenbetätigung, siehe Abschnitt 4.3.

Das Verfahren der Belastungsermittlung nach der Checkliste ist in einem Flussdiagramm dargestellt (siehe Abbildung 45).

Eine weitere Belastungsform ergibt sich durch die Häufigkeit und Geschwindigkeit der Arbeit:

- Kurzzyklischen Tätigkeiten bei hohen Handhabungsfrequenzen, siehe 4.5.

Hinweise zur Gefährdungsbeurteilung bei Belastungen des Muskel- und Skelettsystems werden auch in den „Auswahlkriterien für die spezielle arbeitsmedizinische Vorsorge nach den Berufsgenossenschaftlichen Grundsätzen für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen: Belastungen des Muskel- und Skelettsystems“ (BGI/GUV-I 504-46) gegeben.

Unter den Abschnitt 4.1 „Manuelle Handhabung von Gegenständen“ fallen alle Hebe- und Tragevorgänge, die im Umgang mit der Maschine notwendig sind. Charakteristisch für Hebe- und Tragevorgänge ist, dass Gegenstände (z.B. Werkstück, Werkzeug) durch die Körperkraft des Menschen frei bewegt werden können. Die Gegenstände werden aufgenommen, anschließend werden sie vom Menschen gehalten/bewegt und schließlich wieder abgelegt. Als besondere Ausprägung des Hebens oder Tragens von Lasten sind auch untrennbar damit zusammenhängende Lasthandhabungen wie das Um- oder Absetzen, Halten, Ziehen oder Schieben schwerer Lasten zu berücksichtigen.

Ist die Handhabung von Gegenständen ein zentraler Bestandteil der Tätigkeit und wird sie häufig (mehr als zwei Stunden pro Tag) ausgeführt, empfiehlt sich die Kontrolle der Belastung des Bedieners mithilfe der Grobanalyse nach Abschnitt 4.2. Zeigt die Grobanalyse an, dass mindestens ein Lastfall erfüllt ist, so liegt kein ergonomischer Mangel vor.

Ein Lastfall ist erfüllt, wenn alle Fragen in mindestens einem der Abschnitte 4.2.1 bis 4.2.4 mit „Ja“ beantwortet werden können.

Abschnitt 4.3 „Aktionskräfte bei Maschinenbetätigung“ behandelt die Kräfte, die zur Bedienung der mit der Maschine verbundenen Teile (z.B. Schutztüren) aufgebracht werden müssen. Ausschlaggebender Parameter ist die Kraft und die Richtung, in der die Kraft ausgeübt wird. Zur Veranschaulichung der Vorgehensweise sind die Fragen a) bis d) als Beispiele ausgeführt, wobei Beispiel a) im folgenden Abschnitt 4.3 Schritt für Schritt erläutert wird.

Abschnitt 4.4 behandelt die Ausführung und Positionierung von Griffen.

Die Kräfte und Momente bei der Betätigung von Stellteilen werden in Abschnitt 5.2 behandelt.

Abschnitt 4.5 prüft entsprechend der Grobanalyse nach DIN EN 1005-5, Verfahren 1, ob die Merkmale einer kurzzyklischen Tätigkeit vorliegen (nach DIN EN 1005-5) und mindestens 1 Stunde ununterbrochen ausgeführt werden (nach BGI/GUV-I 504-46). Wird mindestens eine der Fragen mit „Nein“ beantwortet, sollte eine detaillierte Risikobewertung nach Verfahren 2 durchgeführt werden. Als Verfahren können RULA oder vorzugsweise OCRA zur Anwendung kommen. Hinweise und Anleitungen zu den Verfahren finden sich unter:

<http://www.dguv.de/ifa/de/pub/rep/pdf/rep07/biar0207/ocra1.pdf>

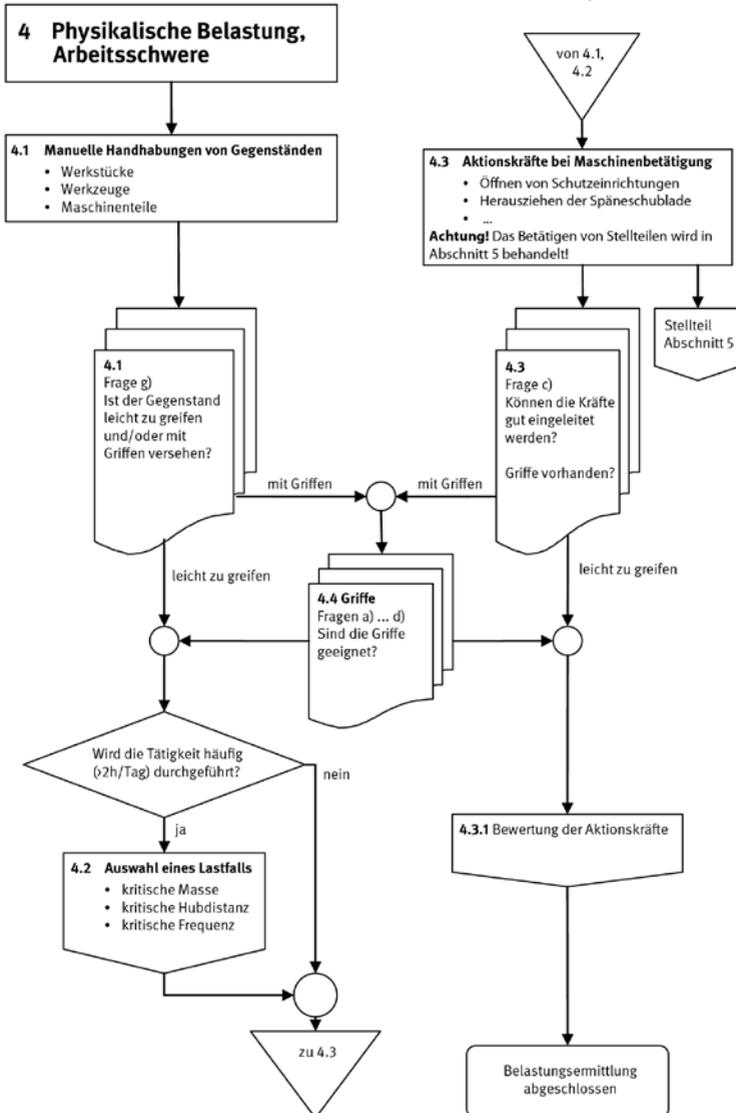


Abbildung 45: Verfahren der Belastungsermittlung in Abschnitt 4 der Checkliste

4.1 Manuelle Handhabung von Gegenständen

Die manuelle Handhabung von Gegenständen dient als ein Kriterium zur Abschätzung der physischen Beanspruchung des Menschen. Neben der Muskulatur, die abhängig von der Höhe der Beanspruchung ermüden kann, wird auch das Skelettsystem belastet. Dabei kann die Belastung des Rückens so hoch werden, dass krankhafte Folgeerscheinungen auftreten können.

Zur Ermittlung der Belastungsgrenze ist es notwendig, neben dem Lastgewicht auch die Dauer und Häufigkeit der Lastenhandhabung und die Ausführungsbedingungen zu kennen. Ebenfalls benötigt man genaue Kenntnisse über die Verwendung und den Arbeitstakt der Maschine.

Das Verfahren zur Beurteilung der manuellen Handhabung von Gegenständen nach der Checkliste ist in einem Flussdiagramm dargestellt (siehe Abbildung 47).

Zu Frage a)

Die hier genannten Richtwerte für das Heben und Tragen von Lasten orientieren sich an den Lastgewichtswerten des Merkblatts für die ärztliche Untersuchung zur BK 2108.

Tätigkeit	Frauen	Männer
Beidhändiges Heben	10 kg	20 kg
Einhändiges Heben	5 kg	10 kg
Beidhändiges Umsetzen	20 kg	30 kg
Einhändiges Umsetzen	5 kg	10 kg
Beidseitiges Tragen neben dem Körper, auf den Schultern oder auf dem Rücken	20 kg	30 kg
Tragen vor oder einseitig neben dem Körper	15 kg	25 kg
Ziehen	250 N	350 N
Schieben	300 N	450 N

Abbildung 46: Richtwerte für Lastgewichte bei regelmäßigem Heben, Umsetzen und Tragen
(Quelle: BMAS, Merkblatt für die ärztliche Untersuchung zur BK 2108, 2006)

Für die Checkliste wird ein maximales Lastgewicht von 20 kg [Frauen: 10 kg] angenommen.

Dabei werden eine aufrechte Körperhaltung und gute Ausführungsbedingungen, also keine einhändigen Lastenhandhabung, vorausgesetzt. Das BK-Merkblatt weist entsprechende Handhabungen als beidhändiges Umsetzen, Tragen neben oder vor dem Körper aus und gibt Lasten von 25-30 kg [Frauen 15-20 kg] an.

Die gewählten Werte für die Lastgewichte (Männer 20 kg, Frauen 10 kg) ergeben sich aus folgenden Gesichtspunkten:

- Richtwerte für die Prävention sollten niedriger sein als „schwere Lasten“ im Sinne der Berufskrankheiten-Verordnung (BKV).
- Die Unsicherheit, zwischen einem Umsetzen und einem Heben zu unterscheiden bzw. beim Heben einen aufrechten Oberkörper (nach DIN EN 1005-4 eine Rumpfneigung zwischen 0° und 20° nach vorn) abzuschätzen.
- Die Begrenzung der Bezugsmasse bei der Handhabung von Lasten für den beruflichen Gebrauch auf 25 kg nach DIN EN 1005-2 und auf 23 kg nach NIOSH.

Der Begriff „regelmäßig“ sollte vom Anwender der Checkliste im Sinne von „absehbar“ verstanden werden. Es sollten Handhabungsfrequenzen von bis zu einer Handlung in 30 Minuten für Frage a) berücksichtigt werden. Ist die Handhabungsfrequenz größer und wird die Tätigkeit häufig (> 2h/Tag) ausgeführt, so ist neben Frage a) auch das detaillierte Verfahren nach Abschnitt 4.2 anzuwenden.

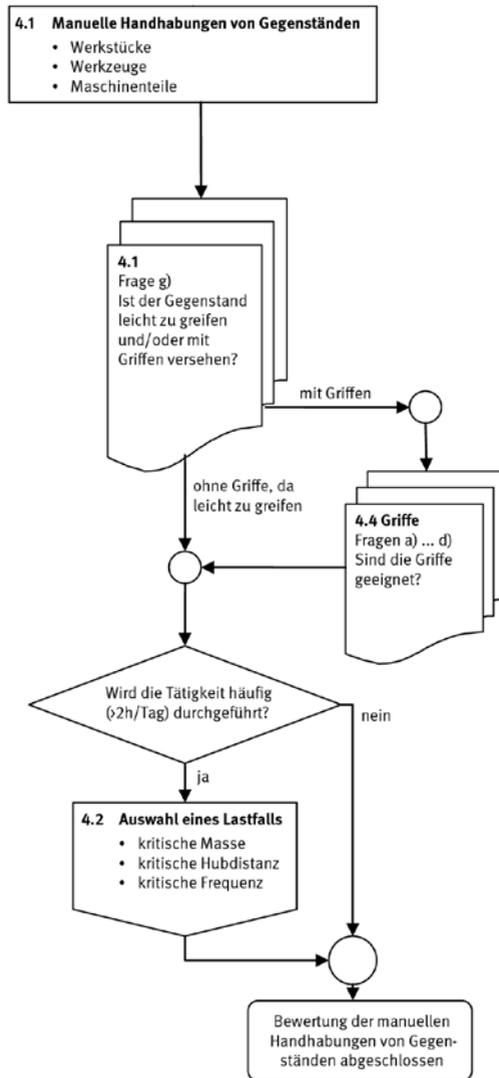


Abbildung 47: Verfahren zur Beurteilung der manuellen Handhabung von Gegenständen

Zu Frage g)

Falls ein Gegenstand nicht griffig ist, sollte er mit Griffen versehen werden. Hier ist im Einzelfall eine Risikoabschätzung unter den Aspekten Gewicht, Griffigkeit, Körperhaltung, Dauer der Maschinenbenutzung und Handhabungsfrequenz durchzuführen.

Zu Frage h)

Eine aufrechte, neutrale Körperhaltung entsprechend Abschnitt 2.5 ist einzuhalten, insbesondere in Kombination mit Lastenhandhabung.

4.2 Auswahl eines Lastfalls

Im Folgenden wird das Verfahren 1 aus DIN EN 1005-2:2009, Abschnitt 4.3.3.1 „Grobanalyse anhand kritischer Lastfälle“ durchgeführt (siehe Abbildung 48).

Um dieses Verfahren überschaubar zu halten, werden folgende Festlegungen getroffen:

- Die gewählte Massekonstante beträgt 25 kg. Dieser Wert entspricht dem 15. Kraftperzentil für Männer und Frauen.
- Für alle vier Lastfälle muss eine körpernahe Lasthandhabung bei aufrechtem Oberkörper sichergestellt werden.

Um die Anforderungen der Grobanalyse aus Abschnitt 4.3.3.1 der DIN EN 1005-2:2009, zu erfüllen, müssen die Anforderungen aus Abschnitt 4.1 und ein Lastfall aus Abschnitt 4.2 erfüllt sein.

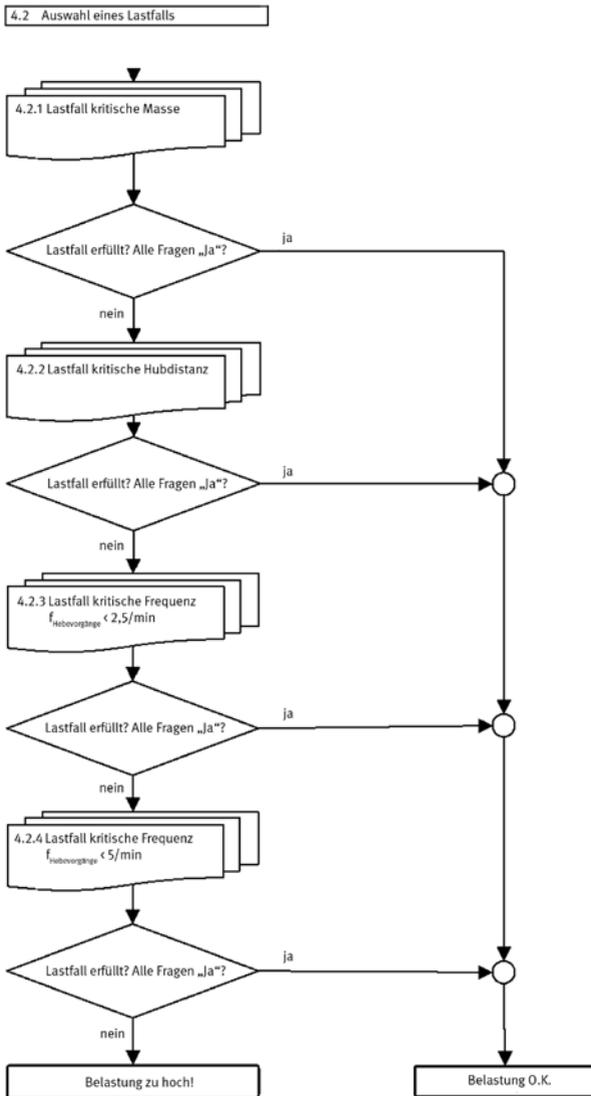


Abbildung 48: Grobanalyse anhand kritischer Lastfälle (Verfahren 1 aus DIN EN 1005-2)

Sollten die festgelegten Voraussetzungen oder Belastungsfälle bei dieser Grobana-lyse nicht vorliegen, kann die Anwendung der Verfahren 2 und 3 aus DIN EN 1005-2:2009 in Betracht gezogen werden. Diese Verfahren sind auf Grund ihrer Komplexi-tät in dieser Checkliste nicht behandelt. Ebenfalls kann geprüft werden, ob die Benutzergruppe richtig ausgewählt wurde. Eine engere Benutzergruppe aus höher belastbaren Personen kann zur Auswahl einer größeren Massenkongstante MC füh-ren. Damit würde das Verfahren 1 zu höheren handhabbaren Lasten führen.

4.2.1 Lastfall kritische Masse

Zu Frage b)

Das Heben zwischen Hüft- und Schulterhöhe erfolgt aus den gebeugten Armen mit aufrechtem Oberkörper.

4.2.2 Lastfall kritische Hubdistanz

Zu Frage b)

Das Heben zwischen Knie- und Schulterhöhe erfolgt aus den gebeugten Knien mit aufrechtem Oberkörper. Dazu muss ein ausreichender Freiraum zur Verfügung stehen.

4.3 Aktionskräfte bei Maschinenbetätigung

Der Betrieb und die Wartung/Reparatur von Maschinen erfordern häufig über die manuelle Handhabung von Gegenständen hinaus den Einsatz von Muskelkraft. Diese Muskelkräfte werden beim Montieren von Werkstücken und Werkzeugen, beim Öffnen und Schließen von Schutzeinrichtungen oder beim Montieren/Demon-tieren von Maschineteilen aufgebracht und beanspruchen das Muskel-Skelett-Sys-tem. Unter Umständen werden dadurch gewisse Risiken gefördert, wie Ermüdung, Unbehagen und Gesundheitsgefährdungen des Bewegungsapparates.

Die Betätigung von Stellteilen wird hier nicht betrachtet, sondern im Abschnitt 5 behandelt. Die Checkliste soll dazu beitragen, Kraftausübungen auf ihr Risiko einzu-schätzen. Als Grundlage dient das Verfahren zur Risikoabschätzung aus DIN EN 1005-3:2009 „Empfohlene Kraftgrenzen bei Maschinenbetätigung“.

Abbildung 49 zeigt den Ablauf der Beurteilung der Aktionskräfte als Flussdiagramm.

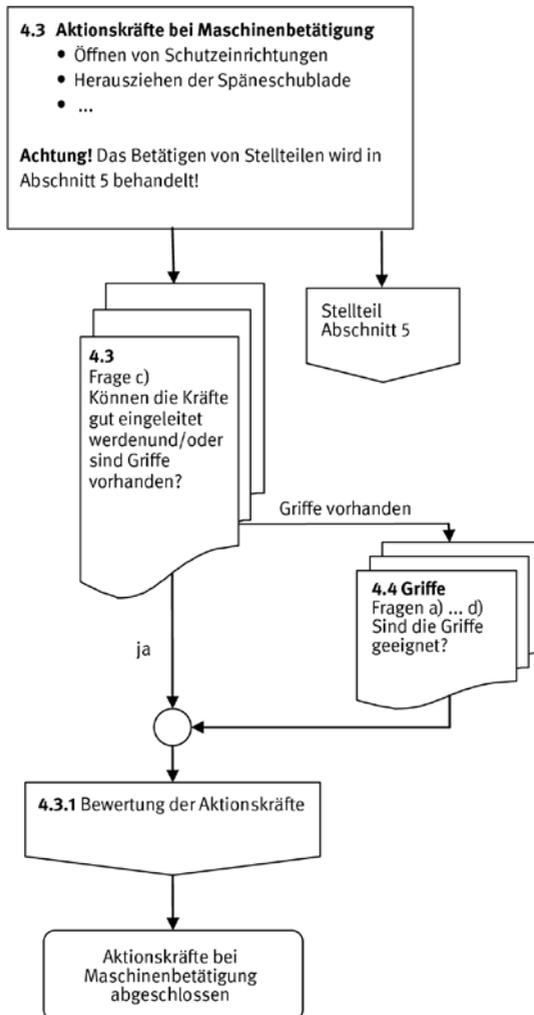


Abbildung 49: Ablauf bei der Beurteilung der Aktionskräfte nach DIN EN 1005-3

Zu Frage a)

Unterschiedliche Körperbewegungen reduzieren die Gefahr einer einseitigen Überlastung von Körperpartien und können die Durchblutung fördern. Insbesondere sollten die Anforderungen des Abschnittes 2.5 erfüllt werden. Bei reinen Steharbeitsplätzen sollten die Arbeitsaufgaben und Arbeitsabläufe Ortswechsel notwendig machen.

4.3.1 Bewertung von Aktionskräften bezüglich der körperlichen Beanspruchung

Zu Frage a)

Als Grundlage zur Bewertung der Aktionskräfte dient das in Abbildung 50 dargestellte Verfahren zur Risikoabschätzung aus DIN EN 1005-3:2009 „Empfohlene Kraftgrenzen bei Maschinenbetätigung“.

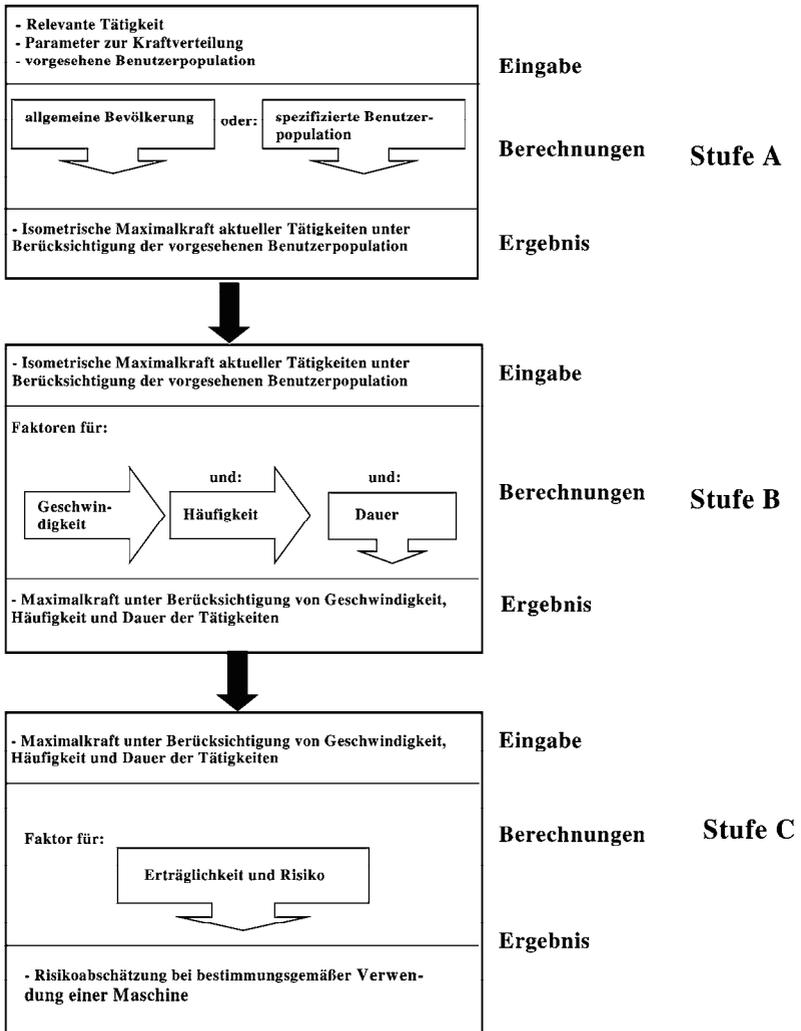


Abbildung 50: Verfahren zur Risikoabschätzung von Aktionskräften bei der Verwendung von Maschinen für bekannte Benutzerpopulationen
 (Quelle: Bild 1 der DIN EN 1005-3:2009)

Stufe A: Festlegen der Benutzerpopulation und Ermittlung der maximalen statischen Aktionskraft

Als Benutzer werden im Beispiel Männer betrachtet. Für Frauen sind als Berechnungsgrundlage die entsprechenden niedrigeren Kraftwerte auszuwählen. Die Kraftwerte (15. Perzentil) für die maximalen statischen Aktionskräfte können DIN 33 411-5:1999-11 entnommen werden. Es sind Daten für verschiedene Kraftausübungsfälle in den dortigen Tabellen 2 bis 18 hinterlegt. Ein Fall beschreibt eine Krafrichtung, eine Körperhaltung und eine Kraftausübungsart. Tabelle 1 bietet einen Überblick über die verschiedenen Kraftausübungsfälle.

Den Tabellen können noch weitere hilfreiche Parameter, z.B. die Kraftangriffshöhe, entnommen werden (siehe Abbildung 51).

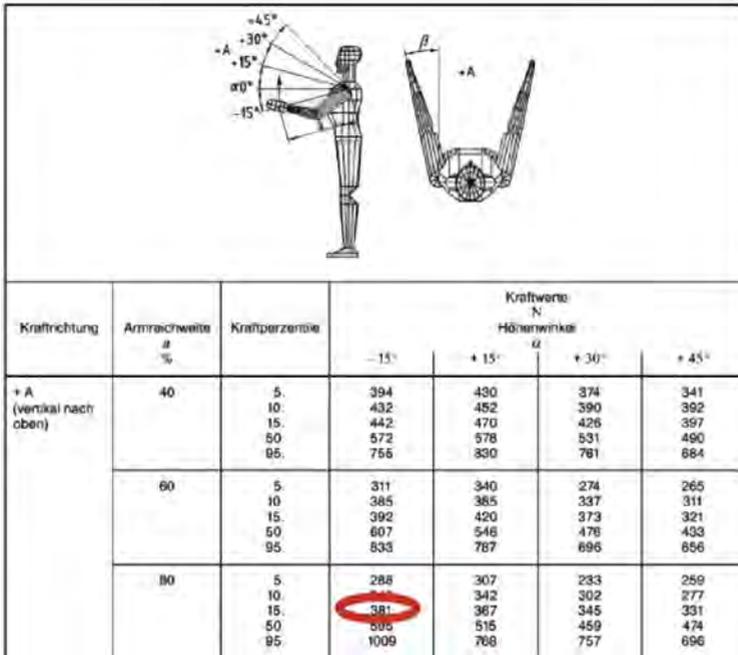


Abbildung 51: Maximale statische Aktionskräfte für einen Kraftausübungsfall
(Quelle: Tabelle 2 der DIN 33 411-5:1999-11)

Vorgehensweise:

1. Kraftausübungsfälle festlegen, z.B. analog Abbildung 51.
2. Erforderliche Parameter auswählen: Armreichweite a ; Höhenwinkel α .
3. Maximale statische Aktionskraft ablesen, z.B. 381 N bei 80 % Armreichweite und -15° Höhenwinkel.

Stufe B: Ermittlung der reduzierten Maximalkraft

In Stufe B werden die in Stufe A ermittelten Maximalkräfte entsprechend den Begleitumständen der Arbeitssituation reduziert. Die Reduktion wird über eine Reihe von Multiplikatoren umgesetzt, welche DIN EN 1005-3:2009 entnommen sind.

Die Reduktionsfaktoren können aus der folgenden Tabelle (siehe Abbildung 52) als Prozentwert der maximalen statischen Aktionskraft ermittelt werden, indem die prozentualen Anteile der Maximalkraft abgelesen werden.

Geschwindigkeit der Bewegung	Dauer der Bewegung	Muskelanspannungen alle ...				Häufigkeit der Tätigkeit
		< 3 s	3 s bis 30 s	30 s bis 5 min	> 5 min	
keine/ wenig/ langsam	< 3 s	30	50	80	100	selten
		24	40	64	80	gelegentlich
		15	25	40	50	häufig
	mehr als 3 s	0	20	40	60	selten
		0	16	32	48	gelegentlich
		0	10	20	30	häufig
deutlich/ schnell	< 3 s	24	40	64	80	selten
		19	32	51	64	gelegentlich
		12	20	32	40	häufig
	mehr als 3 s	0	16	32	48	selten
		0	13	26	38	gelegentlich
		0	8	16	24	häufig

Abbildung 52: Ermittlung der reduzierten Maximalkraft in %

Im nachstehenden Beispiel wären diese 32 % für Automatikbetrieb und 51 % beim Einrichten. Aus diesen Angaben lassen sich wiederum die Kraftwerte berechnen:

Automatikbetrieb/Produktion: $381 \text{ N} / 100 * 32\% = 122 \text{ N}$
 Werkstattbetrieb/Einrichten: $381 \text{ N} / 100 * 51\% = 195 \text{ N}$

Vorgehensweise:

Maximale statische Aktionskraft, z.B. 381 N, in der Tabelle der Abbildung 52 als 100% (siehe rotes Feld) einsetzen und die übrigen prozentualen Anteile berechnen:

Geschwindigkeit der Bewegung	Dauer der Bewegung	Muskelanspannungen alle ...				Häufigkeit der Tätigkeit
		< 3 s	3 s bis 30 s	30 s bis 5 min	> 5 min	
keine/ wenig/ langsam	< 3 s	114	191	305	381	selten
		91	152	244	305	gelegentlich
		57	95	152	191	häufig
	mehr als 3 s	0	76	152	229	selten
		0	61	122	183	gelegentlich
		0	38	76	114	häufig
deutlich/ schnell	< 3 s	91	152	244	305	selten
		73	122	195	244	gelegentlich
		46	76	122	152	häufig
	mehr als 3 s	0	61	122	183	selten
		0	49	98	146	gelegentlich
		0	30	61	91	häufig

Abbildung 53: Ermittlung der reduzierten Maximalkraft in N, bei einem Maximalwert von 381 N

1. Bewegungsparameter wählen, z.B. deutliche Bewegung.
2. Dauer der Bewegung, z.B. < 3 s.
3. Häufigkeit der Muskelanspannung, z.B. 30 s bis 5 min.
4. Schätzen Sie die Dauer der Maschinennutzung in Verbindung mit dieser Kraftaufwendung ab (siehe Abbildung 54).

Häufigkeit	Art der Tätigkeit	kumulierte Dauer ⁵⁾
selten	Reparatur	1 h/Tag
gelegentlich	Werkstatt/Einrichten	bis zu 2 h/Tag
häufig	Automatik/Produktion	2 bis 8 h/Tag

Abbildung 54: Dauer der Tätigkeit

5. Ablesen des reduzierten Kraftwertes, z.B. für häufigen Eingriff 122 N, bei gelegentlicher Nutzung der Maschine (1 bis 2 h/Tag) 195 N (siehe untere rote Felder in Abbildung 53).

Stufe C: Bewertung der Kraftaufwendung

Die ermittelten Werte der reduzierten Maximalkraft werden nun mit den gemessenen Werten verglichen. Dabei sollten die gemessenen Werte kleiner oder gleich den ermittelten Werten sein.

Bei der Risikoabschätzung der Stufe C wird die „Zu vermeidende Zone“ aus DIN EN 1005-3:2009 als Mangel gewertet. Die Risikobewertungskraft liegt mindestens 30%, besser 50% unter der hier ermittelten reduzierten Maximalkraft. Sollten Mängel oder Unsicherheiten aufgedeckt werden, empfiehlt es sich, ein weiterführendes Berechnungsverfahren entsprechend DIN EN 1005-3:2009 durchzuführen.

Zu Frage a)

Der Kraftwert 122 N ergibt sich bei einer schnellen Bewegung, die innerhalb von 3 Sekunden abgeschlossen ist, im Zeitraum von 30 Sekunden bis 5 Minuten wiederholt wird, und bei Maschinen, die im Dauerbetrieb (also häufig, > 2h/Tag) arbeiten. Bei Werkstattmaschinen bzw. im Einrichtbetrieb (gelegentlich, < 2h/Tag) dürfte die Kraft bei denselben Kapazitätsgrenzen 195 N betragen.

Zu Frage d)

Aus der Tabelle 7 der DIN 33411-5:1999-11 ergibt sich bei beidhändiger Kraftausübung eine maximale statische Aktionskraft von 487 N. Da die linke und die rechte

5) Ähnliche Tätigkeiten können additiv wirken!

Hand etwa eine Kraftverteilung von 50 %/50 % haben dürften, wäre eine Kraft von 50 % bei einhändiger Betätigung gewiss. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass durch günstigere Körperstellung oder durch Benutzung der Vorzugshand durchaus 60 % der beidhändigen Maximalkraft aufgebracht werden können.

Zu Frage e)

Falls Sie bei der Ermittlung der Werte unsicher sind, versuchen Sie bitte, sich die einzelnen Schritte dieses Abschnittes ab „Stufe A“ auf Seite 56 zu verdeutlichen.

4.5 Kurzyyklische Tätigkeiten bei hohen Handhabungsfrequenzen

Der Betrieb und die Wartung/Reparatur von Maschinen können zahlreiche kurzyyklische Tätigkeiten bei hohen Handhabungsfrequenzen erfordern. Dabei kann es zu muskuloskeletalen Belastungen kommen, die Ermüdung, Unbehagen bis hin zu Erkrankungen auslösen können. Der Konstrukteur einer Maschine sollte versuchen, diese gesundheitlichen Risiken zu verringern.

Eine kurzyyklische Tätigkeit zeichnet sich durch in kurzer Folge wiederholenden Tätigkeiten aus. Dabei werden Aufgaben in immer derselben Weise gelöst. Die Zeitspanne zwischen dem Zeitpunkt, in dem der Bediener eine Aufgabe beginnt, und dem Zeitpunkt, in dem er danach die gleiche Aufgabe beginnt, wird als Zykluszeit bezeichnet.

Die Handhabungsfrequenz beschreibt die Anzahl von Teiltätigkeiten wie z.B. Halten, Drehen, Schieben und/oder Schneiden um Arbeitsschritte innerhalb einer Tätigkeit auszuführen, bezogen auf eine Minute.

Die in dieser Checkliste gestellten Fragen markieren Risikofaktoren gemäß Verfahren 1 der DIN EN 1005-5. Durch entsprechend geringen Kraftaufwand, günstige Haltung der Gliedmaßen und hinreichend vorhersehbare Erholzeiten lässt sich häufig eine Gefährdung abwenden. Ein entsprechender Nachweis kann durch Verfahren 2 der DIN EN 1005-5, durch das RULA-Verfahren oder durch das OCRA-Verfahren geführt werden. Hinweise und Internetlinks siehe Abschnitt 4.

Zu Frage a)

Bei extrem kurzen Zykluszeiten < 30 Sekunden besteht sehr schnell die Gefahr, einzelne Gliedmaßen zu überlasten.

Zu Frage b)

Hohe Wiederholraten gleicher Tätigkeiten stellen eine Gefahr dar.

Zu Frage c)

Eine Teiltätigkeit ist die Ausführung einer einfachen Arbeitsaufgabe durch komplexe Bewegung der Hände unter Einbeziehung von Muskelkraft. Es ist die kleinste Einheit innerhalb einer Tätigkeit. Mehrere Teiltätigkeiten ergeben einen Arbeitsschritt, mehrere Arbeitsschritte können sich zu einer Tätigkeit zusammenfügen.

Zu Frage d)

Hier geht es um den Ausschluss von schädigenden Zusatzfaktoren. Diese können die Beanspruchbarkeit des Bedieners bei Vorhandensein der zuvor geprüften Risikofaktoren mindern.

5 Handbediente Stellteile

5.1 Mindestmaße von Stellteilen

Zu Fragen a) bis f)

Je nach Greifart (siehe Abbildung 55) und Teil der Hand, die die Stellkraft ausübt, werden in der Checkliste Mindest- und Maximalmaße für Breite, Durchmesser oder Länge des Stellteils empfohlen. Mit Länge ist die Länge des Stellteils entlang der Achse gemeint, in der das Stellteil gedreht oder bewegt wird. Die minimalen Abstände zwischen den Stellteilen sind in Kapitel 5.6 der Checkliste behandelt.

Kontaktgriff	Zufassungsgriff	Umfassungsgriff
<p>1 Finger</p> 	<p>2 Finger</p>  <p>Daumen gegen- übergestellt Daumen quergestellt</p>	
<p>Daumen</p> 	<p>3 Finger</p>  <p>gleichverteilt Daumen gegen- übergestellt</p>	<p>Daumen</p> 
<p>Hand</p> 	<p>Hand</p> 	<p>Hand</p> 

Abbildung 55: Greifarten

(Quelle: Abschnitt 5.5, Bild 4 der DIN EN 894-3:2010-01)

Die vollständigen empfohlenen Mindestmaße für handbetätigte Stellteile sind in Tabelle 3 des Abschnittes 8.1 der DIN EN 894-3:2010-01 dargestellt.

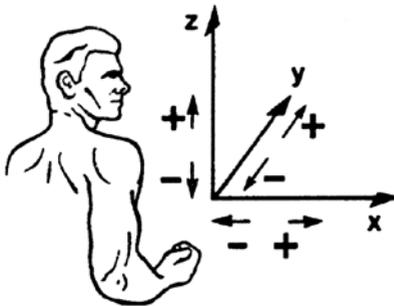
5.2 Stellkräfte und Stellmomente von Stellteilen

Zu Fragen a) bis c)

Je nach Greifart und Teil der Hand, die die Stellkraft ausübt, werden in der Checkliste maximale Kräfte und Momente zur Bedienung des Stellteils angegeben. Bei allen angegebenen maximalen Stellkräften oder Stellmomenten wird häufiges oder ständiges Stellen mit berücksichtigt.

Es werden zwei Bewegungen (siehe Abbildung 56) unterschieden:

- Lineare bzw. translatorische Bewegungen in Richtung einer Raumachse,



- drehende Bewegungen um eine Raumachse

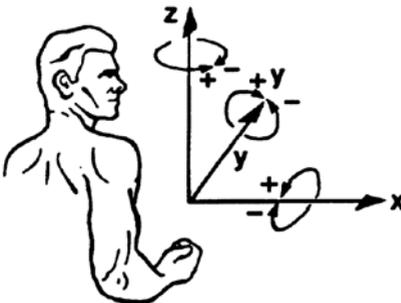


Abbildung 56: Achsensysteme für translatorische (oben) und rotatorische Bewegungen (unten)
(Quelle: Bild 3 des Abschnittes 5.4 der DIN EN 894-3:2010-01)

Die vollständigen empfohlenen maximalen Stellkräfte/Stellmomente für handbetätigte Stellteile sind in Tabelle 4 des Abschnittes 8.2 der DIN EN 894-3:2010-01 dargestellt.

5.4 Bewegungsrichtung von Stellhebeln und Handrädern

Diese Anforderungen gelten für Stellteile, die Bewegungen von Maschinenteilen in zwei entgegengesetzte Richtungen wie links/rechts oder aufwärts/abwärts erzeugen.

Zu Frage a)

Hebel nach rechts soll das Maschinenteil nach rechts bewegen (siehe Abbildung 57), Hebel nach unten Maschinenteil nach unten (siehe Abbildung 58) usw. Bewirkt der Hebel neben der Vorschubsteuerung (Werkzeug auf Werkstück) noch weitere Funktionen (z.B. Starten eines Antriebes), so gelten diese Regeln immer für die Vorschubsteuerung.

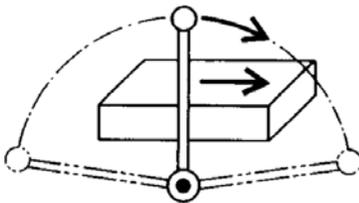


Abbildung 57: (Quelle: Bild 1 des Abschnitt 2.2 der DIN 1410:1986-06)

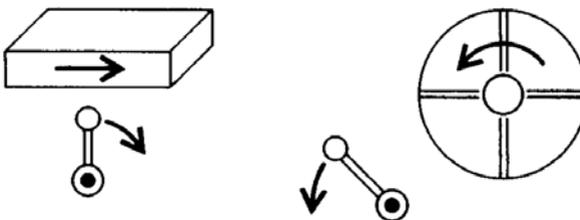


Abbildung 58: (Quelle: Bilder 2 und 3 des Abschnittes 2.3 der DIN 1410:1986-06)

Zu Frage b)

Rechtsdrehung ist eine Drehung im Uhrzeigersinn bei Blick auf das Wellenende, auf dem das Stellteil sitzt. Es werden fünf Bewegungen des Maschinenteils, vom Standort des Bedieners betrachtet, unterschieden: drei lineare in x-, y- und z-Richtung, eine radiale in Richtung auf eine Achse und eine Drehbewegung:

Bei Rechtsdrehung des Handrades Maschinenteil in x-Richtung nach rechts (siehe Abbildung 59 links), bei y-Richtung nach hinten (siehe Abbildung 59 rechts), bei z-Richtung nach oben (siehe Abbildung 60 links), bei Drehbewegung ebenfalls im Uhrzeigersinn (in Aufsicht betrachtet, siehe Abbildung 60 Mitte) und bei radialer Bewegung nach innen auf die Achse zu (siehe Abbildung 60 rechts).

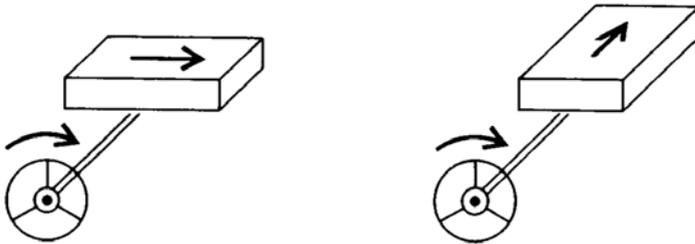


Abbildung 59: (Quelle: Bilder 4 und 5 des Abschnittes 3.2 der DIN 1410:1986-06)

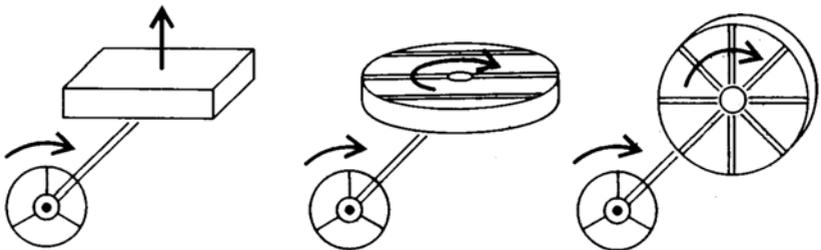


Abbildung 60: (Quelle: Bilder 6, 7 und 8 des Abschnittes 3.2 der DIN 1410:1986-06)

Zu Frage c)

Die Anforderung gilt für mehrere angeordnete Drucktasten, die Bewegungen von Maschinenteilen in entgegengesetzte Richtungen bewirken (siehe Abbildung 61). Es können lineare und kreisförmige Bewegungen (siehe Abbildung 61 unten) sein. Günstig ist die Anordnung einer Drucktastenreihe in Richtung der Bewegung. Dann soll z.B. die hintere Drucktaste die Bewegung nach hinten (y-Richtung) bewirken (siehe Abbildung 61 oben rechts). Ist eine Steuertafel stark schwenkbar, dann sollte zu den Tasten ein Maschinenumriss dargestellt werden.

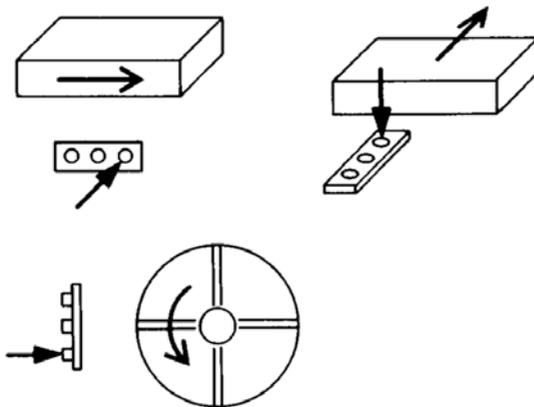


Abbildung 61: (Quelle: Bilder 9, 10 und 11 des Abschnittes 4.1 der DIN 1410:1986-06)

5.5 Wirkung der Betätigung von Stellteilen auf Betriebszustände

Die Bewegungsrichtungen typischer Stellteile sind in Tabelle A.1 des Abschnittes A.1.3 der DIN EN 61310-3:2008-09 dargestellt.

Für den Einbauort und die Betätigungsrichtung, vor allem in Relation zu anderen Stellteilen, ist festgelegt, welcher Betriebszustand sich dadurch einstellen soll (siehe Abbildung 62). Die Sollbetriebszustände resultieren meist entweder aus einer Zunahme oder einer Abnahme der Wirkung des Stellteils.

Art des Zustandes	Sich ergebender Sollbetriebszustand	
	Gruppe 1	Gruppe 2
Änderung einer physikalischen Größe (Spannung, Strom, Leistung, Geschwindigkeit, Frequenz, Temperatur, Leuchtstärke usw.)	Zunehmen	Abnehmen
Änderung der Bedingung	In Betrieb setzen Start Beschleunigen Schließen eines elektrischen Stromkreises Entzünden	Außer Betrieb setzen Stopp Bremsen Öffnen eines elektrischen Stromkreises Löschen
Bewegung des zu steuernden Objekts oder Fahrzeuges in Bezug auf die Hauptachse	Aufwärts Nach rechts Vorwärts	Abwärts Nach links Rückwärts
Bewegung in Bezug auf den Bediener	Vom Bediener weg	Zum Bediener hin

Abbildung 62: Klassifizierung von Sollbetriebszuständen
 (Quelle: Tabelle 1 des Abschnittes 5.2 der DIN EN 61310-3:2008-09)

Zu Frage a)

Die Richtungen der Handlung sind in DIN EN 61310-3:2008-09, Abschnitt 5.3, Tabelle 2 (siehe Abbildung 63) dargestellt. Die sich dabei ergebenden Sollbetriebszustände der Gruppe 1 bzw. Gruppe 2 sind in Tabelle 1 (siehe Abbildung 62) dargestellt.

Art des Bedienteils (Stellteils)	Art der Handlung	Richtung der Handlung	
		Gruppe 1	Gruppe 2
Handrad, Kurbel, Knopf usw.	Drehbewegung	Im Uhrzeigersinn	Gegen Uhrzeigersinn
Griff, Hebel, Druck-/ Zug-Taster usw. mit im Wesentlichen linearer Bewegung	Vertikale Bewegung	Nach oben	Nach unten
	Horizontale Rechts- Links-Bewegung	Nach rechts	Nach links
	Horizontale Vor- wärts-Rückwärts- Bewegung	Von dem Bediener weg	Auf den Bediener zu

Abbildung 63: Richtungen der Handlung
(Quelle: Tabelle 2 des Abschnitts 5.3 der DIN EN 61310-3:2008-09)

Zu Frage b)

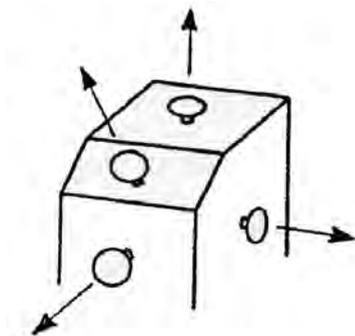


Abbildung 64: Betätigung von Druck-Zug-Knöpfen
Die Pfeile stellen einen zunehmenden Sollbetriebszustand dar.
(Quelle: Bild 5 des Abschnittes 7.2 DIN EN 60 447:2004-12)

Zu Frage c)

Die Anordnung der Betätigungselemente ist in DIN EN 61310-3:2008-09, Abschnitt 5.3, Tabelle 2 (siehe Abbildung 65) dargestellt. Sich ergebende Sollbetriebszustände (Gruppe 1/Gruppe 2) siehe Abbildung 62.

Art der Bedienteilgruppe		Art der Handlung	Punkt für die Ausübung der Handlung	
			Gruppe 1	Gruppe 2
Zusammengehörige Griffe, Drucktaster, Hebel, Zugseile usw. mit gegensätzlichen Betriebszuständen	Übereinander angeordnet	Druck, Zug usw.	Handlung an der oberen Einrichtung	Handlung an der unteren Einrichtung
	Nebeneinander angeordnet		Handlung an der rechten Einrichtung	Handlung an der linken Einrichtung

Abbildung 65: Anordnung der Betätigungselemente
 (Quelle: Tabelle 2 des Abschnitts 5.3 der DIN EN 61310-3:2008-09)

Zu Frage d)

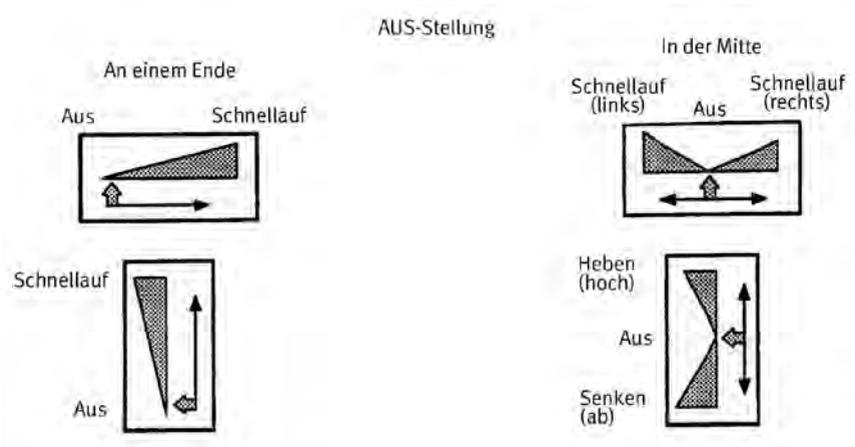


Abbildung 66: AUS-Stellung als Teil eines sich bewegenden Bedienteiles (Beispiel für lineare Bewegung)
 (Quelle: Bild 3 des Abschnittes 5.2 der DIN EN 60447:2004-12)

Zu Frage e)

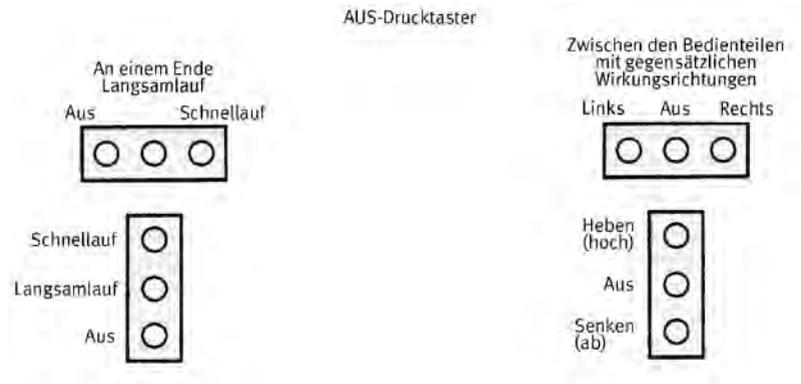


Abbildung 67: AUS-Drucktaster als Teil einer Gruppe zusammengehöriger Bedienteile
(Quelle: Bild 4 des Abschnittes 5.2 der DIN EN 60 447:2004-12)

5.6.2 Anordnung von Stellteilen und Anzeigen zueinander

Zu Frage a)

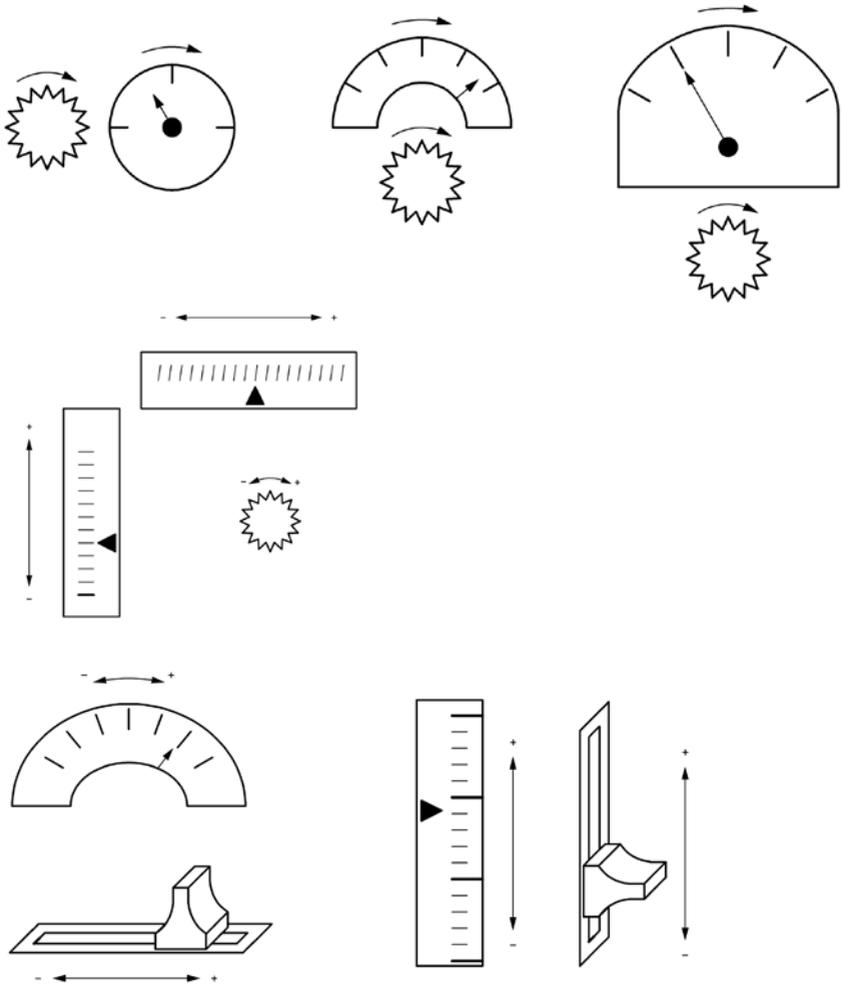


Abbildung 68: Zusammenhänge zwischen Stellteil- und Zeigerbewegungen
(Quelle: Bilder 14, 15 und 16 des Abschnittes 5.4.2 der DIN EN 894-4:2010-11)

5.6.3 Abstände zwischen Stellteilen

Zu Frage a) und b)

Die vollständigen empfohlenen Abstände zwischen gleichen Typen von Stellteilen sind in Tabelle 1 des Abschnittes 5.3.3.3 der DIN EN 894-4:2010-11 dargestellt.

Zu Frage c)

Die vollständigen Mindestabstände zwischen unterschiedlichen Typen von Stellteilen sind in Tabelle 2 des Abschnittes 5.3.3.3 der DIN EN 894-4:2010-11 dargestellt.

6 Tastaturen, Tasten und Eingabegeräte

6.1 Tastaturen und Tasten

6.1.1 Handhabung von Tastaturen und Tasten

Die hier betrachteten Tasten sind auf einer Tastatur oder in einem Tastenfeld, z.B. von Funktionstasten, angeordnet. Sie können als mechanische Tasten mit Tastenhub und Druckpunkt oder als Folientastatur konstruiert sein. Einzelne Befehlsgeräte, wie Drucktaster, Not-Aus-Taster, sind an anderer Stelle behandelt.

Zu Frage a)

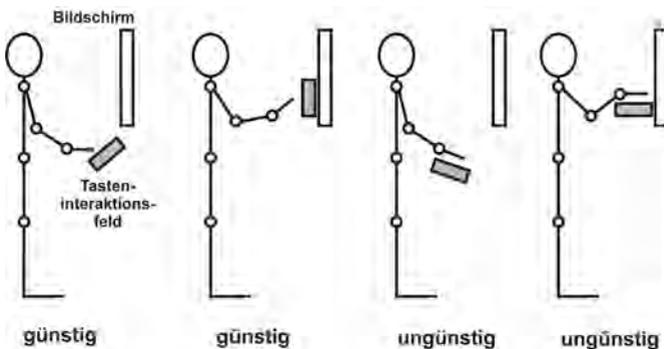


Abbildung 69: Tasten, Tastenfelder und Tastaturen bei stehender Bedienung
(Quelle: Bild 18 der VDI/VDE 3850-2:2002-11)

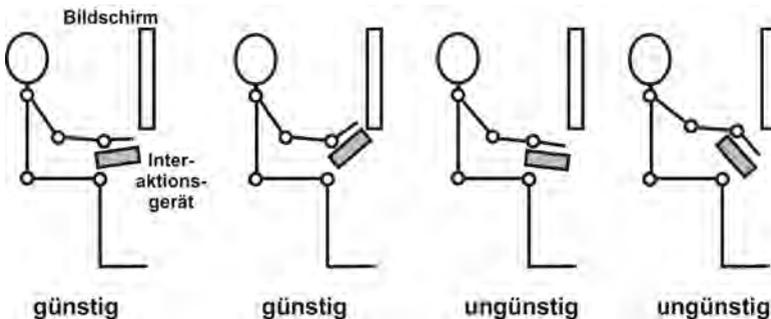


Abbildung 70: Tasten, Tastenfelder und Tastaturen bei sitzender Bedienung
(Quelle: Bild 19 der VDI/VDE 3850-2:2002-11)

6.2 Koordinatengebende Eingabegeräte

Hier werden koordinatengebende Eingabegeräte für Aufgaben, wie Positionieren, Zeichnen oder Manipulieren an einem Display, betrachtet. Diese Eingabegeräte sind auch im Büroarbeitsraum vertreten, können aber an der Maschine oft nur unter weniger günstigen Bedingungen eingesetzt werden, da der Sitzplatz und die entsprechende Arbeitsfläche fehlen.

Folgende Aufgaben sind typisch für diese Eingabegeräte (siehe Abbildung 71):

Merkmal	Ausprägung	Definition
Positionieren (Bewegen)	Statisches Positionieren (unbewegtes Objekt)	Das Bewegen eines Positionierelements, um eine Positionsmarke auf einer grafischen Benutzungsoberfläche zu einer bestimmten Stelle zu bewegen
	Dynamisches Positionieren (bewegtes Objekt)	Das Bewegen eines Positionierelements, um mit einer Positionsmarke auf einer grafischen Benutzungsoberfläche ein bewegtes Objekt zu verfolgen
	Exaktes Positionieren (Feinpositionieren)	Das genaue Bewegen eines Positionierelements, um eine Positionsmarke auf einer grafischen Benutzungsoberfläche zu einer genau definierten Stelle mit einem unbewegten Objekt zu bewegen
	Positioniergeschwindigkeit	Die Geschwindigkeit, mit der Positionierhandlungen ausgeführt werden können
Selektieren/ Aktivieren (Auswählen/ Auslösen)	Betätigen	Das Betätigen (Drücken und Loslassen) eines Schaltelements zur Auslösung von Funktionen
	Rückmeldung Selektion/Aktion	Die Ergebnisanzeige einer Benutzerhandlung durch taktile, akustische oder visuelle Anzeige
	Selektionsgeschwindigkeit	Die Geschwindigkeit, mit der Schalthandlungen ausgeführt werden können

Merkmals	Ausprägung	Definition
Manipulieren	Verschieben	Das gleichzeitige Bewegen eines Positionierelements und eines Schaltelements, um ein Objekt auf einer grafischen Benutzungsoberfläche zu einer bestimmten Stelle zu bewegen
	Zeichnen	Das gleichzeitige Bewegen eines Positionierelements und eines Schaltelements, um eine mit den Vorstellungen des Benutzers möglichst exakt übereinstimmende Kontur zu erzeugen
	Manipulationsgeschwindigkeit	Die Geschwindigkeit, mit der Manipulationshandlungen ausgeführt werden können

Abbildung 71: Merkmale, Ausprägungen und deren Definitionen von Interaktionsgeräten
 (Quelle: Tabelle 1 der VDI/VDE 3850-2:2002-11)

6.2.1 Position von Eingabegeräten

Folgende Arten der Bildschirmbenutzung werden unterschieden (siehe Abbildung 72):

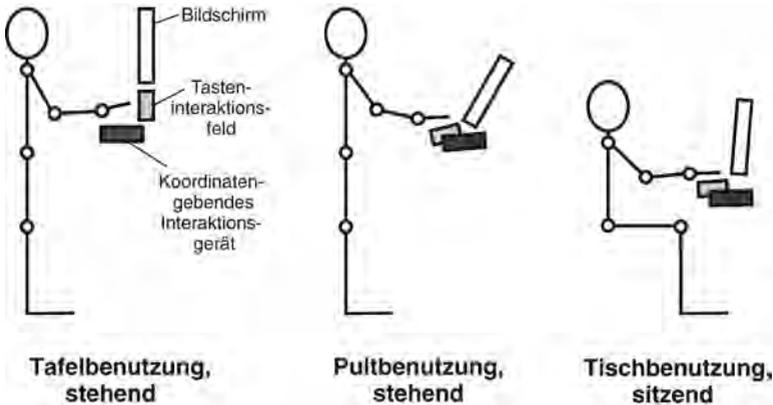


Abbildung 72: Prinzipielle Möglichkeiten zur Integration von Interaktionsgeräten
 (Quelle: Bild 4 der VDI/VDE 3850-2:2002-11)

Zu Frage a)

Stehende Tafelbenutzung und Eingabegerät in Hüfthöhe

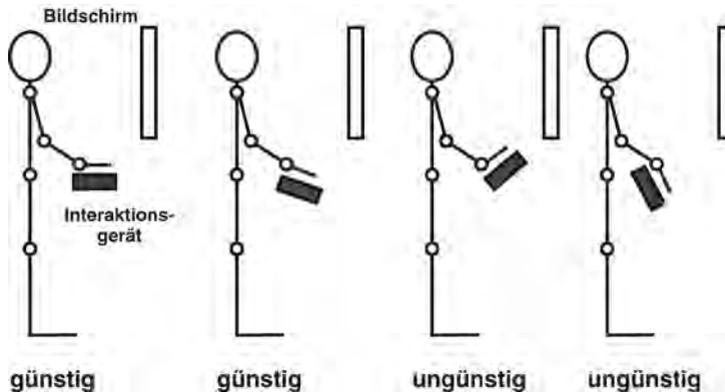


Abbildung 73: Tiefste Position indirekter Interaktionsgeräte
(Quelle: Bild 5 der VDI/VDE 3850-2:2002-11)

Zu Frage b)

Stehende Tafelbenutzung und Eingabegerät in Brusthöhe

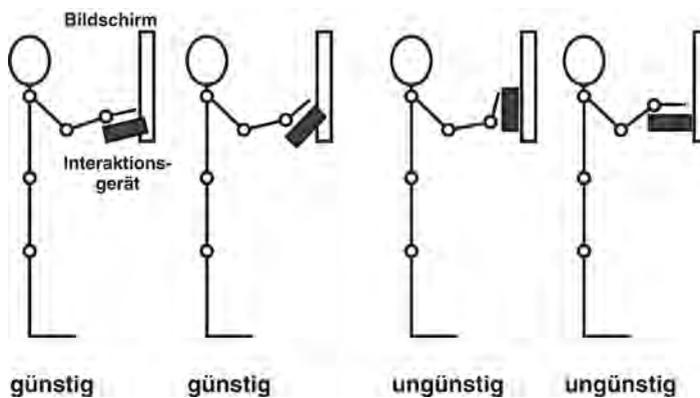


Abbildung 74: Höchste Position indirekter Interaktionsgeräte
(Quelle: Bild 6 der VDI/VDE 3850-2:2002-11)

Zu Frage c)

Tischbenutzung (sitzende Position)

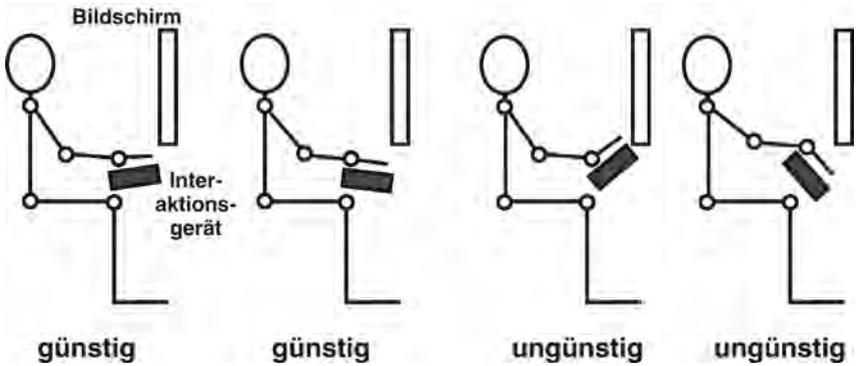


Abbildung 75: Indirekte Interaktionsgeräte in sitzender Position
(Quelle: Bild 7 der VDI/VDE 3850-2:2002-11)

Zu Fragen d und e)

Beobachtungsaufgabe (= Visualisierungspriorität) und Bedienungsaufgabe bei direkt auf den Bildschirm wirkenden Eingabegeräten (Lichtgriffel/Touchscreen)

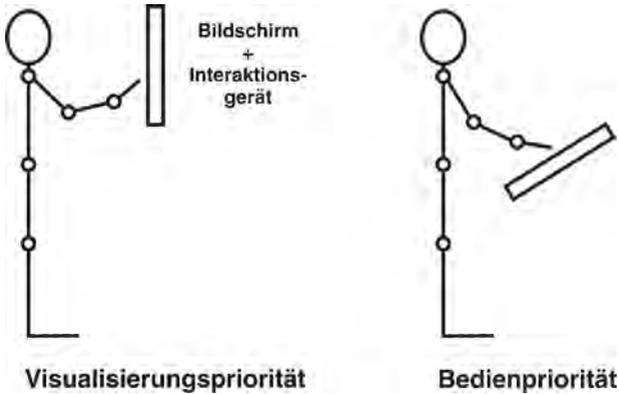


Abbildung 76: Positionen direkter Interaktionsgeräte
(Quelle: Bild 8 der VDI/VDE 3850-2:2002-11)

6.2.2 Handhabung von Eingabegeräten

Zu Frage a)

Generell sollte das Eingabegerät ohne Anstrengung bedienbar sein. Das Eingabegerät sollte zu Hand- und Fingergröße des Bedieners passen. Das mögliche Tragen von Handschuhen ist zu berücksichtigen. Die Form der schaltenden Elemente sollte deren Betätigung unterstützen, wobei ein Verrutschen z.B. des Fingers zu verhindern ist. Eingabegeräte, z.B. Trackball oder Joystick, sollten stabil verankert sein, also weder wegrutschen können, noch durch Vibrationen der Maschine beeinflusst werden. Die Bedienung sollte nicht durch Verkabelung des Eingabegerätes beeinträchtigt sein.

6.2.4 Besondere Anforderungen an Trackball und Maus

Der Trackball ist eine für den industriellen Einsatz geeignete Variante der Maus mit einer Kugel, die in die Bedienebene eingelassen ist und mit den Fingern bewegt wird. Die Bedienfläche kann kleiner sein, das Gerät ist robuster und – es kann nicht verloren gehen.

Zu Frage a)

Die typischen Bedienaufgaben sind unter Abschnitt 6.2 (siehe Abbildung 71) erläutert.

Zur Information: Für folgende Bedienaufgaben ist ein Trackball gut geeignet:

- Statisches Positionieren auf ein unbewegtes Objekt mit guter Positioniergeschwindigkeit,
- exaktes Positionieren, Einhandbedienung.

Zu Frage b)

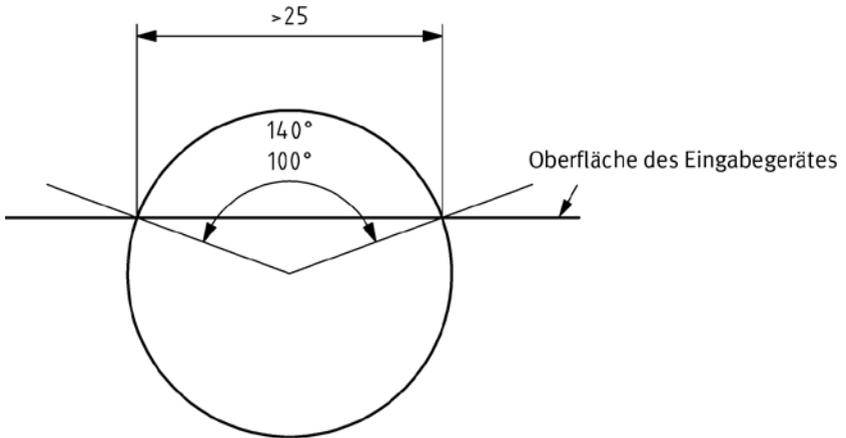


Abbildung 77: Durchmesser und Öffnungswinkel des unbedeckten Kugelsektors einer Rollkugel
(Quelle: Bild F.2 des Anhangs F der DIN EN ISO 9241-410:2008-05)

6.2.5 Besondere Anforderungen an Mauspad, Mausknopf, Mausstick

Diese Technologien aus dem Bereich kleiner tragbarer Computer sind ebenfalls für den industriellen Einsatz geeignete Varianten der Maus. Die Arbeitsfläche ist sehr klein und die Geräte sind robust. Die Handhabung ist aber gewöhnungsbedürftig, weil sie nicht Standard für Home- und Bürocomputer sind.

Begriffsdefinitionen:

- Mausknopf (Mousebutton) ist eine in alle Richtungen mit dem Finger wippbare Taste.
- Mausstick (Track-Point) ist ein in alle Richtungen mit dem Finger kippbarer Stift.
- Mauspad (Touchpad) ist eine Sensorfläche, auf der mit dem Finger positioniert wird.

Mausknopf und Mausstick sind in ihren Eigenschaften ähnlich und werden daher hier zusammengefasst.

Zu Fragen a) bis c)

Die typischen Bedienungsaufgaben sind unter Abschnitt 6.2 (siehe Abbildung 71) erläutert.

6.2.6 Besondere Anforderungen an Joystick und Griffel

Diese Eingabegeräte werden meist für CAD-Aufgaben eingesetzt. Der kleinere Finger-Joystick wird mit Zeigefinger und Daumen umfasst, der größere Hand-Joystick (auch bei PC-Spielen eingesetzt) wird mit der Hand umfasst.

Zu Fragen a) und b)

Die typischen Bedienungsaufgaben sind unter Abschnitt 6.2 (siehe Abbildung 71) erläutert.

Zur Information: Für folgende Bedienungsaufgaben ist ein Joystick gut geeignet:

- Zielverfolgung, dreidimensionale Bewegungen.
- Handschuhbedienung.

Zu Frage c)

Die typischen Bedienungsaufgaben sind unter Abschnitt 6.2 (siehe Abbildung 71) erläutert.

Zur Information: Für folgende Bedienungsaufgaben ist ein Griffel gut geeignet:

- statisches und dynamisches Positionieren in guter Geschwindigkeit.
- exaktes Positionieren.

Es gibt keine Bedienungsaufgaben, für die ein Griffel nicht geeignet wäre.

6.3 Touchscreens

Das Besondere am Touchscreen ist, dass Bedienung und Visualisierung in einem Gerät liegen. Daher gelten bei der Gestaltung der Bilder andere Anforderungen als bei der reinen Visualisierung. Dies gilt auch für die Anordnung des Touchscreens in Relation zur bedienenden Hand.

Zu Frage a)

Die typischen BediENAufgaben sind unter Abschnitt 6.2 (siehe Abbildung 71) erläutert.

Zur Information: Für folgende Aufgaben ist ein Touchscreen gut geeignet:

- Positionieren auf ein unbewegtes Objekt und Betätigen bei guter Geschwindigkeit.
- Einhandbedienung (bei Handschuhbedienung sind größere Schaltelemente notwendig).

7 Displays und Anzeigen

7.1 Displays

7.1.1 Einbauposition von Displays

Zu Frage a)

Günstig ist ein Fixierlinienwinkel (siehe Abbildung) zwischen 0° und 60° unter der Horizontalen des Auges. Das gilt auch für das restliche Bedienfeld. Bei größerem Winkel und unebener Bildschirmoberfläche kann die Anzeige nicht mehr zu lesen sein. Es muss vermieden werden, dass größere Personen sich bücken müssen, oder anderes.

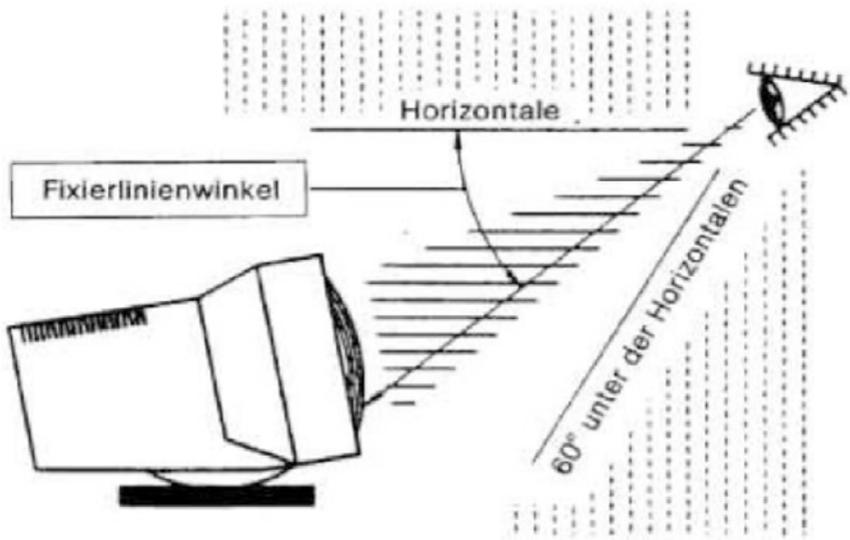


Abbildung 78: Fixierlinienwinkel

(Quelle: Bild 2 des Abschnittes 5.2 der DIN EN 29 241-3:1993-08)

Zu Frage b)

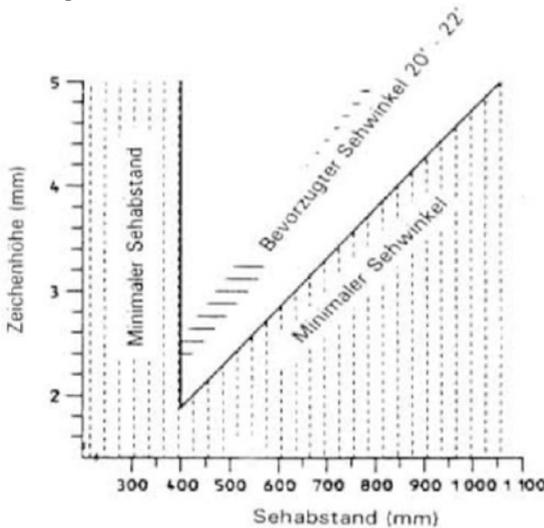


Abbildung 79: Vorgesehener Bildabstand und Zeichenhöhe
(Quelle: Bild 1 des Abschnittes 5.1 der DIN EN 29241-3:1993-08)

7.1.2 Identifizierung von Informationen auf Displays

Zu Frage a)

Hier sind die Beleuchtungsverhältnisse in Bezug auf typische Blickrichtungen an der Arbeitsstätte ausschlaggebend. Vorteilhaft sind Winkeländerungen der Anzeigen oder Einstellbarkeit der Anzeigehelligkeit. Bei Positivdarstellung sind weniger Antireflexionsmaßnahmen erforderlich als bei negativer. Ungünstig ist eine stark geneigte Anordnung des Displays, da es zu Reflexionen durch Lichteinstrahlung von oben kommen kann.

Zu Frage g)

Ungünstige Kombinationen sind: Blau auf Rot, Rot auf Blau, Blau auf dunklem Hintergrund. Bei diesen extrem dunklen Farben wird der erforderliche Kontrast zum ebenfalls dunklen Hintergrund nicht erreicht. Es kommt zu Erkennungsfehlern. Günstig sind farbige Zeichen auf unbuntem Hintergrund (Schwarz, Dunkelgrau) oder unbunte Zeichen (Weiß, Schwarz, Dunkelgrau) auf farbigem Hintergrund.

7.1.3 Besondere Anforderungen an Displays mit Bildschirmröhre

Zu Frage a)

Konvergenzfehler reduzieren die Auflösung, beeinträchtigen die Benutzerleistung vor allem beim Lesen von alphanumerischen Zeichen. Die Konvergenz kann am besten am Rand von weißen Flächen (Mischung der drei Farben) beurteilt werden. Es kommt dort zu Farbsäumen.

Zu Frage b)

Rastermodulation bezeichnet den Leuchtdichteunterschied in senkrechter Richtung. Ein Bild ist aus diskreten Zeilen aufgebaut, zwischen denen die Helligkeit absackt. Je stärker die Helligkeit trotz voll ausgesteuerter Bildzeilen absackt, umso schlechter lassen sich Zeichen und Buchstaben erkennen. Diese Anforderung ist nach Norm für Bildschirmröhren (CRT) relevant, die bei einem typischen 14-Zoll-Bildschirm und einem typischen Sehabstand von 40 cm eine Zeilenzahl weniger 900 haben. Das trifft auf alle gängigen CRT-Displays zu.

7.2 Digitale und analoge Anzeigeeinstrumente

Die hier betrachteten Anzeigen sind eigenständige digitale und analoge Anzeigeeinstrumente (siehe Abbildung 80). Darstellungen auf einem Display werden im Abschnitt 9 „Softwareergonomie“ behandelt.

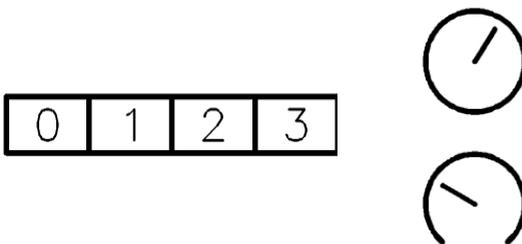


Abbildung 80: Digitale Anzeigen (links) und analoge Anzeigen (rechts)

(Quelle: aus Tabelle 4 des Abschnittes 4.2 der DIN EN 894-2:2009-02)

7.2.1 Erkennbarkeit von optischen Anzeigen

Hiermit ist gemeint, dass ein Bediener zunächst freie Sicht auf Anzeigen haben muss und dass er auf geänderte Anzeigen aufmerksam gemacht werden kann. Im nächsten Schritt der Identifizierung geht es um das Ablesen und Erfassen der dargebotenen Information.

Zu Frage c)

Beim notwendigen Sehfeld wird nach der Aufgabe des Bedieners unterschieden:

- Entdeckungsaufgaben sind die, bei der der Bediener von der Maschine gewarnt wird (siehe Abbildung 81).
- Überwachungsaufgaben sind die, bei denen der Bediener aktiv nach Information sucht (siehe Abbildung 82).

Bei dieser Frage wird das eingeschränkte Sehfeld entsprechend der Entdeckungsaufgabe geprüft.

Nicht im Sehfeld liegende Anzeigen können durch Zusatzanzeigen im Sehfeld kompensiert werden. Ist Farbunterscheidung notwendig, ist das geeignete Sehfeld kleiner.

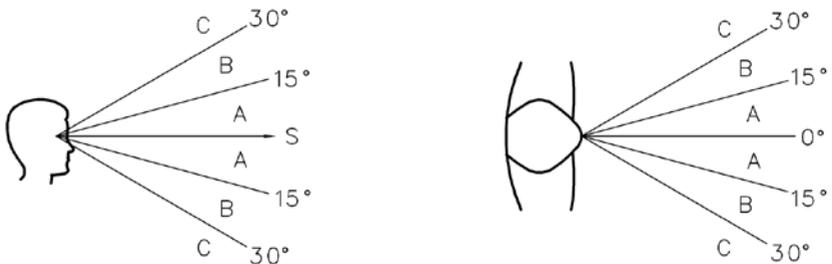


Abbildung 81: Entdeckungsaufgabe – Links: vertikales Sehfeld; Rechts: horizontales Sehfeld
Linie S: Sehachse, Richtung ist vorgegeben durch externe Arbeitsanforderungen
(Quelle: Bild 1 des Abschnittes 4.1.1 der DIN EN 894-2:2009-02)

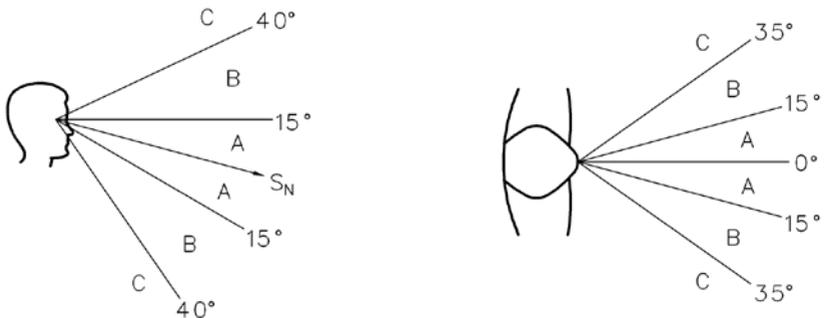


Abbildung 82: Überwachungsaufgabe – Links: vertikales Sehfeld; Rechts: horizontales Sehfeld
 Linie SN: Normale Sehachse, 15° bis 30° unter der Horizontalen
 (Quelle: Bild 2 des Abschnittes 4.1.1 der DIN EN 894-2:2009-02)

7.2.2 Identifizierung von optischen Anzeigen

Zu Frage b)

Die Eignung unterschiedlicher Strichstärken von Zeichen ist in Tabelle 2 des Abschnittes 4.2.1 der DIN EN 894-2:2009-02 dargestellt.

7.2.4 Besondere Anforderungen an die Identifizierung von analogen Anzeigen

Zu Frage a)

Die angemessenen Richtungen für die Bewegungen der Zeiger sind in Bild 4 des Abschnittes 4.2.3 der DIN EN 894-2:2009-02 dargestellt.

Bei Zunahme des Wertes soll sich der Zeiger

- auf einer kreisförmigen Skala im Uhrzeigersinn,
- auf einer waagerechten linearen Skala nach rechts oder
- auf einer senkrechten linearen Skala nach oben bewegen.

Bei Abnahme des Wertes soll sich der Zeiger

- auf einer kreisförmigen Skala gegen den Uhrzeigersinn,
- auf einer waagerechten linearen Skala nach links oder
- auf einer senkrechten linearen Skala nach unten bewegen.

Zu Frage b)

Die empfohlenen Abmessungen der Teilstriche einer Skala sind in Bild 5a und Tabelle 3 des Abschnittes 4.2.4 der DIN EN 894-2:2009-02 dargestellt.

8 Optische Gefahrensignale

Optische Gefahrensignale zeigen den nahe bevorstehenden Beginn oder das tatsächliche Vorhandensein einer Gefahrenlage an, die ein Risiko von Personenschäden oder Sachschäden einschließt und gewisse menschliche Reaktionen zur Gefahrbeseitigung, Kontrolle oder andere Schutzmaßnahmen erfordert. Hier wird zwischen optischen Warnsignalen und optischen Notsignalen unterschieden. In der Checkliste werden allerdings nur Warnsignale beurteilt, denn Notsignale sind bei den behandelten Maschinen nicht relevant.

Warnsignal: zeigt den nahe bevorstehenden Beginn einer Gefährdungslage an, die geeignete Maßnahmen zur Beseitigung oder Kontrolle der Gefahr erfordert. Optische Warnsignale haben Vorrang vor allen optischen Signalen.

Notsignal: zeigt den Beginn oder das tatsächliche Vorhandensein einer Gefahrenlage an, die ein sofortiges Handeln erfordert. Optische Notsignale haben Vorrang vor Warnsignalen und allen anderen optischen Signalen.

8.1 Erkennbarkeit von optischen Warnsignalen

Zu Frage a)

Nur als Sichtprüfung messbar. Dafür genügt es, wenn der Anwender der Checkliste um die Maschine herumgeht und die Hauptarbeitsposition einnimmt. Es werden zwei Ausprägungen von Gesichtsfeldern genannt: Falls die Sehrichtung durch die Maschine/Arbeit vorgegeben oder nicht vorgegeben ist. Die Unterschiede sind für diese Prüfung zu vernachlässigen. Entscheidend ist, ob der Prüfer die Signale in seinem Gesichtsfeld wahrnimmt.

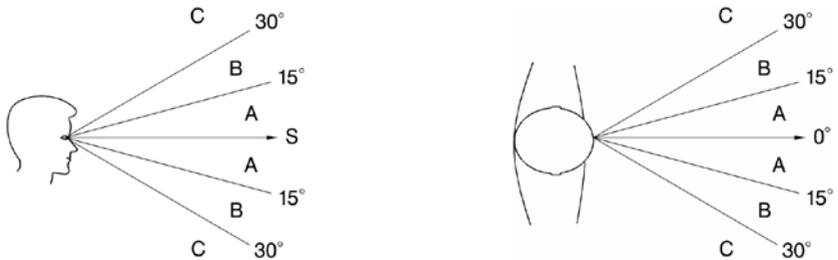


Abbildung 83: Erkennbarkeit von Warnsignalen;
 Links: vertikales Gesichtsfeld; Rechts: horizontales Gesichtsfeld
A: empfehlenswert;
B: akzeptabel;
C: ungeeignet;
 Linie S: vorgegebene Sehachse
 (Quelle: Bild 2 des Abschnittes 4.2.3 der DIN EN 842:2009-01)

Zu Frage b)

Bestehen Zweifel an der ausreichenden Leuchtdichte des Warnsignals, muss der Hersteller ein Gutachten gemäß den quantitativen Anforderungen der zitierten Norm beibringen.

Anforderungen:

Bei Leuchtflächen: Leuchtdichte mindestens das 5fache der Leuchtdichte des Hintergrunds.

Bei punktförmigen Lichtquellen: Die erforderliche Beleuchtungsstärke auf der Pupille in Lux in Abhängigkeit von der Leuchtdichte des Hintergrunds ist einem Diagramm (DIN EN 842:2009-01 Bild 1) zu entnehmen.

Zu Frage d)

Position: Bei mehreren Leuchten muss das rote über dem gelben angeordnet sein, bei zwei roten müssen diese auf gleicher Höhe angeordnet sein.

Lage: Anhand der Lage sollten die Natur der Gefahr und die Art der Maßnahmen erkennbar sein.

Farbkodierung: dazu eigene Frage

Zeitverlauf: nur für Notsignale (= rot) Blinklicht benutzen

10 Maschinenintegrierte Beleuchtung

Für die Bemessung der Beleuchtung von Arbeitsstätten gilt allgemein die Arbeitsstättenverordnung. Jedoch fällt die integrierte Beleuchtung von Maschinen zusätzlich unter die Maschinenrichtlinie. In der Maschinenrichtlinie wird auch gefordert, dass Maschinen mit einer den Arbeitsgängen entsprechenden Beleuchtung auszustatten sind, falls das Fehlen einer solchen Beleuchtung trotz normaler Raumbeleuchtung ein Risiko verursachen kann.

Nach DIN EN 1837:2009-12 hat der Hersteller der Maschine mit integrierter Beleuchtung einen Prüfbericht über das Beleuchtungssystem zu erstellen. Die Messungen können ergänzend zur DIN EN 1837:2009-12 nach DIN 5035-6:2006-11 „Beleuchtung mit künstlichem Licht, Messung und Bewertung“ erfolgen.

Für spezielle Aufgaben muss auf die relevanten Normen zur Beleuchtung von Arbeitsstätten (DIN EN 12 464-1 und DIN EN 12464-2) Bezug genommen werden.

Im Prüfbericht des Herstellers sollten folgende Randbedingungen angegeben sein:

- Geometrische Maße des Raumes (Grundriss- und Aufrisszeichnung), gegebenenfalls der Maschine,
- Art des Raumes bzw. Tätigkeit,
- Angaben über spezielle Arbeitsplätze und Gefahrstellen,
- Betriebszustand hinsichtlich einer Klimaanlage bei luftgekühlten Leuchten,
- zu messende Größen,
- Lage der Messpunkte,
- allgemeiner Zustand des Raumes, z.B. Alter, Zeitpunkt der letzten Renovierung, Grad der Verschmutzung.

Weiterhin sollten folgende Punkte zur Beleuchtungsanlage festgehalten sein:

- Anordnung der Leuchten,
- Art der Lampen (Hersteller, Bezeichnung, Nennlichtstrom),
- Leuchten (Hersteller, Bezeichnung, Leuchtenwirkungsgrad, Lichtstärkeverteilung, Verteilung der mittleren Leuchtdichte),

- allgemeiner Zustand der Beleuchtungsanlage, z.B. Zeitpunkt der letzten Verschmutzung von Lampen und Leuchten,
- Zeitpunkt der Erstellung der Beleuchtungsanlage/Maschine.

Randbedingungen zu den Messungen

1. In Beleuchtungsanlagen mit Leuchtstofflampen und anderen Entladungslampen sollen die Lampen mindestens 100 Stunden, bei Anlagen mit Glühlampen zehn Stunden gealtert sein. Vor Beginn der Messungen sind die Lampen so lange einzubrennen, bis ein stationärer Zustand der Anlage erreicht ist. Der stationäre Zustand kann als erreicht angesehen werden, wenn drei in Abständen von einigen Minuten aufeinander folgende Messungen keinen systematischen Gang mehr aufzeigen.
2. In Räumen, die auch durch Tageslicht beleuchtet werden, können die Messungen wie folgt durchgeführt werden:
 - Bei Dunkelheit.
 - Bei lichtdicht abgedeckten Fenstern und Oberlichtern. Die Abdeckung soll einen dem der Verglasung entsprechenden Reflexionsgrad (etwa 10 %) aufweisen.
 - Bei nicht abgedeckten Fenstern sowohl bei eingeschalteter als auch bei ausgeschalteter künstlicher Beleuchtung erzeugte Messwerte sind als Differenz zwischen den Messergebnissen bei künstlicher Beleuchtung (einschließlich Tageslicht) und bei alleinigem Tageslicht zu bestimmen. Da das Tageslicht starken zeitlichen Veränderungen unterliegen kann, sind diese beiden Messungen unmittelbar nacheinander durchzuführen. Die Einbrennzeit ist jeweils zu berücksichtigen. Der Tageslichtanteil kann auch mit einem Gerät zur Messung des Tageslichtquotienten ermittelt werden.
3. Da die Messergebnisse von Beleuchtungsstärke und Leuchtdichte von der Netzspannung abhängen, sollte die Netzspannung gemessen werden. Bei der Messung von Beleuchtungsanlagen mit Leuchtstofflampen sollten außerdem die Raumtemperatur und in besonderen Fällen die Umgebungstemperatur der Leuchten gemessen werden.

10.1 Beleuchtungsstärke, Lichtrichtung, Blendung

Zu Frage a)

Siehe vorstehende Anmerkungen zu Abschnitt 10 „Maschinenintegrierte Beleuchtung“

Zu Fragen b) und c)

Die lichttechnischen Größen sind z.B. in DIN 5035-1:1990-06 (zurückgezogen) bzw. DIN EN 12 464-1 erläutert.

Die Beleuchtungsstärke ist der auf eine bestimmte Teilfläche auffallende Lichtstrom, geteilt durch die Teilfläche. Die Beleuchtungsstärke wird mit der Einheit Lux (lx) bezeichnet. Als Formelzeichen ist ihr der Buchstabe E zugeordnet. Die Beleuchtungsstärke an Arbeitsplätzen ist auf der jeweils relevanten Ebene zu messen. Die Lage der Messebene ist im Prüfbericht anzugeben.

Über den Arbeitsplatz ist je nach Ausdehnung des Tätigkeitsbereiches ein geeignetes Messraster zu legen und die jeweiligen Horizontalbeleuchtungsstärken E_h sind zu messen. Aus den so gemessenen Werten ist der arithmetische Mittelwert getrennt nach den jeweiligen Messebenen zu bilden.

Bei zusätzlicher Einzelplatzbeleuchtung ist der Anteil der Allgemeinbeleuchtung getrennt zu ermitteln. Hierzu wird im ersten Messschritt bei eingeschalteter Allgemein- und Einzelplatzbeleuchtung gemessen, im zweiten Messschritt bei abgeschalteter Einzelplatzbeleuchtung.

Der Transmissionsgrad ist das Verhältnis der durchgelassenen Strahlungsleistung zur auffallenden Strahlungsleistung.

Zu Frage e)

Das Beleuchtungssystem muss so gestaltet und eingestellt werden, dass störende Schatten auf der Sehaufgabe vermieden werden. An Punkten, an denen zur Bewertung der Schattigkeit die zylindrische Beleuchtungsstärke E_z gemessen wird, ist die Horizontalbeleuchtungsstärke auch in dieser Höhe zu messen.

Anmerkung: Eine messtechnische Beurteilung der Schattigkeit wird nur in sehr seltenen Fällen erforderlich sein, da in der Praxis die Werkstücke hinsichtlich ihrer Abmaße, Konturen unter anderem variieren.

Zu Frage f)

Blendung ist die häufigste Ursache für Klagen über schlechte Beleuchtung. Bei ausgeprägter Blendung wird die Sehfunktion deutlich messbar herabgesetzt, und die Blendung wird sofort bemerkt. Dieses Phänomen wird als physiologische Blendung bezeichnet. Physiologische Blendung tritt beispielsweise auf, wenn das direkte Sonnenlicht bei fehlendem Sonnenschutz blendet. Nach Art ihrer Entstehung unterscheidet man zwischen Direktblendung und Reflexblendung.

Direktblendung kann beim unmittelbaren Blick auf selbstleuchtende Flächen, z.B. unzureichend abgeschirmte Lampen, auftreten. Die Blendungsempfindlichkeit hängt in komplexer Weise von mehreren Einflussfaktoren ab. Die Blendgefahr ist umso größer, je geringer die mittlere Leuchtdichte im Gesichtsfeld, je größer der Unterschied zwischen Leuchtdichte von Blendquelle und Gesichtsfeld und je größer die Flächenausdehnung der Blendquelle ist. Außerdem nimmt die Blendempfindlichkeit zu, je näher die Blendquelle zur Blicklinie liegt. Reflexblendung wird durch störende Reflexe auf blanken Oberflächen verursacht, wie Tischplatten, Bildern, Glasscheiben, Bildschirmen. Die Norm DIN EN 1837:2009-12 verlangt hinsichtlich der Begrenzung der Blendung eine visuelle Prüfung.

Zu Frage g)

Stroboskopische Effekte können bei Entladungslampen, die mit vergleichsweise niedrigen Frequenzen betrieben werden, entstehen. Wesentlich für den stroboskopischen Effekt ist die Zündspannung der Glimmentladung bzw. Bogenentladung. Bei herkömmlichen Entladungslampen liegt sie bei über 100 Volt. Speist man eine Entladungslampe mit Wechselspannung, so tritt in der Regel eine Leuchterscheinung auf Grund der Entladungsvorgänge nur in dem Bereich des Wechselspannungsverlaufes auf, bei dem die Spannung über der Zündspannung (100 Volt) liegt. Leuchtschichten können durch Nachleuchteffekte den „dunklen“ Bereich ausgleichen. Liegt dies jedoch nicht vor, so „blitzt“ die Entladungslampe mit 3000 1/Minute. Mit dieser Drehzahl drehende Teile werden dann als stillstehend empfunden.

10.2 Beleuchtungseinrichtung und -installation

Die Fragen zu diesem Abschnitt sind selbsterklärend und basieren auf DIN EN 1837:2009-12.

10.3 Wartung und Instandhaltung maschinenintegrierter Beleuchtung

Die Fragen zu diesem Abschnitt sind selbsterklärend und basieren auf DIN EN 1837:2009-12.

11 Beobachtung des Arbeitszyklus im Fertigungsprozess

Die Fragen zu diesem Abschnitt sind selbsterklärend.

Verzeichnis der Quellen

BG-Information „Ergonomie am Nährbeitsplatz“ (BGI 804-2)	41
Merkblatt für die ärztliche Untersuchung zur BK 2108, 2006 (BMAS)	47
DIN 1410:1986-06.....	65-67
DIN 33 411-5:1999-11	56, 57, 60
DIN EN 1005-1:2009-04	17
DIN EN 1005-3:2009-01	52-55, 58, 60
DIN EN 1005-4:2009-01	17, 35, 37
DIN EN 29 241-3:1993-08	83, 84
DIN EN 547-1:2009-01.....	8, 9
DIN EN 547-2:2009-01	10-13
DIN EN 60 447:2004-12	69-71
DIN EN 61310-3:2008-09.....	67-70
DIN EN 842:2009-01.....	90
DIN EN 894-2:2009-02	31, 85-88
DIN EN 894-3:2010-01	63-65
DIN EN 894-4:2010-11.....	72, 73
DIN EN ISO 14 738:2008-12.....	14, 26, 31, 39, 41
DIN EN ISO 9241-410:2008-05	80
VDI/VDE 3850 Blatt 2:2002-11	74, 76-78
Grahl GmbH 1999.....	43
Grandjean, E: Physiologische Arbeitsgestaltung, 4 Aufl Ott, Thun 1991	21, 29, 30, 40, 42
Lange, W; Windel, A: Kleine ergonomische Datensammlung, 13 Aufl TÜV, Köln 2009	22

VDI/VDE 3850 Blatt 2:2002-11:

Wiedergegeben mit Erlaubnis des Vereins Deutscher Ingenieure e.V.

DIN-Normen:

Auszüge aus DIN-Normen sind veröffentlicht mit freundlicher Genehmigung des DIN – Deutsches Institut für Normung e.V.

Urheberrechte

Herausgeber der Checkliste „Ergonomische Maschinengestaltung“ und dieser Information ist die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV).

Beide Dokumente mit Auszügen aus DIN-Normen sind veröffentlicht mit freundlicher Genehmigung des DIN – Deutsches Institut für Normung e.V.

Maßgebend für das Anwenden der DIN-Normen ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin erhältlich sowie über die Internetseite www.beuth.de online bestellbar sind.

Eine Vielzahl der für die Checkliste und dieser Information berücksichtigten Normen sind vom Beuth Verlag in einer Normensammlung zusammengefasst worden:
DIN Taschenbuch 352, Auflage 2, „Anwendung von Ergonomie-Normen bei der Gestaltung von Maschinen“. Beuth, Berlin 2010.

**Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)**

Glinkastraße 40
10117 Berlin
Tel.: 030 288763800
Fax: 030 288763808
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de