

DIN EN ISO 12100-2

DIN

ICS 01.040.13; 13.110

Ersatz für
DIN EN 292-2:1995-06

**Sicherheit von Maschinen –
Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze –
Teil 2: Technische Leitsätze (ISO 12100-2:2003)
Deutsche Fassung EN ISO 12100-2:2003**

Safety of machinery –
Basic concepts, general principles for design –
Part 2: Technical principles (ISO 12100-2:2003)
German version EN ISO 12100-2:2003

Sécurité des machines –
Notions fondamentales, principes généraux de conception –
Partie 2: Principes techniques (ISO 12100-2:2003)
Version allemande EN ISO 12100-2:2003

Gesamtumfang 40 Seiten

Normenausschuss Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG) im DIN
DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE
Normenausschuss Maschinenbau (NAM) im DIN



Die Europäische Norm EN ISO 12100-2:2003 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Diese Norm enthält sicherheitstechnische Festlegungen im Sinne des Gerätesicherheitsgesetzes.

Diese Norm beinhaltet die Deutsche Fassung des von der aus Vertretern von CEN, CENELEC, ISO und IEC gebildeten Expertengruppe „Überarbeitung von EN 292 — ISO/TR 12100“ unter Federführung des Technischen Komitees 114 „Sicherheit von Maschinen, Geräten und Anlagen“ des Europäischen Komitees für Normung (CEN) ausgearbeiteten Norm EN ISO 12100-2.

Kurz vor der Veröffentlichung wurde aus formellen Gründen die Federführung an das ISO/TC 199 „Sicherheit von Maschinen“ übertragen.

Für Deutschland war der Ausschuss NASG GA 1.0 „Allgemeine Grundsätze und Terminologie“ des Normenausschusses Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG) an der Bearbeitung beteiligt.

DIN 31000/VDE 1000:1979-03 gilt weiterhin für technische Erzeugnisse außerhalb des Anwendungsbereiches der vorliegenden Norm.

Die in Abschnitt 2 zitierten Europäischen Normen wurden als DIN-EN-Normen mit gleicher Zählnummer veröffentlicht.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 292-2:1995-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Aktualisierung der Verweisungen.
- b) Einbeziehung technischer Leitsätze hinsichtlich der Beweglichkeit und des Hebens.
- c) Ergänzung technischer Schutzmaßnahmen (z. B. zur Anwesenheitsmeldung, aktive optoelektronische Schutzeinrichtungen).

Frühere Ausgaben

DIN EN 292-2:1995-06

Beginn der Gültigkeit

EN ISO 12100-2:2003 wurde am 9. Juni 2003 angenommen.

Deutsche Fassung

Sicherheit von Maschinen – Grundbegriffe, allgemeine
Gestaltungsleitsätze – Teil 2: Technische Leitsätze
(ISO 12100-2:2003)

Safety of machinery – Basic concepts, general principles
for design – Part 2: Technical principles (ISO 12100-
2:2003)

Sécurité des machines – Notions fondamentales, principes
généraux de conception – Partie 2: Principes techniques
(ISO 12100-2:2003)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 9. Juni 2003 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, der Slowakei, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn und dem Vereinigten Königreich.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

| | Seite |
|--|-------|
| Vorwort..... | 3 |
| Einleitung..... | 4 |
| 1 Anwendungsbereich..... | 4 |
| 2 Normative Verweisungen..... | 4 |
| 3 Begriffe..... | 5 |
| 4 Inhärent sichere Konstruktion..... | 5 |
| 4.1 Allgemeines..... | 5 |
| 4.2 Berücksichtigung von geometrischen Faktoren und physikalischen Aspekten..... | 5 |
| 4.3 Berücksichtigung des allgemeinen technischen Wissens zur Konstruktion von Maschinen..... | 6 |
| 4.4 Auswahl geeigneter Technologien..... | 7 |
| 4.5 Anwenden des Prinzips der mechanisch zwangsläufigen Wechselwirkung zwischen Bauteilen..... | 7 |
| 4.6 Vorkehrungen für die Standsicherheit..... | 7 |
| 4.7 Vorkehrungen für die Instandhaltbarkeit..... | 8 |
| 4.8 Beachten ergonomischer Grundsätze..... | 8 |
| 4.9 Verhüten elektrischer Gefährdung..... | 9 |
| 4.10 Vermeiden von Gefährdungen durch pneumatische und hydraulische Ausrüstungen..... | 9 |
| 4.11 Anwenden von Maßnahmen zur inhärent sicheren Konstruktion von Steuerungen..... | 10 |
| 4.12 Minimieren des Ausfalls von Sicherheitsfunktionen..... | 15 |
| 4.13 Begrenzen der Gefährdungsexposition durch Zuverlässigkeit der Ausrüstung..... | 16 |
| 4.14 Begrenzen der Gefährdungsexposition durch Mechanisierung oder Automatisierung von Belade- (Beschickungs-)/Entlade-(Entnahme-)arbeiten..... | 16 |
| 4.15 Begrenzen der Gefährdungsexposition durch Schaffung von Einricht- und Wartungsstellen außerhalb von Gefährdungsbereichen..... | 16 |
| 5 Technische Schutzmaßnahmen und ergänzende Schutzmaßnahmen..... | 17 |
| 5.1 Allgemeines..... | 17 |
| 5.2 Auswahl und praktische Anwendung von trennenden und nicht trennenden Schutzeinrichtungen..... | 17 |
| 5.3 Anforderungen an die Konstruktion von trennenden und nicht trennenden Schutzeinrichtungen..... | 23 |
| 5.4 Technische Schutzmaßnahmen zur Verringerung von Emissionen..... | 25 |
| 5.5 Ergänzende Schutzmaßnahmen..... | 26 |
| 6 Benutzerinformation..... | 28 |
| 6.1 Allgemeine Anforderungen..... | 28 |
| 6.2 Platzierung und Art der Benutzerinformation..... | 28 |
| 6.3 Signale und Warneinrichtungen..... | 29 |
| 6.4 Kennzeichnungen, Zeichen (Piktogramme), schriftliche Warnhinweise..... | 29 |
| 6.5 Begleitunterlagen (insbesondere Betriebsanleitung)..... | 30 |
| Anhang ZA (informativ) Übereinstimmung zwischen ISO-Normen und Europäischen Normen..... | 33 |
| Anhang ZB (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie(Richtlinie 98/37/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Juni 1998 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten für Maschinen)..... | 35 |
| Literaturhinweise..... | 36 |

Vorwort

Dieses Dokument EN ISO 12100-2:2003 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 199 „Safety of machinery“, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird, in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 114 „Safety of machinery“ erarbeitet.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Mai 2004, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Mai 2004 zurückgezogen werden.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinien.

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinien siehe informativen Anhang ZB, der Bestandteil dieses Dokumentes ist.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Slowakei, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn und Vereinigtes Königreich.

Dieses Dokument ersetzt ISO/TR 12100-2:1992 und EN 292-2:1991 welche technisch überarbeitet worden sind.

Diese Norm ist das Ergebnis der Überarbeitung von EN 292:1991/ISO/TR 12100:1992, die von einer aus Experten von ISO, CEN, IEC und CENELEC bestehenden Arbeitsgruppe vorgenommen wurde.

Die Norm besteht aus folgenden zwei Teilen unter dem Haupttitel *„Sicherheit von Maschinen - Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze“*

- Teil 1: Grundsätzliche Terminologie, Methodologie; stellt die grundlegende Gesamtmethodologie dar, die zu befolgen ist, wenn Maschinen konstruiert und Sicherheitsnormen für Maschinen erarbeitet werden, und enthält die grundsätzliche Terminologie für das dieser Arbeit zugrunde liegende Denkmodell;
- Teil 2: Technische Leitsätze; gibt Hinweise darüber, wie dieses Denkmodell mit verfügbaren Techniken angewandt werden kann.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 12100-2:2003 wurde vom CEN als EN ISO 12100-2:2003 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Einleitung

Der Hauptzweck von ISO 12100 besteht darin, Konstrukteuren einen Gesamtüberblick und einen Leitfaden zu geben, um ihnen die Herstellung von Maschinen zu ermöglichen, die für ihre bestimmungsgemäße Verwendung sicher sind. Sie liefert auch eine Strategie für die Erarbeitung von Normen.

Der Begriff der Sicherheit von Maschinen betrachtet die Fähigkeit einer Maschine, ihre vorgesehene(n) Funktion(en) während ihrer Lebensdauer auszuführen, wobei das Restrisiko hinreichend verringert wurde.

Die vorliegende Norm bildet die Grundlage für eine Normenreihe, die folgende Struktur besitzt:

- **Typ-A-Normen** (Sicherheitsgrundnormen) behandeln Grundbegriffe, Gestaltungsleitsätze und allgemeine Aspekte, die auf Maschinen angewandt werden können;
- **Typ-B-Normen** (Sicherheitsfachgrundnormen) behandeln einen Sicherheitsaspekt oder eine Art von Schutzeinrichtungen, die für eine ganze Reihe von Maschinen verwendet werden können:
 - Typ-B1-Normen für bestimmte Sicherheitsaspekte (z. B. Sicherheitsabstände, Oberflächentemperatur, Lärm);
 - Typ-B2-Normen für Schutzeinrichtungen (z. B. Zweihandschaltungen, Verriegelungseinrichtungen, druckempfindliche Einrichtungen, trennende Schutzeinrichtungen);
- **Typ-C-Normen** (Maschinensicherheitsnormen) behandeln detaillierte Sicherheitsanforderungen an eine bestimmte Maschine oder Gruppe von Maschinen.

Diese Norm ist eine Typ-A-Norm.

Die Thematik zahlreicher Abschnitte bzw. Unterabschnitte dieser Norm wird auch, in detaillierterer Weise, in weiteren Typ-A- oder in Typ-B-Normen behandelt.

Wenn eine Typ-C-Norm von einer oder mehreren Festlegungen abweicht, die im Teil 2 dieser Norm oder in einer Typ-B-Norm behandelt werden, dann hat die Typ-C-Norm Vorrang.

Es wird empfohlen, diese Norm in Ausbildung und Handbücher einzubeziehen, um den Konstrukteuren die grundlegende Terminologie und allgemeine Konstruktionsverfahren zu vermitteln.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt technische Leitsätze fest, um Konstrukteure dabei zu unterstützen, sichere Maschinen zu konstruieren.

ISO 12100-2 ist dafür vorgesehen, bei der Betrachtung der Lösung für ein spezifisches Problem zusammen mit ISO 12100-1 verwendet zu werden. Die beiden Teile von ISO 12100 können unabhängig von weiteren Dokumenten oder als Grundlage für die Erarbeitung weiterer Typ-A-, bzw. Typ-B- oder Typ-C-Normen verwendet werden.

Diese Norm behandelt keine Schäden an Haustieren, Eigentum oder Umwelt.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden normativen Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60204-1:1997, *Sicherheit von Maschinen — Elektrische Ausrüstung von Maschinen — Teil 1: Allgemeine Anforderungen*.

EN ISO 12100-1:2003, *Sicherheit von Maschinen — Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze — Teil 1: Grundsätzliche Terminologie, Methodologie (ISO 12100-1:2003)*.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Internationalen Norm Dokuments gelten die Begriffe aus ISO 12100-1:2003.

4 Inhärent sichere Konstruktion

4.1 Allgemeines

Inhärent sichere Konstruktion ist der erste und wichtigste Schritt im Prozess der Risikominderung, da es hierbei wahrscheinlich ist, dass die inhärenten Schutzmaßnahmen für die spezifische Maschine wirksam bleiben. Dagegen hat die Erfahrung gezeigt, dass selbst gut konzipierte technische Schutzmaßnahmen versagen oder umgangen werden können und dass die Benutzerinformation eventuell nicht befolgt wird.

Inhärent sichere Konstruktion wird erreicht, indem Gefährdungen vermieden oder Risiken vermindert werden durch eine geeignete Auswahl von Konstruktionsmerkmalen der Maschine selbst und/oder Wechselwirkungen zwischen den gefährdeten Personen und der Maschine.

ANMERKUNG In Abschnitt 5 werden technische und ergänzende Schutzmaßnahmen zum Erreichen der Ziele zur Risikominderung für den Fall angegeben, dass die inhärent sichere Konstruktion nicht ausreicht (siehe 3-Stufen-Methode in ISO 12100-1:2003, Abschnitt 5).

4.2 Berücksichtigung von geometrischen Faktoren und physikalischen Aspekten

4.2.1 Geometrische Faktoren

Solche Faktoren können z. B. sein:

- äußere Gestaltung der Maschine, sodass vom Steuerstand aus eine größtmögliche direkte Einsehbarkeit der Arbeits- und Gefährdungsbereiche erreicht wird, z. B. indem nicht einsehbare Stellen verringert und, sofern erforderlich, Einrichtungen für die indirekte Sicht (z. B. Spiegel) unter Berücksichtigung des menschlichen Sehvermögens ausgewählt und angeordnet werden; dies gilt besonders dann, wenn der sichere Betrieb eine ständige direkte Kontrolle durch die Bedienperson erforderlich macht, z. B.:
 - im Bewegungs- und Arbeitsbereich von fahrbaren Maschinen;
 - in Bewegungszonen von angehobenen Lasten oder von Fahrkörben / Arbeitsbühnen von Personenhebezeugen;
 - im Kontaktbereich des Werkzeugs von handgehaltenen oder handgeführten Maschinen mit dem zu bearbeitenden Material;

Die Konstruktion der Maschine muss der Bedienperson ermöglichen, vom Hauptsteuerstand aus sicherzustellen, dass sich in den Gefährdungsbereichen keine gefährdeten Personen aufhalten.

- Gestaltung und Anordnung der mechanischen Bauteile; Gefährdungen durch Quetschen und Scheren werden z. B. dadurch vermieden, indem der Mindestabstand zwischen den sich bewegenden Teilen so vergrößert wird, dass der betreffende Körperteil sicher in den Zwischenraum gelangen kann, oder indem der Zwischenraum so verkleinert wird, dass kein Körperteil hineingelangen kann (siehe ISO 13852, ISO 13853, ISO 13854);
- Vermeidung scharfer Kanten und Ecken, vorstehender Teile; soweit der Verwendungszweck es zulässt, dürfen zugängliche Teile von Maschinen keine scharfen Kanten, spitzen Winkel, rauen Oberflächen oder vorstehenden Teile haben, die Verletzungen verursachen können, sowie keine Öffnungen, in denen sich Körperteile oder Kleidungsstücke „fangen“ könnten; besonders bei Blechen müssen Kanten entgratet, gebördelt oder geformt werden; offene Enden von Rohren, die eine „Falle“ darstellen könnten, müssen verschlossen werden;
- äußere Gestaltung der Maschine, damit eine angemessene Arbeitsposition und Zugänglichkeit der Stellteile (Bedienteile) erreicht wird.

4.2.2 Physikalische Aspekte

Solche Aspekte können z. B. sein:

- Begrenzen der Betätigungskraft auf einen ausreichend niedrigen Wert, damit das betätigte Teil keine mechanische Gefährdung hervorruft;
- Begrenzen der Masse und/oder der Geschwindigkeit der beweglichen Elemente und demzufolge ihrer kinetischen Energie;
- Begrenzen der Emissionen durch Einwirken auf die Eigenschaften ihrer Quelle:
 - Maßnahmen zur Lärminderung an der Quelle (siehe ISO/TR 11688-1);
 - Maßnahmen zur Verringerung von Schwingungen an der Quelle, umfassen z. B. Umverteilung oder Erhöhung der Masse und Veränderung von Prozessparametern, z. B. Frequenz und/oder Amplitude von Bewegungen (für handgehaltene und handgeführte Maschinen siehe CR 1030-1);
 - Maßnahmen zur Verringerung der Emission von Gefahrstoffen, umfassen z. B. die Verwendung von weniger gefährlichen Stoffen oder die Anwendung von weniger Staub erzeugenden Verfahren;
 - Maßnahmen zur Verringerung der Emission von Strahlung, umfassen z. B. Vermeiden der Anwendung von gefährdenden Strahlenquellen, Begrenzen der Strahlungsstärke auf das für die ordnungsgemäße Funktion der Maschine erforderliche geringstmögliche Niveau, Konstruktion der Quelle mit einem auf das Ziel gerichteten Strahl, Vergrößern des Abstandes zwischen der Quelle und der Bedienperson oder Fernsteuerung der Maschine.
- Maßnahmen zur Verringerung der Emission von nichtionisierender Strahlung sind in 5.4.5 angegeben (siehe auch EN 12198-1 und -3).

4.3 Berücksichtigung des allgemeinen technischen Wissens zur Konstruktion von Maschinen

Dieses allgemeine technische Wissen kann aus den technischen Spezifikationen zur Konstruktion (z. B. Normen, Konstruktionsregeln, Berechnungsregeln) gewonnen werden. Diese sollten angewendet werden, um Folgendes zu behandeln:

- a) mechanische Beanspruchungen, z. B.:
 - Begrenzung der Beanspruchung durch richtige Berechnung, Herstellungsverfahren und Verbindungsmethoden, z. B. verschraubte oder verschweißte Bauteile;
 - Begrenzung der Beanspruchung durch Vermeidung von Überlastung (z. B. Schmelzsicherungen, Druckbegrenzungsventile, Sollbruchstellen, Drehmomentbegrenzer);
 - Vermeidung von Materialermüdung bei Teilen unter wechselnder Beanspruchung (besonders zyklische Beanspruchungen);
 - statisches und dynamisches Auswuchten von rotierenden Teilen;
- b) Werkstoffe und deren Eigenschaften, z. B.:
 - Beständigkeit gegen Korrosion, Alterung, Abrieb und Verschleiß;
 - Härte, Dehnbarkeit, Sprödigkeit;
 - Homogenität;
 - Toxizität;
 - Entflammbarkeit;

c) Emissionswerte für:

- Lärm;
- Schwingungen;
- Gefahrstoffe;
- Strahlung.

Wenn die Zuverlässigkeit besonderer Bauteile oder Baugruppen für die Sicherheit erheblich ist (z. B. Seile, Ketten, Zubehör für das Anheben von Lasten oder Personen), müssen die Werte für Beanspruchungen mit geeigneten Arbeitskoeffizienten multipliziert werden.

4.4 Auswahl geeigneter Technologien

Durch die Auswahl der Technologien für die jeweiligen Anwendungen können eine oder mehrere Gefährdungen beseitigt oder Risiken vermindert werden, z. B.:

- a) bei Maschinen, die zum Einsatz in explosionsgefährdeten Atmosphären vorgesehen sind:
 - voll pneumatische oder hydraulische Steuerungen und Antriebselemente;
 - "eigensichere" elektrische Ausrüstungen (siehe EN 50020);
- b) für bestimmte zu verarbeitende Erzeugnisse, wie z. B. Lösemittel: Einrichtung, die sicherstellt, dass die Temperatur weit unterhalb des Flammpunktes bleibt;
- c) alternative Ausrüstungen zum Vermeiden hoher Geräuschpegel, z. B.:
 - elektrische anstelle pneumatischer Ausrüstungen;
 - unter besonderen Bedingungen Ausrüstungen zum Schneiden mit Wasser anstelle mechanischer Ausrüstungen.

4.5 Anwenden des Prinzips der mechanisch zwangsläufigen Wechselwirkung zwischen Bauteilen

Falls ein sich bewegendes mechanisches Bauteil zwangsläufig ein anderes Bauteil entweder durch direkte Berührung oder über starre Teile mitbewegt, dann sind diese Bauteile zwangsläufig (oder positiv) miteinander verbunden. Ein Beispiel dafür ist das zwangsläufige Öffnen von Schalteinrichtungen in einem elektrischen Stromkreis (siehe IEC 60947-5-1 und ISO 14119:1998, 5.7).

ANMERKUNG Wenn ein mechanisches Bauteil durch seine eigene Bewegung einem anderen Bauteil gestattet, sich frei zu bewegen (z. B. durch Schwerkraft, durch Federkraft), handelt es sich nicht um eine mechanisch zwangsläufige Wechselwirkung zwischen den Bauteilen.

4.6 Vorkehrungen für die Standsicherheit

Maschinen müssen so konstruiert sein, dass sie ausreichend standsicher sind, um unter den festgelegten Bedingungen ihres Einsatzes sicher verwendet werden zu können. Zu berücksichtigende Faktoren sind:

- Form des Fundamentes;
- Masseverteilung, einschließlich Ladung;
- dynamische Kräfte, die durch die Bewegung von Maschinenteilen, von der Maschine selbst oder von Teilen, die von der Maschine gehalten werden, verursacht werden und die zu einem Kippmoment führen können;
- Schwingungen;

- Schwankungen des Masseschwerpunktes;
- Eigenschaften der Auflagefläche im Falle von Verfahrbewegungen oder Aufbau an unterschiedlichen Einsatzorten (z. B. Bodenbeschaffenheit, Neigungen);
- äußere Kräfte (z. B. Winddruck, manuelle Kräfte).

Die Standsicherheit muss in sämtlichen Lebensdauerphasen der Maschine beachtet werden, einschließlich Handhabung, Verfahrbewegung, Aufbau, Betrieb, Außerbetriebnahme und Demontage.

Weitere Schutzmaßnahmen zur Standsicherheit sind als technische Schutzmaßnahmen in 5.2.6 angegeben.

4.7 Vorkehrungen für die Instandhaltbarkeit

Bei der Konstruktion einer Maschine müssen folgende Faktoren für die Instandhaltbarkeit berücksichtigt werden:

- Zugänglichkeit unter Berücksichtigung der Umgebung und der menschlichen Körpermaße, einschließlich der Maße der Arbeitsbekleidung und der verwendeten Werkzeuge;
- leichte Handhabung unter Berücksichtigung der menschlichen Fähigkeiten;
- Begrenzung der Anzahl von besonderen Werkzeugen und Ausrüstungen.

4.8 Beachten ergonomischer Grundsätze

4.8.1 Ergonomische Grundsätze müssen bei der Konstruktion von Maschinen berücksichtigt werden, um psychische oder körperliche Belastung(en) und Stress der Bedienperson zu vermindern. Diese Grundsätze müssen bei Konstruktionsbeginn der Maschine beachtet werden, wenn der Bedienperson und der Maschine Funktionen zugeordnet werden (Automatisierungsgrad).

ANMERKUNG Damit wird auch die Leistung und Zuverlässigkeit beim Betrieb der Maschine erhöht, wodurch sich die Wahrscheinlichkeit von Fehlern in allen Phasen des Einsatzes der Maschine vermindert.

Berücksichtigt werden müssen die Körpergrößen der zu erwartenden Benutzer, der Kraftaufwand und die Körperhaltungen, der Bewegungsumfang, die Frequenz sich wiederholender Tätigkeiten (siehe ISO 10075 und ISO 10075-2).

Sämtliche Elemente der „Mensch-Maschine“-Schnittstelle wie Stellteile, Signal- oder Datenanzeigen müssen so konstruiert werden, dass sie leicht verständlich sind, um eine klare und eindeutige Wechselwirkung zwischen Bedienperson und Maschine zu ermöglichen.

Siehe EN 614-1, ISO 6385, EN 13861 und IEC 61310-1.

Die Aufmerksamkeit des Konstrukteurs ist besonders auf folgende ergonomische Aspekte zu richten:

4.8.2 Vermeiden von beanspruchenden Körperhaltungen und Bewegungen bei Benutzung der Maschine (z. B. durch Schaffen von Möglichkeiten zum Anpassen der Maschine an verschiedene Bedienpersonen).

4.8.3 Konstruktion von Maschinen, besonders von handgehaltenen und beweglichen Maschinen, die leicht betrieben werden können. Dabei sind die menschliche Kraft, die Betätigung von Stellteilen und die Anatomie von Hand, Arm und Bein zu berücksichtigen.

4.8.4 Möglichst weitgehendes Vermeiden von Lärm, Schwingungen und thermischen Wirkungen (z. B. extreme Temperaturen).

4.8.5 Vermeiden einer Verknüpfung zwischen dem Arbeitsrhythmus der Bedienperson und dem automatischen Ablauf von Arbeitszyklen.

4.8.6 Schaffen von örtlicher Beleuchtung auf oder in der Maschine zum Ausleuchten des Arbeitsplatzes und der Einstell-, Einricht- und häufig benutzten Instandhaltungsbereiche, wenn aufgrund der Konstruktionsmerkmale der Maschine und/oder deren trennender Schutzeinrichtungen die Umgebungsbeleuchtung nicht mehr ausreicht.

Flackern, Blenden, Schattenbildung und Stroboskopeffekte müssen vermieden werden, falls sie ein Risiko herbeiführen können. Falls die Lage der Beleuchtungsquelle eingestellt werden muss, darf deren Anbringungsart zu keinem Risiko für die die Einstellung vornehmenden Personen führen.

4.8.7 Auswahl, Anordnung und Kennzeichnen von Stellteilen, sodass

- sie deutlich sichtbar und erkennbar und, sofern erforderlich, zweckdienlich gekennzeichnet sind (siehe 6.4);
- sie ohne Zögern oder Zeitverlust und eindeutig sicher betätigt werden können (z. B. vermindert eine einheitliche Gestaltung von Stellteilen die Möglichkeit für Fehler, wenn eine Bedienperson von einer Maschine zu einer anderen ähnlichen Typs wechselt, die nach dem gleichen Betriebssystem arbeitet);
- deren Anordnung (für Drucktasten) und Stellwege (für Hebel und Handräder) mit der jeweiligen Steuerwirkung übereinstimmen (siehe IEC 61310-3);
- deren Betätigung nicht zusätzliche Risiken verursachen kann.

Siehe auch EN 894-3.

Ist ein Stellteil für mehrere verschiedene Steuervorgänge konstruiert und ausgeführt, insbesondere wenn keine Eins-zu-Eins-Übereinstimmung besteht (z. B. bei Verwendung von Tastaturen), muss der jeweilige Steuervorgang unmissverständlich angezeigt und gegebenenfalls bestätigt werden.

Stellteile müssen unter Berücksichtigung der ergonomischen Grundsätze so angeordnet werden, dass deren Gestaltung, Bewegungsrichtung und Betätigungswiderstand mit dem vorgesehenen Steuervorgang kompatibel sind. Die Belastungen aufgrund der notwendigen oder vorhersehbaren Verwendung persönlicher Schutzausrüstungen (z. B. Schuhe, Handschuhe) müssen in Betracht gezogen werden.

4.8.8 Auswahl, Konstruktion und Anordnung von Anzeigen, Skalen, Displays, sodass:

- sie den Parametern und spezifischen Merkmalen der menschlichen Wahrnehmung angepasst sind;
- angezeigte Informationen ohne Schwierigkeiten wahrgenommen, erkannt und interpretiert werden können, d. h., dass sie lange genug angezeigt werden und hinsichtlich der Anforderungen der Bedienpersonen und der bestimmungsgemäßen Verwendung klar, eindeutig und verständlich sind;
- die Bedienperson in der Lage ist, sie vom Steuerstand aus wahrzunehmen.

4.9 Verhüten elektrischer Gefährdung

Für die Konstruktion elektrischer Ausrüstungen von Maschinen gibt IEC 60204-1:1997 allgemeine Festlegungen, besonders in Abschnitt 6 für den Schutz gegen elektrischen Schlag. Für Anforderungen bezogen auf spezifische Maschinen siehe entsprechende IEC-Normen (z. B. Reihen von IEC 61029, IEC 60745, IEC 60335).

4.10 Vermeiden von Gefährdungen durch pneumatische und hydraulische Ausrüstungen

Pneumatische und hydraulische Ausrüstungen von Maschinen müssen so konstruiert sein, dass:

- der maximale Nenndruck in den Kreisläufen nicht überschritten werden kann (z. B. durch Druckbegrenzer);
- sich keine Gefährdungen aus Druckstößen, Druckanstiegen oder Druck- beziehungsweise Vakuumverlusten ergeben;
- Undichtigkeiten oder Bauteilversagen nicht zu Gefährdungen durch Herausspritzen von Flüssigkeiten oder durch plötzliche gefährdende Bewegung von Schläuchen (Peitschen) führen;
- Druckluftbehälter, Druckausgleichsbehälter oder ähnliche Druckbehälter (z.B. in Hydrospeichern) mit den Ausführungsvorschriften für derartige Bauteile übereinstimmen;

- sämtliche Ausrüstungsteile, besonders Rohre und Schläuche, gegen schädliche äußere Einflüsse geschützt werden;
- Druckluftbehälter und ähnliche Druckbehälter (z. B. in Hydrospeichern) möglichst automatisch druckentlastet werden, sobald die Maschine von der Energiezufuhr getrennt wird (siehe 5.5.4), und, falls das nicht möglich ist, Maßnahmen für die Energietrennung, lokale Druckentlastung und Druckanzeige vorgesehen werden (siehe auch ISO 14118:2000, Abschnitt 5);
- sämtliche Bauteile, die nach der Trennung der Maschine von der Energieversorgung unter Druck bleiben, mit deutlich erkennbaren Ablasserichtungen und einem Warnschild versehen sind, das auf die Notwendigkeit einer Druckentlastung dieser Teile hinweist, bevor Einricht- oder Instandhaltungsarbeiten an der Maschine vorgenommen werden.

Siehe auch ISO 4413 und ISO 4414.

4.11 Anwenden von Maßnahmen zur inhärent sicheren Konstruktion von Steuerungen

4.11.1 Allgemeines

Die Konstruktionsmaßnahmen für Steuerungen müssen so gewählt werden, dass ihr sicherheitsbezogener Beitrag zu einer ausreichenden Risikominderung führt (siehe ISO 13849-1).

Die ordnungsgemäße Konstruktion von Maschinensteuerungen kann unvorhersehbares und potenziell gefährdendes Maschinenverhalten vermeiden.

Typische Ursachen für gefährdendes Maschinenverhalten sind:

- ungeeignete Konstruktion oder (zufällige oder vorsätzliche) Modifizierung der Steuerungslogik;
- vorübergehender oder ständiger Defekt der Steuerung oder Ausfall eines oder mehrerer Bauteile der Steuerung;
- Abweichung oder Ausfall der Energieversorgung der Steuerung;
- ungeeignete Auswahl, Konstruktion und Anordnung von Steuereinrichtungen.

Typische Beispiele für gefährdendes Maschinenverhalten sind:

- unbeabsichtigter/unerwarteter Anlauf (siehe ISO 14118);
- ungesteuerte Geschwindigkeitsänderung;
- Ausfall von Einrichtungen zum Anhalten von sich bewegenden Teilen;
- Herabfallen oder Wegschleudern eines sich bewegenden Teiles der Maschine oder eines von der Maschine gehaltenen Werkstückes;
- Maschinenfunktionen als Ergebnis der Unwirksamkeit (Umgehen oder Ausfall) von nicht trennenden Schutzeinrichtungen.

Um gefährdendes Maschinenverhalten zu vermeiden und Sicherheitsfunktionen zu erreichen, muss die Konstruktion der Steuerung mit den in diesen Unterabschnitten 4.11 und 4.12 angegebenen Grundsätzen und Verfahren übereinstimmen. Diese Grundsätze und Verfahren müssen entsprechend den Gegebenheiten einzeln oder in Kombination angewendet werden (siehe ISO 13849-1 und IEC 60204-1:1997, Abschnitte 9 bis 12).

Steuerungen müssen so konstruiert werden, dass es der Bedienperson ermöglicht ist, Eingriffe sicher und einfach vorzunehmen. Dies erfordert eine oder mehrere der folgenden Lösungen:

- systematische Analyse der START- und STOP-Bedingungen;

- Vorkehrungen für bestimmte Betriebsarten (z. B. Anlaufen nach normalem Anhalten, Wiederanlauf nach Unterbrechung eines Arbeitszyklus oder nach Stillsetzen im Notfall; Entfernen von in der Maschine befindlichen Werkstücken, Betrieb eines Teiles der Maschine bei Ausfall eines Maschinenelementes);
- eindeutige Anzeige der Fehler;
- Maßnahmen zur Verhinderung der versehentlichen Erzeugung unerwarteter Befehle zum Ingangsetzen (z. B. abgeschirmte Einschaltvorrichtung), die möglicherweise zu gefährdendem Maschinenverhalten führen (siehe ISO 14118:2000, Bild 1);
- anhaltende STOP-Befehle (z. B. Verriegelung), um einen Wiederanlauf zu verhindern, der zu gefährdendem Maschinenverhalten führen könnte (siehe ISO 14118:2000, Bild 1).

Eine Maschinenanlage kann unterteilt werden in verschiedene Bereiche für das Stillsetzen im Notfall, für das Stillsetzen als Folge der Wirkung von nicht trennenden Schutzeinrichtungen und/oder für Energietrennung und -ableitung. Die verschiedenen Bereiche müssen eindeutig festgelegt sein und es muss eindeutig erkennbar sein, welche Teile der Maschine zu welchem Bereich gehören. Ebenso muss eindeutig erkennbar sein, welche Steuereinrichtungen (z. B. Einrichtung zum Stillsetzen im Notfall, Einrichtung zum Trennen von der Versorgung) und/oder nicht trennende Schutzeinrichtungen zu welchem Bereich gehören. Die Schnittstellen zwischen den Bereichen müssen so ausgelegt sein, dass der zum Eingreifen der Bedienperson stillgesetzte Bereich durch keine Funktionen in den benachbarten Bereichen gefährdet wird.

Steuerungen müssen so konstruiert sein, dass die Bewegungen von Maschinenteilen, von der Maschine selbst oder von der Maschine gehaltenen Werkstücken und/oder Lasten auf die Parameter für eine sichere Konstruktion begrenzt sind (z. B. Bereich, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Abbremsen, Belastbarkeit). Dynamische Auswirkungen müssen berücksichtigt werden (z. B. das Schwingen von Lasten).

Zum Beispiel:

- die Bewegungsgeschwindigkeit einer fahrbaren, mitgängergeführten Maschine, mit Ausnahme von ferngesteuerten Maschinen, muss der Geschwindigkeit beim Gehen angepasst sein;
- Bereich, Geschwindigkeit, Beschleunigung und Abbremsen von Bewegungen von Fahrkörben für Personen und Personenhebezeugen müssen unter Berücksichtigung der Gesamtreaktionszeit von Bedienperson und Maschine auf nicht gefährdende Werte begrenzt werden;
- der Bewegungsbereich von Teilen der Maschine zum Anheben von Lasten muss innerhalb festgelegter Grenzen gehalten werden.

Wenn die Maschine für den synchronen Betrieb verschiedener Elemente konstruiert ist, die auch unabhängig voneinander betrieben werden können, muss die Steuerung so ausgelegt sein, dass Risiken aufgrund des Fehlens der Synchronisation verhindert werden.

4.11.2 Ingangsetzen einer internen Energiequelle/Einschalten einer äußeren Energiequelle

Das Ingangsetzen einer internen Energiequelle oder das Einschalten einer äußeren Energiequelle darf nicht zu einem Anlauf von Arbeitsteilen führen (z. B. das Anlassen eines eingebauten Verbrennungsmotors darf nicht zu einer Bewegung einer fahrbaren Maschine führen; das Anschließen an die Stromversorgung darf nicht zum Anlaufen von Arbeitsteilen einer elektrischen Maschine führen; siehe IEC 60204-1:1997, 7.5).

4.11.3 Ingangsetzen/Stillsetzen eines Mechanismus

Der maßgebliche Vorgang zum Ingangsetzen oder Beschleunigen eines Mechanismus sollte durch Anlegen oder Erhöhen einer Spannung oder eines Flüssigkeitsdruckes oder, sofern es binäre logische Elemente betrifft, durch Überführen vom Zustand 0 in den Zustand 1 (wenn Zustand 1 der höchste Energiezustand ist) ausgeführt werden.

Der maßgebliche Vorgang zum Stillsetzen oder Verlangsamen sollte durch Wegnahme oder Verringerung einer Spannung oder eines Flüssigkeitsdruckes oder, sofern es binäre logische Elemente betrifft, durch Überführen vom Zustand 1 in den Zustand 0 (wenn Zustand 1 der höchste Energiezustand ist) ausgeführt werden.

ANMERKUNG Bei bestimmten Anwendungen (z. B. Hochspannungs-Schaltanlagen) kann dieser Grundsatz nicht angewendet werden. In solchen Fällen sollten andere Maßnahmen ergriffen werden, um das gleiche Schutzniveau hinsichtlich des Stillsetzens und Verlangsamens zu erreichen.

Wenn dieser Grundsatz nicht beachtet wird, damit die Bedienperson die ständige Kontrolle über das Abbremsen behält (z. B. bei einer hydraulischen Bremsenrichtung einer fahrbaren Maschine mit Eigenantrieb), dann muss die Maschine mit einer Einrichtung zum Verlangsamen und Stillsetzen für den Fall des Ausfalls der Hauptbremsanlage ausgerüstet sein.

4.11.4 Wiederanlauf nach Energieausfall

Nach einem Energieausfall muss der spontane Wiederanlauf einer Maschine bei Wiederkehr der Energie verhindert werden, wenn durch einen derartigen Wiederanlauf eine Gefährdung entstehen könnte (z. B. durch Einsatz eines selbsthaltenden Relais, Schützes oder Ventils).

4.11.5 Unterbrechung der Energieversorgung

Die Maschine muss so konstruiert sein, dass Gefährdungssituationen verhindert werden, die aus einer Unterbrechung oder aus übermäßigen Schwankungen der Energieversorgung resultieren. Es müssen mindestens die folgenden Anforderungen erfüllt werden:

- die STOP-Funktion der Maschine muss aufrechterhalten werden;
- sämtliche Einrichtungen, deren ständiger Betrieb für die Sicherheit erforderlich ist, müssen wirksam arbeiten, um die Sicherheit aufrechtzuerhalten (z. B. Verriegelungen, Klemmeinrichtungen, Kühl- oder Heizeinrichtungen, Servolenkung von fahrbaren Maschinen mit Eigenantrieb);
- Teile von Maschinen oder von der Maschine gehaltene Werkstücke und/oder Lasten, die sich als Folge einer potenziellen Energie bewegen können, müssen so lange gehalten werden, wie dies für das sichere Absenken erforderlich ist.

4.11.6 Verwendung von Selbstüberwachung

Selbstüberwachung stellt sicher, dass durch Schutzmaßnahmen umgesetzte Sicherheitsfunktionen auch dann ausgeführt werden, wenn die Funktionsfähigkeit eines Bauteils oder Elements gemindert ist oder sich die Prozessbedingungen so geändert haben, dass Gefährdungen entstehen.

Selbstüberwachung erkennt einen Fehler entweder sofort oder führt periodische Prüfungen durch, sodass der Fehler erkannt wird, bevor die Sicherheitsfunktion das nächste Mal aufgerufen wird. In beiden Fällen kann die Schutzmaßnahme sofort ausgelöst oder so lange verzögert werden, bis ein bestimmtes Ereignis eintritt (z. B. der Beginn eines Arbeitszyklus der Maschine).

Die Schutzmaßnahmen können z. B. sein:

- Stillsetzen des gefährdenden Prozesses;
- Verhindern des Wiederanlaufs dieses Prozesses nach dem ersten auf den Ausfall folgenden Stillsetzen;
- Auslösen eines Alarms.

4.11.7 Sicherheitsfunktionen, die durch programmierbare elektronische Steuerungen umgesetzt werden

4.11.7.1 Allgemeines

Eine Steuerung, die eine programmierbare elektronische Ausrüstung enthält (z. B. programmierbare Steuergeräte), kann für die Umsetzung von Sicherheitsfunktionen bei Maschinen verwendet werden. Wird eine programmierbare elektronische Steuerung verwendet, ist der Zusammenhang zwischen deren Leistungsanforderungen und den Anforderungen an die Sicherheitsfunktionen zu berücksichtigen.

Die programmierbare elektronische Steuerung muss so konstruiert werden, dass die Wahrscheinlichkeit von zufälligen Ausfällen der Hardware und von systematischen Ausfällen, die die Leistung der sicherheitsbezogenen

Steuerfunktion(en) beeinträchtigen können, ausreichend gering ist. Wenn eine programmierbare elektronische Steuerung eine Überwachungsfunktion ausübt, muss das Systemverhalten im Falle des Erkennens eines Fehlers berücksichtigt werden (siehe auch Reihe IEC 61508 für weitere Anleitungen).

ANMERKUNG Beide Normentwürfe IEC 62061 und ISO 13849-1 rev., die speziell für die Sicherheit von Maschinen gelten, geben Anleitungen für die Anwendung programmierbarer elektronischer Steuerungen.

Die programmierbare elektronische Steuerung sollte so eingebaut und validiert werden, dass sichergestellt ist, dass die festgelegte Leistung für jede Sicherheitsfunktion erreicht wird [z. B. Sicherheitsintegritätsniveau (SIL) in Reihe IEC 61508]. Die Validierung umfasst Prüfung und Analyse (z. B. statische, dynamische oder Ausfallanalyse), um zu zeigen, dass alle Teile zur Ausführung der Sicherheitsfunktion ordnungsgemäß zusammenarbeiten und dass keine unbeabsichtigten Funktionen auftreten.

4.11.7.2 Hardwareaspekte

Die Hardware (einschließlich z. B. Sensoren, Stellteilen, logischer Dekodierung) muss so ausgewählt (und/oder konstruiert) und eingebaut werden, dass sowohl die funktionellen als auch die Leistungsanforderungen der auszuführenden Sicherheitsfunktion(en) erfüllt werden. Dies ist besonders durch Folgendes zu erreichen:

- konstruktive Beschränkungen (z. B. Systemkonfiguration, Fähigkeit des Systems Fehler zuzulassen, Verhalten des Systems bei Erkennen eines Fehlers);
- Auswahl (und/oder Konstruktion) von Ausrüstungen und Einrichtungen mit angemessener Wahrscheinlichkeit des Auftretens von gefährdenden zufälligen Ausfällen der Hardware;
- Einbeziehen von Maßnahmen und Techniken in die Hardware, um systematische Ausfälle zu vermeiden und systematische Fehler zu kontrollieren.

4.11.7.3 Softwareaspekte

Die Software [einschließlich interner Betriebssoftware (oder Systemsoftware) und Anwendersoftware] muss so ausgelegt sein, dass die Leistungsspezifikation für die Sicherheitsfunktionen erfüllt wird (siehe auch IEC 61508-3).

4.11.7.4 Anwendersoftware

Anwendersoftware sollte durch den Benutzer nicht umprogrammierbar sein. Dies kann durch Anwendung von in einen nicht umprogrammierbaren Speicher integrierter Software erreicht werden [z. B. Mikrokontroller, anwendungsspezifische Schaltkreise (ASIC)].

Erfordert die Anwendung ein Umprogrammieren durch den Benutzer, sollte der Zugriff auf die Software für die Sicherheitsfunktionen durch z. B. Folgendes begrenzt sein:

- Schlösser;
- Passwörter für die befugten Personen.

4.11.8 Grundsätze zu handbetätigten Befehleinrichtungen (Handsteuerung)

- a) Handbetätigte Befehleinrichtungen müssen nach den in 4.8.7 angegebenen relevanten ergonomischen Grundsätzen konstruiert und angeordnet werden.
- b) In der Nähe jeder START-Steuereinrichtung muss eine STOP-Steuereinrichtung angeordnet sein. Wird die START/STOP-Funktion mithilfe einer Steuereinrichtung mit selbsttätiger Rückstellung bewirkt, muss eine getrennte STOP-Steuereinrichtung vorgesehen sein, wenn sich ein Risiko daraus ergeben kann, dass beim Loslassen der Steuereinrichtung mit selbsttätiger Rückstellung kein STOP-Befehl ausgelöst wird.
- c) Handbetätigte Befehleinrichtungen müssen außerhalb des Wirkungsbereichs von Gefährdungsbereichen angeordnet sein (siehe IEC 61310-3:1999, Abschnitt 4), ausgenommen bestimmte Befehleinrichtungen, die notwendigerweise innerhalb eines Gefährdungsbereiches angeordnet sein müssen, wie Einrichtungen zum Stillsetzen im Notfall oder Schwenkarmschalttafeln.

- d) Befehlseinrichtungen und Steuerstände müssen möglichst so angeordnet werden, dass die Bedienperson den Arbeitsbereich oder Gefährdungsbereich überblicken kann.

Ein auf fahrbaren Maschinen aufsitzender Fahrer muss in der Lage sein, sämtliche Befehlseinrichtungen, die für die Bedienung der Maschine erforderlich sind, von der Fahrerposition aus zu betätigen; ausgenommen sind die Funktionen, die von anderen Positionen aus sicherer zu steuern sind.

Bei Maschinen, die für das Heben von Personen vorgesehen sind, müssen Steuereinrichtungen für das Heben und Senken und ggf. für das Verfahren des Fahrkorbes üblicherweise im Fahrkorb angeordnet werden. Wenn der sichere Betrieb Stellteile erfordert, die außerhalb des Fahrkorbes angeordnet sind, müssen für die Bedienperson im Fahrkorb Mittel vorgesehen werden, mit denen gefährdende Bewegungen verhindert werden können.

- e) Sofern es möglich ist, dasselbe gefährdende Element mithilfe mehrerer Befehlseinrichtungen zu starten, muss der Steuerkreis so geschaltet sein, dass zu einem gegebenen Zeitpunkt jeweils nur eine Befehlseinrichtung wirksam sein kann. Das gilt besonders für Maschinen, die von Hand gesteuert werden können, u. a. mit einer tragbaren Steuereinheit (beispielsweise Schwenkarmschalttafeln), mit der die Bedienperson den Gefährdungsbereich betreten kann.
- f) Stellteile müssen so konstruiert oder geschützt sein, dass deren Wirkungen nicht unabsichtlich ausgelöst werden können, sofern dadurch ein Risiko besteht (siehe ISO 9355-1 und ISO 447).
- g) Bei Maschinenfunktionen, deren sicherer Betrieb von der ständigen und direkten Kontrolle der Bedienperson abhängig ist, müssen Maßnahmen getroffen werden, mit denen die Anwesenheit der Bedienperson am Steuerstand sichergestellt wird, z. B. durch die Konstruktion und Anordnung der Befehlseinrichtungen.
- h) Bei drahtloser Steuerung muss es zu einem selbsttätigen Stillsetzen kommen, wenn die ordnungsgemäßen Steuersignale nicht empfangen werden. Dies schließt auch den Verlust der Kommunikation mit ein (siehe IEC 60204-1:1997, 9.2.7).

4.11.9 Steuerungsart für Einrichten, Teachen, Umrüsten, Fehlersuche, Reinigungs- oder Instandhaltungsarbeiten

Wenn für Einrichten, Teachen, Umrüsten, Fehlersuche, Reinigungs- oder Instandhaltungsarbeiten von Maschinen eine trennende Schutzeinrichtung versetzt oder entfernt und/oder eine nicht trennende Schutzeinrichtung abgeschaltet werden muss und es für diese Aufgaben erforderlich ist, die Maschine oder einen Teil der Maschine in Gang zu setzen, muss die Sicherheit der Bedienperson durch eine spezifische Steuerungsart erreicht werden, bei der gleichzeitig:

- alle weiteren Steuerungsarten abgeschaltet werden;
- der Betrieb gefährdender Teile nur durch kontinuierliche Betätigung einer Zustimmungseinrichtung, einer Steuereinrichtung mit selbsttätiger Rückstellung oder einer Zweihandschaltung zugelassen wird;
- der Betrieb der gefährdenden Teile nur unter Bedingungen mit vermindertem Risiko zugelassen wird (z. B. verminderte Geschwindigkeit, verminderter Energie-/Kraftaufwand, schrittweiser Vorschub, z. B. mit einer Schrittschaltung).

ANMERKUNG Für einige spezielle Maschinen können andere Schutzmaßnahmen angebracht sein.

Diese Steuerungsart muss mit einer oder mehreren der folgenden Maßnahmen verbunden werden:

- Zugangsbeschränkung zum Gefährdungsbereich, so weit wie möglich;
- Einrichtung zum Stillsetzen im Notfall in unmittelbarer Reichweite der Bedienperson;
- tragbare Steuereinheit (Schwenkarmschalttafel) und/oder örtliche Befehlseinrichtungen, welche die Sicht auf die zu steuernden Teile zulassen.

Siehe IEC 60204-1:1997, 9.2.4.

4.11.10 Auswahl von Steuerungs- und Betriebsarten

Ist die Maschine so konstruiert und gebaut, dass mehrere Steuerungsabläufe oder Betriebsarten möglich sind, die unterschiedliche Schutzmaßnahmen und/oder Arbeitsverfahren erfordern (z. B. für Einstellen, Einrichten, Instandhaltung, Inspektion), muss sie mit einem in jeder Stellung abschließbaren Betriebsartenschalter ausgestattet sein. Jede Stellung des Wahlschalters muss deutlich erkennbar sein und darf nur die Auswahl einer einzigen Steuer- oder Betriebsart ermöglichen.

Der Wahlschalter kann durch andere Wahlmittel ersetzt werden, durch die nur bestimmte Gruppen von Bedienpersonen bestimmte Funktionen der Maschinen ausführen können (z. B. Zugangscode für bestimmte numerisch gesteuerte Funktionen).

4.11.11 Anwenden von Maßnahmen zum Erreichen von elektromagnetischer Verträglichkeit (EMV)

Für eine Anleitung zum Erreichen elektromagnetischer Verträglichkeit siehe IEC 60204-1:1997, 4.4.2 und die Reihe IEC 61000-6.

4.11.12 Vorhaltung von Diagnosesystemen zum Erleichtern der Fehlersuche

Diagnosesysteme zum Erleichtern der Fehlersuche sollten in das Steuersystem mit eingeschlossen werden, so dass es nicht erforderlich ist, irgendeine Schutzmaßnahme außer Kraft zu setzen.

ANMERKUNG Derartige Systeme verbessern nicht nur die Verfügbarkeit und Instandhaltbarkeit von Maschinen, sie verringern auch die Gefährdungsexposition des Instandhaltungspersonals.

4.12 Minimieren des Ausfalls von Sicherheitsfunktionen

Die Sicherheit von Maschinen hängt nicht nur von der Zuverlässigkeit der Steuerungen ab, sondern auch von der Zuverlässigkeit aller Teile der Maschine.

Die Aufrechterhaltung der Sicherheitsfunktionen ist für die sichere Anwendung der Maschine von größter Bedeutung. Dies kann durch Folgendes erreicht werden:

4.12.1 Verwendung zuverlässiger Bauteile

„Zuverlässige Bauteile“ sind Bauteile, die in der Lage sind, sämtliche Störungen und Beanspruchungen auszuhalten, die mit dem Einsatz der Ausrüstung unter den Bedingungen der bestimmungsgemäßen Verwendung (einschließlich der Umweltbedingungen) während der festgelegten Gebrauchsdauer oder der festgelegten Anzahl von Arbeitsgängen verbunden sind, wobei nur eine geringe Wahrscheinlichkeit besteht, dass Ausfälle zu gefährlichen Fehlfunktionen der Maschine führen. Bei der Auswahl der Bauteile müssen alle oben angeführten Faktoren berücksichtigt werden (siehe auch 4.13).

ANMERKUNG 1 „Zuverlässige Bauteile“ ist kein Synonym für „bewährte Bauteile“ (siehe ISO 13849-1:1999, 6.2.2).

ANMERKUNG 2 Zu berücksichtigende Umweltbedingungen sind z. B. Stoß, Schwingungen, Kälte, Hitze, Feuchte, Staub, korrodierend und/oder abreibend wirkende Stoffe, statische Elektrizität, magnetische und elektrische Felder. Störungen, die durch diese Beanspruchungen hervorgerufen werden können, sind z. B. Versagen der Isolierung, vorübergehender oder ständiger Funktionsausfall von Komponenten der Steuerung.

4.12.2 Anwendung von Bauteilen mit „spezifiziertem Ausfallverhalten“

Bauteile oder Systeme mit „spezifiziertem Ausfallverhalten“ sind solche, bei denen die vorherrschende Ausfallart von vornherein bekannt ist und die so verwendet werden können, dass ein solcher Ausfall zu einer nichtgefährdenden Veränderung der Maschinenfunktion führt.

ANMERKUNG In einigen Fällen ist es erforderlich, zusätzliche Maßnahmen zu ergreifen, um die negativen Auswirkungen eines solchen Ausfalls zu begrenzen.

Die Verwendung solcher Bauteile sollte immer überdacht werden, besonders in Fällen, wenn keine Redundanz angewendet wird.

4.12.3 Verdopplung (oder Redundanz) von Bauteilen oder Teilsystemen

Bei der Konstruktion von sicherheitsbezogenen Teilen der Maschine kann eine Verdopplung (oder Redundanz) von Bauteilen angewendet werden, sodass bei Ausfall eines Bauteils ein anderes Bauteil (oder andere Bauteile) seine (ihre) Funktion weiter ausführt (ausführen) und dadurch sicherstellen, dass die Sicherheitsfunktion aufrechterhalten bleibt.

Um das ordnungsgemäße Einleiten der Maßnahme sicherzustellen, muss der Ausfall eines Bauteiles vorzugsweise durch Selbstüberwachung erkannt werden (siehe 4.11.6) oder unter Umständen durch regelmäßige Inspektion, vorausgesetzt, dass der Inspektionsabstand kürzer ist als die erwartete Lebensdauer der Bauteile.

Unterschiedliche Konstruktionen und/oder Technologien können gleichzeitig verwendet werden, um Ausfälle aufgrund gemeinsamer Ursache (z. B. durch elektromagnetische Störungen) oder gleichartige Ausfälle zu vermeiden.

4.13 Begrenzen der Gefährdungsexposition durch Zuverlässigkeit der Ausrüstung

Erhöhte Zuverlässigkeit aller Bauteile einer Maschine vermindert die Häufigkeit von Zwischenfällen, die behoben werden müssen, und vermindert so die Gefährdungsexposition.

Dies bezieht sich ebenso auf Antriebssysteme (Betriebsteil) wie auf Steuerungen, auf Sicherheitsfunktionen ebenso wie auf sonstige Maschinenfunktionen.

Bei der Verwendung sicherheitskritischer Bauteile (wie z. B. bestimmter Sensoren/Messfühler), muss deren Zuverlässigkeit bekannt sein.

Bauteile von trennenden Schutzeinrichtungen und nicht trennenden Schutzeinrichtungen müssen besonders zuverlässig sein, weil deren Ausfall Personen Gefährdungen aussetzen kann sowie geringe Zuverlässigkeit Anlass zu Versuchen geben könnte, diese Maßnahmen zu umgehen.

4.14 Begrenzen der Gefährdungsexposition durch Mechanisierung oder Automatisierung von Belade- (Beschickungs-)/Entlade-(Entnahme-)arbeiten

Mechanisierung und Automatisierung von Handhabungen (von Werkstücken, Werkstoffen, Stoffen) wie Belade/Entladearbeiten an Maschinen schränken das Risiko ein, das von diesen Arbeiten ausgeht, indem sie die Gefährdungsexposition von Personen an diesen Arbeitsstellen reduzieren.

Automatisierung lässt sich z. B. durch Roboter, Handhabungseinrichtungen, Transfereinrichtungen, Druckluft-ausrüstung erreichen, Mechanisierung z. B. durch Zuführschlitten, Schubstangen, handbetätigte Schalttische.

Obwohl automatische Belade- und Entladeeinrichtungen für Bedienpersonen von Maschinen einen großen Beitrag zur Unfallverhütung leisten, können sie bei der Behebung von Fehlern Gefährdungen hervorrufen. Geachtet werden muss darauf, dass durch die Verwendung derartiger Einrichtungen nicht zusätzliche Gefährdungen (z. B. Fangen, Quetschen) zwischen den Einrichtungen und den Maschinenteilen oder den be- oder verarbeiteten Werkstücken/Werkstoffen geschaffen werden. Falls das nicht sichergestellt werden kann, müssen geeignete Schutzeinrichtungen vorgesehen werden (siehe Abschnitt 5).

Automatische Belade- und Entladeeinrichtungen mit eigener Steuerung und die Steuerung der zugehörigen Maschine müssen miteinander verbunden werden, nachdem der Ablauf sämtlicher Sicherheitsfunktionen in allen Steuerungs- und Betriebsarten der ganzen Ausrüstung gründlich untersucht wurde.

4.15 Begrenzen der Gefährdungsexposition durch Schaffung von Einricht- und Wartungsstellen außerhalb von Gefährdungsbereichen

Die Notwendigkeit des Zugangs zu den Gefährdungsbereichen muss durch Platzieren von Wartungs-, Schmierstellen- und Einstellungspunkten außerhalb dieser Bereiche minimiert werden.

5 Technische Schutzmaßnahmen und ergänzende Schutzmaßnahmen

5.1 Allgemeines

Zum Schutz von Personen vor Gefährdungen, die durch inhärent sichere Konstruktion entweder nicht in angemessener Weise vermieden oder deren Risiken nicht ausreichend begrenzt werden können, müssen trennende und nicht trennende Schutzeinrichtungen angewendet werden. Es können ergänzende Schutzmaßnahmen erforderlich sein, die zusätzliche Ausrüstungen (z. B. Einrichtungen zum Stillsetzen im Notfall) enthalten (siehe ISO 12100-1:2003, 5.4).

Die verschiedenen Arten von trennenden und nicht trennenden Schutzeinrichtungen sind in ISO 12100-1:2003, 3.25 und 3.26 festgelegt.

Bestimmte Schutzeinrichtungen können angewendet werden, um die Exposition gegen mehr als eine Gefährdung zu vermeiden (z. B. kann eine feststehende trennende Schutzeinrichtung, die den Zugang in einen Bereich mit einer mechanischen Gefährdung verhindert, auch dazu benutzt werden, den Geräuschpegel zu verringern und toxische Emissionen abzufangen).

5.2 Auswahl und praktische Anwendung von trennenden und nicht trennenden Schutzeinrichtungen

5.2.1 Allgemeines

Dieser Unterabschnitt enthält Leitsätze zur Auswahl und Anwendung von trennenden und nicht trennenden Schutzeinrichtungen, deren wesentlicher Zweck darin besteht, Personen gegen Gefährdungen zu schützen, die von sich bewegenden Teilen ausgehen, entsprechend deren Merkmalen (siehe Bild 1) und der Notwendigkeit des Zugangs zu dem (den) Gefährdungsbereich(en).

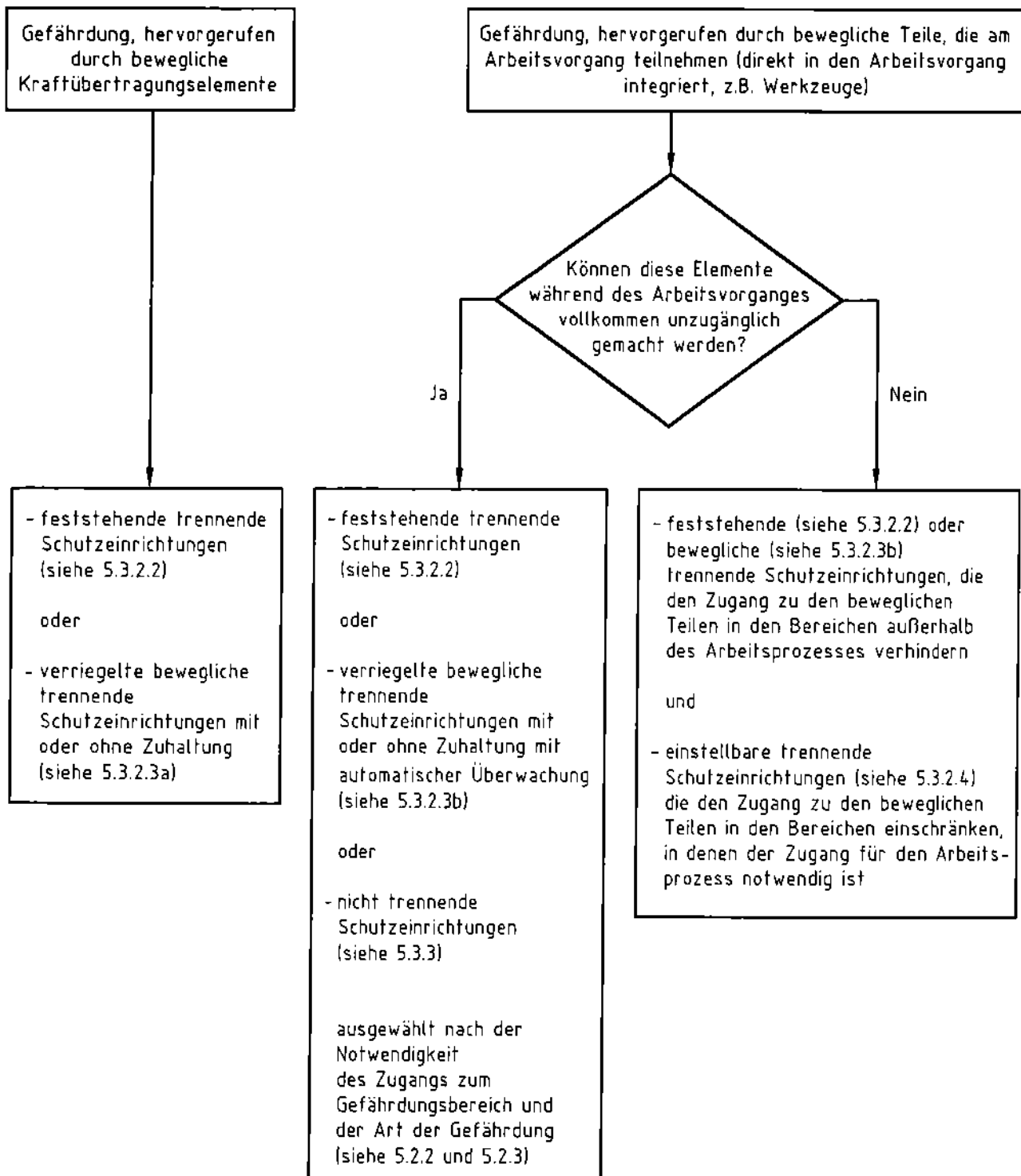


Bild 1 — Leitsätze für die Auswahl von Schutzeinrichtungen gegen Gefährdungen, die von sich bewegenden Teilen ausgehen

Die exakte Auswahl einer Schutzeinrichtung für eine bestimmte Maschine muss auf Grundlage der Risikobeurteilung für diese Maschine erfolgen.

Bei der Auswahl einer geeigneten Schutzeinrichtung für eine bestimmte Maschinenart oder einen bestimmten Gefährdungsbereich muss bedacht werden, dass eine feststehende trennende Schutzeinrichtung einfach ist und dort eingesetzt werden muss, wo bei normalem Maschinenbetrieb kein Zugang einer Bedienperson zum Gefährdungsbereich erforderlich ist (Betrieb ohne jegliche Fehlfunktion).

Wenn häufigerer Zugang erforderlich wird, führt dies unweigerlich dazu, dass die feststehende trennende Schutzeinrichtung nicht wieder an ihrem Platz befestigt wird. Dies macht die Anwendung einer alternativen Schutzmaßnahme erforderlich (bewegliche verriegelte trennende Schutzeinrichtung, berührungslos wirkende Schutzeinrichtung).

Manchmal kann eine Kombination verschiedener Schutzeinrichtungen erforderlich sein. Wenn z. B. zusammen mit einer feststehenden trennenden Schutzeinrichtung eine mechanische Zuführeinrichtung für die Zuführung eines Werkstücks in die Maschine eingesetzt wird und damit die Notwendigkeit des Zugangs zum Hauptgefährdungsbereich überflüssig wird, kann eine Schutzeinrichtung mit Annäherungsreaktion erforderlich werden, die vor einer sekundären Gefährdung durch Einziehen oder Scheren zwischen der mechanischen Zuführeinrichtung, falls erreichbar, und der feststehenden trennenden Schutzeinrichtung schützt.

Zu berücksichtigen sind die Abgrenzungen von Steuerständen und Eingriffsbereichen, um einen kombinierten Schutz gegen mehrere Gefährdungen zu bieten, welche einschließen können:

- Gefährdungen durch fallende oder herausgeschleuderte Gegenstände (z. B. Schutzaufbauten gegen herabfallende Gegenstände);
- Gefährdungen durch Emissionen (z. B. Schutz gegen Lärm, Schwingungen, Strahlung, Gefahrstoffe);
- Gefährdungen durch die Umwelt (z. B. Schutz gegen Hitze, Kälte, Schlechtwetter);
- Gefährdungen durch Umkippen oder Überschlagen von Maschinen (z. B. Schutzaufbauten).

Die Konstruktion derartiger abgegrenzter Arbeitsplätze (z. B. Kabinen) muss die ergonomischen Grundsätze hinsichtlich Sichtbarkeit, Beleuchtung, Klimabedingungen, Zugänglichkeit und Körperhaltung berücksichtigen.

5.2.2 Wenn bei normalem Betrieb kein Zugang zum Gefährdungsbereich erforderlich ist

Ist bei normalem Betrieb der Maschine kein Zugang zum Gefährdungsbereich erforderlich, sollte aus folgenden Schutzeinrichtungen ausgewählt werden:

- a) feststehende trennende Schutzeinrichtung (siehe auch ISO 14120);
- b) verriegelte trennende Schutzeinrichtung mit oder ohne Zuhaltung (siehe auch ISO 14119, ISO 14120 und 5.3.2.3 dieser Norm);
- c) selbsttätig schließende trennende Schutzeinrichtung (siehe ISO 14120:2002, 3.3.2);
- d) sensitive Schutzeinrichtung, z. B. elektrosensitive Schutzeinrichtung (siehe IEC 61496-1, IEC 61496-2) oder Schalmatten (siehe ISO 13856-1).

5.2.3 Wenn der Zugang zum Gefährdungsbereich bei normalem Betrieb erforderlich ist

Wenn der Zugang zum Gefährdungsbereich bei normalem Betrieb der Maschine erforderlich ist, sollte aus folgenden Schutzeinrichtungen ausgewählt werden:

- a) verriegelte trennende Schutzeinrichtung mit oder ohne Zuhaltung (siehe auch ISO 14119, ISO 14120 und 5.3.2.3 dieser Norm);
- b) sensitive Schutzeinrichtung, z. B. elektrosensitive Schutzeinrichtung (siehe IEC 61496-1, IEC 61496-2);
- c) einstellbare trennende Schutzeinrichtung;
- d) selbsttätig schließende trennende Schutzeinrichtung (siehe ISO 14120:2002, 3.3.2);
- e) Zweihandschaltung (siehe ISO 13851);
- f) trennende Schutzeinrichtung mit Startfunktion (steuernde trennende Schutzeinrichtung) (siehe 5.3.2.5 dieser Norm).

5.2.4 Wo Zugang zum Gefährdungsbereich zum Einrichten der Maschine, Teachen, Umrüsten, zur Fehlersuche, zur Reinigung oder Instandhaltung erforderlich ist

Maschinen müssen möglichst so konstruiert sein, dass die zum Schutz der Bedienperson während der Produktion an der Maschine vorgesehenen Schutzeinrichtungen auch dem Personal Sicherheit bieten können, das mit dem Einrichten, Teachen, Umrüsten, der Fehlersuche, dem Reinigen oder der Instandhaltung beauftragt ist, ohne dieses bei der Erfüllung seiner Aufgabe zu behindern. Diese Aufgaben müssen identifiziert und bei der Risikobeurteilung als Teil der Verwendung der Maschine berücksichtigt werden (siehe ISO 12100-1:2003, 5.3).

ANMERKUNG Energietrennung und -ableitung für das Abschalten der Maschine (siehe 5.5.4; siehe auch ISO 14118:2000, 4.1 und 5) stellen den höchsten Schutzgrad bei der Durchführung von Arbeiten sicher (besonders Instandhaltungs- und Reparaturarbeiten), die nicht erfordern, dass die Maschine mit der Energieversorgung verbunden bleibt.

5.2.5 Auswahl und Anwendung von sensitiven Schutzeinrichtungen¹⁾

5.2.5.1 Auswahl

Aufgrund der großen Vielfalt von Technologien mit ihren verschiedenen Erkennungsfunktionen sind sensitive Schutzeinrichtungen in sehr unterschiedlichem Maße für Sicherheitsanwendungen geeignet. Die folgenden Festlegungen zielen darauf ab, dem Konstrukteur Kriterien für die Auswahl der für jede Anwendung geeignetsten Einrichtung(en) zur Verfügung zu stellen.

Zu den Bauarten von sensitiven Schutzeinrichtungen gehören z. B.:

- Lichtschranken;
- Abtastvorrichtungen, z. B. Laserabtaster;
- Schalmatten;
- Schalleisten mit Annäherungsreaktion, Drähte mit Annäherungsreaktion.

Sensitive Schutzeinrichtungen können für Folgendes verwendet werden:

- für die Annäherungsreaktion;
- für die Anwesenheitsmeldung;
- sowohl für Annäherungsreaktion als auch Anwesenheitsmeldung;
- zum erneuten Ingangsetzen einer Maschinenfunktion, einem Vorgehen, das strengen Bedingungen unterliegt.

ANMERKUNG Einige Bauarten von sensitiven Schutzeinrichtungen können entweder für die Anwesenheitsmeldung oder für die Annäherungsreaktion ungeeignet sein.

Unter anderem können die folgenden Eigenschaften der Maschine die alleinige Anwendung von sensitiven Schutzeinrichtungen ausschließen:

- Möglichkeit, dass Materialien oder Teile aus der Maschine herausgeschleudert werden;
- Notwendigkeit des Schutzes gegen Emissionen (Lärm, Strahlung, Staub usw.);
- unregelmäßige oder übermäßige Zeit zum Stillsetzen der Maschine;
- Unfähigkeit einer Maschine, im Verlauf eines Zyklus anzuhalten.

5.2.5.2 Anwendung

a) Berücksichtigt werden sollten:

- Umfang, Eigenschaften und Lage des Erkennungsbereichs (siehe ISO 13855, welche die Anordnung einiger Bauarten von sensitiven Schutzeinrichtungen behandelt);
- Reaktion des Gerätes auf Fehlerzustände (siehe IEC 61496-1, IEC 61496-2 für elektrosensitive Schutzeinrichtungen);

¹⁾ Weitere Einzelheiten sind im Entwurf IEC 62046 angegeben.

- Möglichkeit der Umgehung;
- Erkennungsvermögen und dessen Veränderung im Laufe der Zeit (z. B. Anfälligkeit gegenüber verschiedenen Umweltbedingungen wie reflektierenden Oberflächen, weiteren Quellen künstlichen Lichts, Sonnenlicht oder Luftverunreinigungen).

ANMERKUNG In IEC 61496-1 wird das Erkennungsvermögen von elektrosensitiven Schutzeinrichtungen definiert.

- b) Sensitive Schutzeinrichtungen müssen in das Betriebsfeld integriert und mit der Steuerung der Maschine verbunden sein, damit:
- ein Steuerbefehl ausgelöst wird, sobald eine Person oder ein Körperteil erkannt wird;
 - die gefährdenden Maschinenfunktionen nicht selbsttätig erneut in Gang gesetzt werden; wenn die erkannte Person oder der erkannte Körperteil den Erkennungsbereich verlässt; daher muss der durch die sensitive Schutzeinrichtung ausgelöste Steuerbefehl von der Steuerung solange aufrechterhalten werden, bis ein neuer Steuerbefehl ausgelöst wird;
 - das erneute Ingangsetzen der gefährdenden Maschinenfunktionen das Ergebnis einer absichtlichen Betätigung einer Steuereinrichtung durch die Bedienperson ist, wobei die Steuereinrichtung außerhalb des Gefährdungsbereiches an einer Stelle angeordnet ist, von der aus die Bedienperson diesen Bereich überblicken kann;
 - die Maschine nicht arbeiten kann, solange die Erkennungsfunktion der sensitiven Schutzeinrichtung unterbrochen ist, ausgenommen „Sperrphasen“;

ANMERKUNG „Sperrphasen“ bedeutet die zeitweise Aussetzung einer Sicherheitsfunktion durch sicherheitsbezogene Teile der Steuerung (siehe ISO 13849-1).

- die Lage und Form des Erkennungsfeldes, eventuell zusammen mit feststehenden trennenden Schutzeinrichtungen, verhindert, dass Personen oder Körperteile in einen Gefährdungsbereich hineingelangen oder sich darin befinden, ohne erkannt zu werden.

ANMERKUNG Für Einzelheiten, z. B. Fehlverhalten von aktiven optoelektronischen Schutzeinrichtungen, sollten IEC 61496-1, IEC 61496-2 berücksichtigt werden.

5.2.5.3 Zusätzliche Anforderungen an sensitive Schutzeinrichtungen bei deren Einsatz für die Auslösung von Zyklen

In diesem Ausnahmefall wird das Ingangsetzen eines Maschinenzyklus ohne einen zusätzlichen Startbefehl ausgelöst, indem eine Person oder ein Körperteil den Erkennungsbereich verlässt, d. h. abweichend von den allgemeinen Anforderungen in 5.2.5.2b, 2. Spiegelstrich. Nach dem Einschalten der Energieversorgung oder nach Anhalten der Maschine durch die Annäherungsreaktion der sensitiven Schutzeinrichtung darf der Maschinenzyklus nur durch einen beabsichtigten Startbefehl ausgelöst werden.

Zum Auslösen des Zyklus durch sensitive Schutzeinrichtungen dürfen nur aktive optoelektronische Schutzeinrichtungen (AOPDs), die die Bedingungen der Reihe IEC 61496 erfüllen, verwendet werden, vorausgesetzt, dass:

- a) die Anforderungen an eine AOPD erfüllt sind, die als Schutzeinrichtung mit Annäherungsreaktion und Anwesenheitsmelder verwendet wird (siehe IEC 61496-2), (insbesondere: Anbringungsort, Mindestabstand (siehe ISO 13855), Erkennungsfähigkeit, Zuverlässigkeit und Überwachung von Steuerungen und Bremssystemen);
- b) die Zyklusdauer der Maschine kurz ist und die Maschine nach Freigabe des Abtastfeldes nur für die Dauer eines einzelnen normalen Zyklus in Gang gesetzt werden kann;
- c) das Gelangen in das Abtastfeld der AOPD oder das Öffnen von verriegelten trennenden Schutzeinrichtungen die einzigen Möglichkeiten sind, in den Gefährdungsbereich zu gelangen;

ANMERKUNG Der oben betrachtete Gefährdungsbereich ist jeder Bereich, wo der Betrieb gefährdender Teile (einschließlich Zubehör und Kraftübertragungselementen) durch Freigabe des Abtastfeldes erzeugt wird.

- d) wenn die Maschine mit mehreren AOPD-Schutzeinrichtungen ausgerüstet ist, nur eine von ihnen in der Lage ist, den Zyklus erneut auszulösen;

- e) die AOPD und der zugehörige Teil der Steuerung mit den Bedingungen für eine höhere sicherheitsbezogene Leistungsfähigkeit als unter Normalbedingungen übereinstimmen, weil durch automatische Zyklusauflösung ein höheres Risiko vorhanden ist.

5.2.6 Schutzmaßnahmen für die Standsicherheit

Wenn die Standsicherheit nicht durch inhärent sichere Konstruktion, z. B. durch ausgeglichene Masseverteilung (siehe 4.6), erreicht wird, ist es notwendig, diese durch Schutzmaßnahmen zu erreichen, z. B.:

- Verankerungsbolzen;
- Feststellvorrichtungen;
- Bewegungsbegrenzer oder mechanische Abschalter;
- Beschleunigungs- oder Abbremsbegrenzer;
- Beladebegrenzer;
- Alarmeinrichtungen, die vor dem Erreichen der Grenzen der Standsicherheit und des Umkippens warnen.

2.7 Weitere nicht trennende Schutzeinrichtungen

Wenn die Maschine die ständige Kontrolle durch die Bedienperson erfordert (z. B. fahrbare Maschinen, Krane) und ein Fehler der Bedienperson eine Gefährdungssituation erzeugen kann, muss die Maschine mit den notwendigen Einrichtungen ausgerüstet werden, mit denen ein Betrieb innerhalb festgelegter Grenzen aufrechterhalten wird, insbesondere:

- wenn die Bedienperson eine unzureichende Sicht auf den Gefährdungsbereich hat;
- wenn die Bedienperson den tatsächlichen Wert von sicherheitsbezogenen Parametern nicht kennt (z. B. Abstand, Geschwindigkeit, Gewicht einer Last, Neigungswinkel);
- wenn Gefährdungen durch Vorgänge verursacht werden können, die nicht von der Bedienperson kontrolliert werden.

Zu den notwendigen Einrichtungen gehören z. B.:

- Einrichtungen zur Begrenzung von Bewegungsparametern (Abstand, Winkel, Geschwindigkeit, Beschleunigung);
- Überlast- und Momentüberwachungseinrichtungen;
- Einrichtungen, die Zusammenstöße oder gegenseitige Beeinflussung mit anderen Maschinen verhindern;
- Einrichtungen zur Vermeidung von Gefährdungen für Mitgänger von fahrbaren Maschinen oder andere Fußgänger;
- Einrichtungen zur Drehmomentbegrenzung, Sollbruchstellen zur Vermeidung übermäßiger Beanspruchung von Bauteilen oder Baugruppen;
- Einrichtungen zur Begrenzung von Druck, Temperatur;
- Einrichtungen zur Überwachung der Emissionen;
- Einrichtungen, die einen Betrieb bei Abwesenheit der Bedienperson am Steuerstand verhindern;
- Einrichtungen, die Anhebevorgänge verhindern, wenn die Stabilisatoren nicht in ihrer bestimmungsgemäßen Lage sind;
- Einrichtungen, die die Schrägstellung auf einer Neigung begrenzen;
- Einrichtungen, die sicherstellen, dass sich Teile vor einer Verfahrbewegung in gesicherter Lage befinden.

Wenn solche automatischen Schutzmaßnahmen ausgelöst werden, die den Betrieb der Maschine der Kontrolle der Bedienperson entziehen (z. B. automatisches Beenden von gefährdenden Bewegungen), sollte zuvor oder gleichzeitig ein Warnsignal abgegeben werden, um der Bedienperson die Möglichkeit zu geben, angemessen zu handeln (siehe 6.3).

5.3 Anforderungen an die Konstruktion von trennenden und nicht trennenden Schutzeinrichtungen

5.3.1 Allgemeine Anforderungen

Trennende und nicht trennende Schutzeinrichtungen müssen so konstruiert werden, dass sie für die bestimmungsgemäße Verwendung geeignet sind, wobei die damit verbundenen mechanischen und sonstigen Gefährdungen zu berücksichtigen sind. Trennende und nicht trennende Schutzeinrichtungen müssen mit der Arbeitsumgebung der Maschine kompatibel und so konstruiert sein, dass sie nicht leicht umgangen werden können. Sie dürfen während des Betriebs und aller weiteren Lebensphasen der Maschine möglichst wenig stören, um den Anreiz, sie zu umgehen, möglichst klein zu halten.

ANMERKUNG Zu weiteren Informationen siehe ISO 14120, ISO 13849-1, ISO 13851, ISO 14119, ISO 13856-1, IEC 61496-1, EN 61496-2.

Trennende und nicht trennende Schutzeinrichtungen:

- müssen stabil gebaut sein;
- dürfen keine zusätzliche Gefährdung hervorrufen;
- dürfen nicht auf einfache Weise umgangen oder unwirksam gemacht werden können;
- müssen in ausreichendem Abstand zum Gefährdungsbereich angeordnet werden (siehe ISO 13852, ISO 13853 und ISO 13855);
- dürfen den Arbeitsprozess nicht mehr als notwendig behindern;
- müssen, möglichst ohne sie zu entfernen, die wesentlichen Arbeiten für den Einbau und/oder Wechsel von Werkzeugen und auch die für Instandhaltungsarbeiten erforderlichen Eingriffe ermöglichen, indem sie den Zugang nur zu dem Bereich zulassen, wo die Arbeiten vorzunehmen sind.

Zu Öffnungen in trennenden Schutzeinrichtungen siehe ISO 13852 und ISO 13853.

5.3.2 Anforderungen an trennende Schutzeinrichtungen

5.3.2.1 Funktionen von trennenden Schutzeinrichtungen

Trennende Schutzeinrichtungen sollten möglichst folgende Funktionen erfüllen:

- Verhindern des Zugangs zu dem Bereich, der von der trennenden Schutzeinrichtung umschlossen bzw. abgeschlossen ist und/oder
- Kapselung/Fernhaltung von Werkstoffen, Werkstücken, Spänen, Flüssigkeiten, die von der Maschine ausgeworfen oder ausgestoßen werden können, und Verminderung von Emissionen (Lärm, Strahlung, gefährliche Stoffe wie Staub, Dämpfe, Gase), die von der Maschine erzeugt werden können.

Außerdem müssen sie möglicherweise besondere Eigenschaften hinsichtlich elektrischer Aufladung, Temperatur, Feuer, Explosion, Schwingungen, Sichtbarkeit (siehe ISO 14120) und der Ergonomie des Arbeitsplatzes der Bedienperson (z. B. Benutzerfreundlichkeit, Bewegungen der Bedienperson, Körperhaltung, kurzzyklische Bewegungen) haben.

5.3.2.2 Anforderungen an feststehende trennende Schutzeinrichtungen

Feststehende trennende Schutzeinrichtungen müssen sicher an ihrem Platz gehalten werden:

- entweder ständig (z. B. durch Verschweißen) oder
- durch Befestigungsmittel (Schrauben, Muttern), die ein Entfernen/Öffnen ohne Werkzeuge unmöglich machen; sie sollten nicht ohne ihre Befestigungsmittel in geschlossener Stellung verbleiben (siehe ISO 14120).

ANMERKUNG Eine feststehende trennende Schutzeinrichtung darf an Scharnieren drehbar gelagert sein, um das Öffnen zu unterstützen.

5.3.2.3 Anforderungen an bewegliche trennende Schutzeinrichtungen

a) Bewegliche trennende Schutzeinrichtungen zum Schutz gegen Gefährdungen durch sich bewegende Kraftübertragungselemente müssen:

- im geöffneten Zustand möglichst weitgehend mit der Maschine oder anderen Konstruktionselementen (im Allgemeinen durch Scharniere oder Führungen) verbunden bleiben;
- verriegelt sein (mit Zuhaltung, sofern erforderlich) (siehe ISO 14119).

Siehe Bild 1.

b) Bewegliche trennende Schutzeinrichtungen gegen Gefährdungen, die von nicht zur Kraftübertragung gehörenden beweglichen Teilen ausgehen, müssen so konstruiert und mit der Steuerung der Maschine so verbunden sein, dass:

- die sich bewegenden Teile nicht in Gang gesetzt werden können, so lange sie sich in Reichweite der Bedienperson befinden, und die Bedienperson diese Teile nicht erreichen kann, sobald sie in Gang gesetzt wurden; dies kann durch verriegelte trennende Schutzeinrichtungen, sofern erforderlich mit Zuhaltung, erreicht werden;
- deren Einstellung nur durch eine beabsichtigte Handlung möglich ist, z. B. mit einem Werkzeug oder einem Schlüssel;
- beim Fehlen oder Ausfall eines ihrer Bauteile, z. B. durch Selbstüberwachung (siehe 4.11.6), das Ingangsetzen der beweglichen Teile verhindert wird oder diese Teile angehalten werden.

Siehe Bild 1 und ISO 14119.

5.3.2.4 Anforderungen an einstellbare trennende Schutzeinrichtungen

Einstellbare trennende Schutzeinrichtungen dürfen nur dort verwendet werden, wo der Gefährdungsbereich aus betriebstechnischen Gründen nicht vollständig umschlossen werden kann.

Sie müssen:

- so konstruiert sein, dass die Einstellung während eines bestimmten Arbeitsablaufes unverändert erhalten bleibt;
- ohne Werkzeuge leicht eingestellt werden können.

5.3.2.5 Anforderungen an trennende Schutzeinrichtungen mit Startfunktion (steuernde trennende Schutzeinrichtungen)

Eine verriegelte trennende Schutzeinrichtung mit Funktion zum Ingangsetzen darf nur verwendet werden, wenn alle folgenden Anforderungen erfüllt sind:

- sämtliche Anforderungen an verriegelte trennende Schutzeinrichtungen sind erfüllt (siehe ISO 14119);
- die Zyklusdauer der Maschine ist kurz;
- die maximale Öffnungszeit der trennenden Schutzeinrichtung ist auf einen niedrigen Wert voreingestellt (z. B. ebenso lang wie die Zeitdauer eines Zyklus); sobald diese Zeit überschritten ist, können die gefährdenden Funktionen nicht mehr durch Schließen der verriegelten trennenden Schutzeinrichtung mit Startfunktion ausgelöst werden und vor einem erneuten Ingangsetzen der Maschine ist eine Rückstellung erforderlich;
- Maße oder Form der Maschine verhindern den Zugang von Personen oder Körperteilen in den Gefährdungsbereich oder zwischen Gefährdungsbereich und trennende Schutzeinrichtung, während diese geschlossen ist (siehe ISO 14120);
- alle weiteren trennenden Schutzeinrichtungen – sowohl feststehende (abnehmbarer Typ) als auch bewegliche – sind verriegelte trennende Schutzeinrichtungen;
- die mit der verriegelten trennenden Schutzeinrichtung mit Startfunktion verbundene Verriegelungseinrichtung ist so konstruiert - z. B. durch Redundanz des Positionsmelders und Verwendung einer Selbstüberwachung (siehe 4.11.6) - dass ihr Ausfall nicht zu einem unbeabsichtigten/unerwarteten Anlauf führen kann;

- die trennende Schutzeinrichtung wird sicher offen gehalten (z. B. mit einer Feder oder mit einem Gegengewicht), damit ihr Zufallen aufgrund ihres Eigengewichtes keinen Start auslösen kann.

5.3.2.6 Gefährdungen durch trennende Schutzeinrichtungen

Gefährdungen sind zu vermeiden, die ausgelöst werden könnten durch:

- die Ausführung der trennenden Schutzeinrichtung (z. B. scharfe Kanten oder Ecken, Werkstoff);
- Bewegungen der trennenden Schutzeinrichtung (Scher- oder Quetschbereiche, die durch kraftbetriebene trennende Schutzeinrichtungen und durch schwere trennende Schutzeinrichtungen hervorgerufen werden, die möglicherweise herabfallen können).

5.3.3 Technische Eigenschaften von nicht trennenden Schutzeinrichtungen

Nicht trennende Schutzeinrichtungen müssen derart ausgewählt und mit der Steuerung verbunden sein, dass die ordnungsgemäße Wirksamkeit der Sicherheitsfunktion(en) sichergestellt ist.

Nicht trennende Schutzeinrichtungen müssen entweder so ausgewählt werden, dass sie der entsprechenden Produktnorm entsprechen (z. B. für aktive optoelektronische Schutzeinrichtungen siehe IEC 61496-2), oder nach einem oder mehreren der in ISO 13849-1 formulierten Grundsätze konstruiert sein.

Nicht trennende Schutzeinrichtungen müssen so eingebaut und mit der Steuerung so verbunden sein, dass sie nicht leicht umgangen werden können.

5.3.4 Vorrichtungen für alternative Arten von Schutzeinrichtungen

Es sollten Vorkehrungen getroffen werden, damit das Einbauen alternativer Arten von Schutzeinrichtungen erleichtert wird, wenn bekannt ist, dass aufgrund wechselnder Arbeiten an der Maschine derartige Einbauten notwendig werden.

5.4 Technische Schutzmaßnahmen zur Verringerung von Emissionen

5.4.1 Allgemeines

Wenn die in 4.2.2 erwähnten Maßnahmen zur Verringerung von Emissionen an der Quelle nicht angemessen sind, müssen zusätzliche Schutzmaßnahmen an der Maschine vorgesehen werden.

5.4.2 Lärm

Beispiele für zusätzliche Schutzmaßnahmen sind:

- Einkapselungen (siehe ISO 15667);
- an der Maschine angebrachte Abschirmungen;
- Schalldämpfer (siehe ISO 14163).

5.4.3 Schwingungen

Beispiele für zusätzliche Schutzmaßnahmen sind Dämpfungsvorrichtungen zur Schwingungsisolierung zwischen der Quelle und der gefährdeten Person wie federnde Aufhängungen oder schwingungsgedämpft angebrachte Sitze.

Zu Maßnahmen zur Schwingungsisolierung von ortsfesten Industriemaschinen siehe EN 1299.

5.4.4 Gefährliche Stoffe

Beispiele für zusätzliche Schutzmaßnahmen sind:

- Einkapselung der Maschine (Einkapselung mit Unterdruck);
- örtliche Entlüftung mit Filtereinrichtung;

- Befeuchten mit Flüssigkeiten;
- besondere Lüftung im Bereich der Maschine (Luftvorhänge, Kabinen für Bedienpersonen).

Siehe ISO 14123-1.

5.4.5 Strahlung

Beispiele für zusätzliche Schutzmaßnahmen sind:

- Filtern und Absorption;
- Verwendung von Abschirmungen oder trennenden Schutzeinrichtungen.

5.5 Ergänzende Schutzmaßnahmen

5.5.1 Allgemeines

Schutzmaßnahmen, die weder inhärent sichere Konstruktionen noch technische Schutzmaßnahmen (Ausrüstung mit trennenden und/oder nicht trennenden Schutzeinrichtungen) noch Benutzerinformationen sind, müssen erforderlichenfalls entsprechend der bestimmungsgemäßen Verwendung und der vernünftigerweise vorhersehbaren Fehlanwendung der Maschine vorgesehen werden. Derartige Schutzmaßnahmen schließen die in 5.5.2 bis 5.5.6 behandelte Maßnahmen ein sind jedoch nicht auf diese begrenzt.

5.5.2 Bauteile und Bauelemente zum Stillsetzen im Notfall

Wenn aufgrund der Risikobeurteilung eine Maschine mit Bauteilen und -elementen zum Erreichen eines Stillsetzens im Notfall ausgerüstet werden muss, damit es möglich ist, unmittelbare oder drohende Notsituationen abzuwenden, gelten folgende Anforderungen:

- die Stellteile müssen deutlich erkennbar, gut sichtbar und schnell zugänglich sein;
- der gefährdende Vorgang muss möglichst schnell gestoppt werden, ohne zusätzliche Gefährdungen hervorzurufen; wenn dies nicht möglich ist oder das Risiko nicht vermindert werden kann, sollte die Frage gestellt werden, ob die Realisierung der Funktion zum Stillsetzen im Notfall die beste Lösung ist;
- falls erforderlich, muss die Einrichtung zum Stillsetzen im Notfall bestimmte Bewegungen in einen sicheren Zustand auslösen oder deren Auslösung ermöglichen.

ANMERKUNG Zu näheren Einzelheiten siehe ISO 13850.

Selbst wenn nach einem Befehl zum Stillsetzen im Notfall die Einrichtung mit Funktion zum Stillsetzen im Notfall nicht mehr aktiv ist, muss die Auswirkung dieses Befehls aufrechterhalten bleiben, bis die Rückstellung erfolgt. Die Rückstellung darf nur an der Stelle möglich sein, wo der Befehl zum Stillsetzen im Notfall erfolgt ist. Die Rückstellung des Befehls darf keinen Wiederanlauf der Maschine einleiten, sondern nur den erneuten Start zulassen.

Nähere Einzelheiten über die Konstruktion und Auswahl von elektrischen Bauteilen und -elementen zum Erreichen der Funktion zum Stillsetzen im Notfall sind in der Reihe IEC 60204 enthalten.

5.5.3 Maßnahmen zur Befreiung und Rettung eingeschlossener Personen

Zu den Maßnahmen zur Befreiung und Rettung eingeschlossener Personen können z. B. gehören:

- Fluchtwege und Unterstände in den Anlagen gegen Einschließen der Bedienperson in gefährliche Fangstellen;
- Vorkehrungen zum Bewegen bestimmter Elemente von Hand nach einem Nothalt;
- Vorkehrungen zur Umkehrung der Bewegung von bestimmten Elementen;
- Verankerungspunkte für Steigeinrichtungen;
- Mittel zur Kommunikation, mit denen eingeschlossene Bedienpersonen Hilfe herbeirufen können.

5.5.4 Maßnahmen für Energietrennung und Energieableitung

Besonders in Hinblick auf Instandhaltung und Reparaturen muss jede Maschine mit den technischen Mitteln zur Trennung von Energiequellen und zur Ableitung der gespeicherten Energie ausgestattet sein, die folgende Maßnahmen ermöglichen:

- a) Trennen (Ausschalten, Abtrennen) der Maschine (oder bestimmter Teile der Maschine) von sämtlichen Energiequellen;
- b) Verriegeln (oder anderweitiges Sichern) aller Trenneinrichtungen in der trennenden Stellung;
- c) Ableitung oder, wenn dies nicht möglich oder umsetzbar ist, Zurückhalten (Rückhaltung) aller gespeicherten Energie, die zu einer Gefährdung führen kann;
- d) abgesicherte Feststellung, ob die nach a), b) und c) durchgeführten Maßnahmen die gewünschte Wirkung erzielt haben.

Siehe ISO 14118, Abschnitt 5 und IEC 60204-1:1997, 5.5 und 5.6.

5.5.5 Vorkehrungen für die leichte und sichere Handhabung von Maschinen und zugehörigen schweren Teilen

Maschinen und deren Teile, die nicht von Hand bewegt oder transportiert werden können, müssen mit geeigneten Befestigungsmöglichkeiten für den Transport mit Hebezeugen versehen sein oder versehen werden können.

Diese Befestigungsmöglichkeiten (Vorrichtungen) können z. B. sein:

- genormte Hebevorrichtungen mit Schlingen, Haken, Transportösen oder Bohrungen mit Innengewinde zum Befestigen der Vorrichtung;
- Vorrichtungen zum automatischen Greifen mit einem Kranhaken, wenn die Befestigung vom Boden aus nicht möglich ist;
- Führungsnuten für Maschinen, die mit einem Flurförderzeug transportiert werden;
- Hebezeuge und Vorrichtungen, die in die Maschine integriert sind.

Das manuelle Entfernen oder Austauschen von Maschinenteilen während des Betriebs muss sicher durchgeführt werden können.

Siehe auch 6.4.c), 3. Gedankenstrich.

5.5.6 Maßnahmen für sicheren Zugang zu Maschinen

Maschinen müssen so konstruiert sein, dass es möglich ist, den Betrieb der Maschine und sämtliche Routinearbeiten beim Einrichten und/oder der Instandhaltung weitgehend vom Boden aus durchzuführen.

Wo das nicht möglich ist, müssen die Maschinen mit fest eingebauten Arbeitsbühnen, Treppen oder sonstigen Einrichtungen versehen sein, die einen sicheren Zugang für diese Arbeiten bieten, jedoch sollte darauf geachtet werden, dass derartige Arbeitsbühnen oder Treppen keinen Zugang zu Gefährdungsbereichen der Maschine gewähren.

Gangbereiche müssen aus Werkstoffen bestehen, die unter den Arbeitsbedingungen so rutschfest wie praktisch möglich bleiben. Sie müssen in Abhängigkeit von der Höhe über dem Boden mit geeigneten Geländern (siehe ISO 14122-3) versehen sein.

In großen, automatisch arbeitenden Anlagen muss besondere Aufmerksamkeit auf sichere Zugänge wie Fußgängerwege, Förderbrücken oder Übergänge gerichtet werden.

Zugangseinrichtungen zu hoch gelegenen Maschinenteilen müssen mit konstruktiven Schutzmaßnahmen gegen Abstürze (z. B. Treppengeländer, Treppenleitern und Plattformen und/oder Sicherheitskörbe für Leitern) ausgerüstet werden. Wenn erforderlich, müssen auch Befestigungspunkte für eine persönliche Schutzausrüstung

gegen Absturz vorgesehen werden (z. B. in Fahrkörben von Personenhebezeugen oder bei höhenverfahrbaren Steuerständen).

Öffnungen sollten möglichst immer in Richtung der sicheren Position zu öffnen sein. Sie müssen so konstruiert werden, dass Gefährdungen durch unbeabsichtigtes Öffnen verhindert werden.

Erforderliche Hilfsmittel für den Zugang müssen vorgesehen werden (z. B. Stufen, Handläufe). Die Steuereinrichtungen müssen so konstruiert und angeordnet werden, dass deren Verwendung als Hilfsmittel für den Zugang verhindert wird.

Maschinen zum Anheben von Gütern und/oder Personen mit Anhaltepositionen in bestimmten Höhen müssen mit verriegelten trennenden Schutzeinrichtungen ausgerüstet sein, die einen Absturz verhindern, wenn sich die Plattform nicht in der richtigen Höhe befindet. Wenn die trennende Schutzeinrichtung geöffnet ist, müssen Bewegungen der Hebeplattform unterbunden sein.

Zu ausführlichen Vorkehrungen siehe ISO 14122-1, ISO 14122-2, ISO 14122-3 und ISO 14122-4.

6 Benutzerinformation

6.1 Allgemeine Anforderungen

Das Abfassen der Benutzerinformation ist ein integraler Bestandteil der Konstruktion einer Maschine (siehe ISO 12100-1:2003, Bild 1). Die Benutzerinformation besteht aus Kommunikationselementen wie Texten, Wörtern, Zeichen, Signalen, Symbolen oder Diagrammen, die einzeln oder zusammen verwendet werden, um Informationen an den Benutzer weiterzugeben. Sie richtet sich an gewerbliche und/oder private Benutzer.

ANMERKUNG Siehe auch IEC 62079 für die Strukturierung und Präsentation der Benutzerinformation.

6.1.1 Es muss eine Benutzerinformation bereitgestellt werden, die den Benutzer über die bestimmungsgemäße Verwendung informiert, wobei besonders alle Betriebsarten berücksichtigt werden.

Sie muss sämtliche Angaben enthalten, die für die sichere und ordnungsgemäße Verwendung der Maschine erforderlich sind.

In dieser Hinsicht muss sie den Benutzer über das Restrisiko informieren und ihn davor warnen.

Die Benutzerinformation muss angeben, ob

- Ausbildung erforderlich ist,
- persönliche Schutzausrüstung benötigt wird,
- möglicherweise zusätzliche trennende oder nicht trennende Schutzeinrichtungen vorzusehen sind (siehe ISO 12100-1:2003, Bild 1, Fußnote 4).

Dabei dürfen keine Verwendungsmöglichkeiten der Maschine ausgeschlossen werden, die vernünftigerweise von der Bezeichnung und Beschreibung der Maschine her erwartet werden können; die Benutzerinformation muss auch unter besonderer Berücksichtigung der vernünftigerweise vorsehbaren Fehlanwendung vor dem Risiko warnen, das entstehen würde, wenn die Maschine anders als beschrieben verwendet wird.

6.1.2 Die Benutzerinformation muss, einzeln oder zusammen, behandeln:

Transport, Zusammenbau, Einbau und Einstellen, Inbetriebnahme, Verwendung (Einrichten, Teachen/Programmieren oder Umrüsten, Betrieb, Reinigung, Fehlersuche und Instandhaltung) der Maschine und ggf. Außerbetriebnahme, Abbau und Entsorgung.

6.2 Platzierung und Art der Benutzerinformation

In Abhängigkeit vom Risiko, vom Zeitpunkt, zu dem der Benutzer die Information benötigt, und von der Maschinenkonstruktion muss entschieden werden, ob die Information oder Teile der Information

- in/auf der Maschine selbst (siehe 6.3 und 6.4),

- in Begleitunterlagen (besonders in der Betriebsanleitung, siehe 6.5),
- auf der Verpackung,
- außerhalb der Maschine, durch andere Maßnahmen wie Signale und Warnhinweise, angegeben werden bzw. erfolgen müssen.

Sofern wichtige Mitteilungen erforderlich sind, wie z. B. Warnhinweise, sind Standardformulierungen in Betracht zu ziehen (siehe auch IEC 62079).

6.3 Signale und Warneinrichtungen

Um vor drohenden Gefährdungen wie Maschinenanlauf oder Überdrehzahl zu warnen, können optische Signale (z.B. Blinklichter) und akustische Signale (z.B. Sirenen) verwendet werden.

Derartige Signale können auch dazu verwendet werden, die Bedienperson zu warnen, bevor automatische Schutzmaßnahmen ausgelöst werden (siehe 5.2.7, letzter Absatz).

Wichtig ist, dass diese Signale

- vor Eintritt der Gefährdung abgegeben werden,
- eindeutig sind,
- deutlich wahrnehmbar und von allen anderen verwendeten Signalen zu unterscheiden sind,
- von der Bedienperson und weiteren Personen klar erkannt werden können.

Die Warneinrichtungen müssen so konstruiert und angeordnet sein, dass die Überprüfung leicht durchführbar ist. Die Benutzerinformation muss die regelmäßige Überprüfung von Warneinrichtungen vorschreiben.

Der Konstrukteur muss Risiken durch Reizüberflutung berücksichtigen, die sich aus zu vielen optischen und/oder akustischen Signalen ergeben, was zur Umgehung der Warneinrichtungen führen kann.

ANMERKUNG Häufig ist Beratung des Benutzers zu diesem Thema erforderlich.

6.4 Kennzeichnungen, Zeichen (Piktogramme), schriftliche Warnhinweise

Auf der Maschine müssen alle Kennzeichnungen angebracht sein, die für Folgendes notwendig sind:

- a) zur eindeutigen Identifizierung mindestens:
 - Name und Anschrift des Herstellers;
 - Bezeichnung der Serie oder des Typs;
 - Seriennummer, falls vorhanden;
- b) um die Übereinstimmung mit den verbindlichen Anforderungen anzuzeigen:
 - Kennzeichnungen;
 - schriftliche Hinweise (z. B. für Maschinen, die zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen vorgesehen sind);
- c) für den sicheren Gebrauch z. B.:
 - größte Drehzahl rotierender Teile;
 - größter Durchmesser von Werkzeugen;
 - Masse (ausgedrückt in Kilogramm) der Maschine selbst und/oder deren abnehmbarer Teile;
 - größte Tragfähigkeit;
 - Notwendigkeit zum Tragen persönlicher Schutzausrüstung;

- Daten über die Einstellung von trennenden Schutzeinrichtungen;
- Häufigkeit von Inspektionen.

Beschriftungen auf der Maschine sollten während der erwarteten Lebensdauer dauerhaft und lesbar bleiben.

Zeichen oder schriftliche Warnhinweise nur mit der Aufschrift „Gefahr“ dürfen nicht verwendet werden.

Kennzeichnungen, Zeichen und schriftliche Warnhinweise müssen leicht verständlich und eindeutig auf den betreffenden Teil der Funktion der Maschine bezogen werden können. Gut verständliche Zeichen (Piktogramme) sollten bevorzugt vor schriftlichen Warnhinweisen angewendet werden.

Es sollten nur Zeichen und Piktogramme angewendet werden, wenn sie in dem Kulturkreis, in dem die Maschine eingesetzt werden soll, verständlich sind.

Schriftliche Warnhinweise müssen in der (den) Sprache(n) des Landes, in dem die Maschine zum ersten Mal benutzt wird, und auf Anforderung auch in der (den) den Bedienpersonen verständlichen Sprache(n) abgefasst sein.

ANMERKUNG In einigen Ländern wird die Anforderung zur Anwendung einer speziellen (spezieller) Sprache(n) durch gesetzliche Anforderungen abgedeckt.

Kennzeichnungen müssen mit den anerkannten Normen übereinstimmen (siehe ISO 2972, ISO 7000, besonders für Piktogramme, Symbole, Farben).

Zu Kennzeichnungen von elektrischen Ausrüstungen siehe die Reihe IEC 60204.

6.5 Begleitunterlagen (insbesondere Betriebsanleitung)

6.5.1 Inhalt

Die Betriebsanleitung oder weitere schriftliche Anweisungen (z. B. auf der Verpackung) müssen unter anderem Folgendes enthalten:

- a) Angaben über Transport, Handhabung und Lagerung der Maschine, z. B.:
 - Lagerbedingungen für die Maschine;
 - Maße, Masse(n)angaben, Lage des (der) Schwerpunkte(s);
 - Angaben zur Handhabung (z. B. Zeichnungen, die die Anschlagpunkte für Hebezeuge angeben);
- b) Angaben über die Installation und Inbetriebnahme der Maschine, z. B.:
 - Anforderungen an Befestigung/Verankerung und Schwingungsdämpfung;
 - Bedingungen für Zusammenbau und Montage;
 - Platzbedarf für Betrieb und Instandhaltung;
 - zulässige Umgebungsbedingungen (z. B. Temperatur, Feuchte, Schwingungen, elektromagnetische Strahlung);
 - Anweisungen zum Anschließen der Maschine an die Energieversorgung (besonders hinsichtlich des Schutzes gegen elektrische Überlast);
 - Hinweise zu Abfallbeseitigung/Entsorgung;
 - falls erforderlich, Empfehlungen zu Schutzmaßnahmen, die vom Benutzer zu treffen sind, z. B. zusätzliche Schutzeinrichtungen (siehe ISO 12100-1:2003, Bild 1, Fußnote 4), Sicherheitsabstände, Sicherheitszeichen und -signale;
- c) Angaben über die Maschine selbst, z. B.:
 - genaue Beschreibung der Maschine, des Zubehörs, der trennenden Schutzeinrichtungen und/oder der nicht trennenden Schutzeinrichtungen;

- gesamter vorgesehener Anwendungsbereich, einschließlich möglicher verbotener Anwendungen, wobei ggf. unterschiedliche Ausführungen der Maschine zu berücksichtigen sind;
 - Diagramme (besonders schematische Darstellungen der Sicherheitsfunktionen);
 - Daten über Lärm und Schwingungen welcher/welche von der Maschine hervorgerufen wird/werden, zu ihren Emissionen von Strahlung, Gasen, Dämpfen, Stäuben mit Verweis auf die verwendeten Messverfahren;
 - technische Unterlagen über die elektrische Ausrüstung (siehe die Reihe IEC 60204);
 - Unterlagen, die bestätigen, dass die Maschine den verbindlichen Anforderungen entspricht;
- d) Angaben zur Verwendung der Maschine, z. B. über:
- bestimmungsgemäße Verwendung;
 - Beschreibung der Stellteile;
 - Einricht- und Einstellarbeiten;
 - Betriebsarten und die Mittel zum Stillsetzen (besonders Stillsetzen im Notfall);
 - Risiken, die durch die vom Konstrukteur getroffenen Schutzmaßnahmen nicht beseitigt werden konnten;
 - besondere Risiken, die bei bestimmten Verwendungen und bei Anwendung von bestimmtem Zubehör entstehen können, und über spezifische Schutzeinrichtungen, die hierfür benötigt werden;
 - vernünftigerweise vorhersehbare Fehlanwendungen und verbotene Anwendungen;
 - Fehlererkennung und -ortung, Reparatur und Wiederinbetriebsetzung nach einem Eingriff;
 - zu benutzende persönliche Schutzausrüstung und erforderliche Ausbildung;
- e) Angaben zur Instandhaltung, z. B.:
- Art und Häufigkeit der Inspektionen hinsichtlich Sicherheitsfunktionen;
 - Anweisungen zu Instandhaltungsarbeiten, die bestimmtes Fachwissen oder besondere Fähigkeiten erfordern und deshalb nur von geschultem Personal (z. B. Instandhaltungspersonal, Spezialisten) durchgeführt werden sollten;
 - Anweisungen zu Instandhaltungsarbeiten (z. B. Auswechseln von Teilen), die keine besonderen Fähigkeiten erfordern und die demzufolge von Benutzern (z. B. Bedienpersonen) durchgeführt werden können;
 - Zeichnungen und Diagramme, die dem Instandhaltungspersonal eine rationelle Erfüllung ihrer Aufgaben ermöglichen (besonders bei der Fehlersuche);
- f) Angaben über Außerbetriebnahme, Abbau und Entsorgung;
- g) Angaben für den Notfall, z. B.:
- Art der zu verwendenden Feuerlöschschrüstung;
 - Warnhinweise über mögliche Emission oder Leckage von schädlichen Stoffen und, falls möglich, Angaben über Mittel zur Bekämpfung derer Wirkungen;
- h) Anweisungen zur Instandhaltung für geschultes Personal (zweiter Spiegelstrich in e)) und Anweisungen zur Instandhaltung für ungeschultes Personal (dritter Spiegelstrich in e)) sollten deutlich getrennt voneinander erscheinen.

6.5.2 Erstellung der Betriebsanleitung

- a) Art und Größe der Schrift müssen bestmögliche Lesbarkeit sicherstellen. Sicherheits- und/oder Warnhinweise sollten durch Farben, Symbole und/oder große Darstellung hervorgehoben werden.
- b) Benutzerinformationen müssen in der (den) Sprache(n) des Landes, in dem die Maschine zum ersten Mal eingesetzt wird, und in der ursprünglichen Version angegeben werden. Falls mehr als eine Sprache zu

benutzen ist, sollte jede Sprache leicht von der (den) anderen Sprache(n) zu unterscheiden sein, und es sollte angestrebt werden, den übersetzten Text und die dazugehörigen Illustrationen in sich geschlossen zu halten.

ANMERKUNG In einigen Ländern wird die Anforderung zur Anwendung einer speziellen (spezieller) Sprache(n) durch gesetzliche Anforderungen abgedeckt.

- c) Sofern es dem Verständnis dient, sollte der Text durch Illustrationen verdeutlicht werden. Illustrationen sollten mit schriftlichen Angaben z. B. zur Lokalisierung und Erkennung von Stellteilen ergänzt werden. Diese Illustrationen sollten nicht vom Begleittext getrennt werden und dem Arbeitsablauf folgen.
- d) Berücksichtigt werden sollte die Angabe von Informationen in Tabellenform, sofern das dem Verständnis dient. Tabellen sollten neben dem dazugehörigen Text stehen.
- e) Die Verwendung von Farben sollte in Erwägung gezogen werden, besonders bei Bauteilen, die schnelles Erkennen erfordern.
- f) Falls die Betriebsanleitung umfangreich ist, sollte ein Inhaltsverzeichnis und/oder Stichwortverzeichnis hinzugefügt werden.
- g) Sicherheitsrelevante Anweisungen, die unmittelbares Tätigwerden umfassen, sollten in einer Form vorliegen, dass sie der Bedienperson sofort zur Verfügung stehen.

6.5.3 Hinweise zur Abfassung und Herausgabe der Benutzerinformation

- a) Die Informationen müssen sich eindeutig auf den speziellen Maschinentyp beziehen.
- b) Kommunikationsgrundsätze: Werden Benutzerinformationen erarbeitet, sollte der Kommunikationsablauf „Sehen – Denken – Anwenden“ befolgt werden, um größten Nutzen zu erzielen, und den Arbeitsschritten folgen. Die Fragen „Wie?“ und „Warum?“ sollten vorweggenommen und beantwortet werden.
- c) Die Benutzerinformation muss so einfach und knapp wie möglich sein und sollte mit durchgängig verwendeten Benennungen und Einheiten ausgedrückt werden, wobei ungewöhnliche Fachbegriffe eindeutig erklärt werden.
- d) Falls vorherzusehen ist, dass die Maschine im nicht gewerblichen Bereich eingesetzt wird, sollten die Anweisungen so geschrieben sein, dass sie auch Laien problemlos verstehen können. Sofern für den sicheren Gebrauch der Maschine persönliche Schutzausrüstung erforderlich ist, sollten dazu klare Hinweise gegeben werden, z. B. sowohl auf der Verpackung als auch an der Maschine, sodass diese Information am Ort des Verkaufs deutlich sichtbar vorhanden ist.
- e) Dauerhaftigkeit und Verfügbarkeit der Unterlagen: Unterlagen, die Anweisungen für den Gebrauch geben, sollten in haltbarer Form hergestellt werden (d. h., sie sollten dem häufigen Gebrauch durch den Benutzer standhalten). Es kann von Nutzen sein, sie mit der Aufschrift „Für künftige Verwendung aufbewahren“ zu versehen. Wo die Benutzerinformation in elektronischer Form vorliegt (z. B. CD, DVD, Tonband), müssen sicherheitsbezogene Informationen, die schnelles Handeln erfordern, zusätzlich immer gedruckt und sofort zur Verfügung stehen.

Anhang ZA (informativ)

Übereinstimmung zwischen ISO-Normen und Europäischen Normen

| ISO Referenz | EN Referenz | Titel |
|----------------|----------------------------|--|
| IEC 60204 | EN 60204 | Sicherheit von Maschinen — Elektrische Ausrüstung von Maschinen |
| IEC 60335-1 | EN 60335-1 | Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke; Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 60335-1:1983, modifiziert) |
| IEC 60745-1 | EN 50144-1 | Sicherheit handgeführter motorbetriebener Elektrowerkzeuge — Teil 1: Allgemeine Anforderungen |
| IEC 60947-5-1 | EN 60947-5-1 | Niederspannungsschaltgeräte — Teil 5-1: Steuergeräte und Schaltelemente — Elektromechanische Steuergeräte (IEC 60947-5-1:1997) |
| IEC 61000-6 | EN 61000-6 | Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 6-1: Fachgrundnormen; Störfestigkeit; Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe (IEC 61000-6-1:1997, modifiziert) |
| IEC 61310-1 | EN 61310-1 | Sicherheit von Maschinen — Anzeigen, Kennzeichen und Bedienen — Teil 1: Anforderungen an sichtbare, hörbare und tastbare Signale (IEC 61310-1:1995) |
| IEC 61310-3 | EN 61310-3 | Sicherheit von Maschinen — Anzeigen, Kennzeichen und Bedienen — Teil 3: Anforderungen an die Anordnung und den Betrieb von Bedienteilen (Stellteilen) (IEC 61310-3:1999) |
| IEC 61496-1 | EN 61496-1 | Sicherheit von Maschinen — Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen — Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Prüfungen (IEC 61496-1:1997) |
| IEC 61496-2 | EN 61496-2 | Sicherheit von Maschinen — Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen — Teil 2: Besondere Anforderungen an Einrichtungen, welche nach dem aktiven opto-elektronischen Prinzip arbeiten (IEC 44/316/CD:2001) |
| IEC 61508 | EN 61508 | Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme |
| IEC 62046 | EN 62046 | Sicherheit von Maschinen — Anwendung von Schutzausrüstungen mit Anwesenheitserkennung für Maschinen (IEC 44/310/INF:2001) |
| IEC 62061 | EN 62061 | Sicherheit von Maschinen; funktionale Sicherheit von elektrischen, elektronischen und programmierbaren Steuerungen von Maschinen (IEC 44/380/CD:2002) |
| IEC 62079 | EN 62079 | Erstellen von Anleitungen — Gliederung, Inhalt und Darstellung (IEC 62079:2001) |
| ISO 4413 | EN 982 ²⁾ :1996 | Sicherheit von Maschinen — Sicherheitstechnische Anforderungen an fluidtechnische Anlagen und deren Bauteile — Hydraulik (ISO 4413:1998) |
| ISO 4414 | EN 983 ²⁾ :1996 | Fluidtechnik; Ausführungsrichtlinien Pneumatik (ISO 4414:1998) |
| ISO 6385 | ENV 26385:1990 | Prinzipien der Ergonomie in der Auslegung von Arbeitssystemen (ISO 6385:1981) |
| ISO 9355-1 | EN 894-1: 1997 | Sicherheit von Maschinen — Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen — Teil 1: Allgemeine Leitsätze für Benutzer-Interaktion mit Anzeigen und Stellteilen (ISO 9355-1: 1999) |
| ISO 10075 | EN ISO 10075-1 | Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung — Teil 1: Allgemeines und Begriffe (ISO 10075:1991) |
| ISO 10075-2 | EN ISO 10075-2 | Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung — Teil 2: Gestaltungsgrundsätze (ISO 10075-2:1996) |
| ISO/TR 11688-1 | EN ISO 11688-1 | Akustik — Richtlinien für die Konstruktion lärmarmen Maschinen und Anlagen — |

²⁾Die Europäische Norm und die Internationale Norm sind nicht grundsätzlich identisch.

| ISO Referenz | EN Referenz | Titel |
|------------------|----------------------------|--|
| | | Teil 1: Planung (ISO/TR 11688-1:1995) |
| ISO 12100-1 | EN ISO 12100-1 | Sicherheit von Maschinen — Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze — Teil 1: Grundsätzliche Terminologie, Methodologie (ISO 12100-1:2003) |
| ISO 13849-1:1999 | EN 954-1:1996 | Sicherheit von Maschinen — Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen — Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze |
| ISO 13850:1996 | EN 418 ²):1992 | Sicherheit von Maschinen; NOT-AUS-Einrichtung, funktionelle Aspekte; Gestaltungsleitsätze |
| ISO 13851:2002 | EN 574:1996 | Sicherheit von Maschinen — Zweihandschaltungen — Funktionelle Aspekte — Gestaltungsleitsätze |
| ISO 13852:1996 | EN 294:1992 | Sicherheit von Maschinen; Sicherheitsabstände gegen das Erreichen von Gefahrstellen mit den oberen Gliedmaßen |
| ISO 13853:1998 | EN 811:1996 | Sicherheit von Maschinen — Sicherheitsabstände gegen das Erreichen von Gefahrstellen mit den unteren Gliedmaßen |
| ISO 13854:1996 | EN 349:1993 | Sicherheit von Maschinen; Mindestabstände zur Vermeidung des Quetschens von Körperteilen |
| ISO 13855:2002 | EN 999:1998 | Sicherheit von Maschinen — Anordnung von Schutzeinrichtungen im Hinblick auf Annäherungsgeschwindigkeiten von Körperteilen |
| ISO 13856-1:2001 | EN 1760-1:1997 | Sicherheit von Maschinen — Druckempfindliche Schutzeinrichtungen — Teil 1: Allgemeine Leitsätze für die Gestaltung und Prüfung von Schaltmatten und Schaltplatten |
| ISO 14118:2000 | EN 1037:1995 | Sicherheit von Maschinen — Vermeidung von unerwartetem Anlauf |
| ISO 14119:1998 | EN 1088:1995 | Sicherheit von Maschinen — Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen — Leitsätze für Gestaltung und Auswahl |
| ISO 14120:2002 | EN 953:1997 | Sicherheit von Maschinen — Trennende Schutzeinrichtungen — Allgemeine Anforderungen an Gestaltung und Bau von feststehenden und beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen |
| ISO 14122-1 | EN ISO 14122-1 | Sicherheit von Maschinen — Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen — Teil 1: Wahl eines ortsfesten Zugangs zwischen zwei Ebenen (ISO 14122-1:2001) |
| ISO 14122-2 | EN ISO 14122-2 | Sicherheit von Maschinen — Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen — Teil 2: Arbeitsbühnen und Laufstege (ISO 14122-2:2001) |
| ISO 14122-3 | EN ISO 14122-3 | Sicherheit von Maschinen — Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen — Teil 3: Treppen, Treppenleitern und Geländer (ISO 14122-3:2001) |
| ISO/FDIS 14122-4 | prEN ISO 14122-4 | Sicherheit von Maschinen — Ortsfeste Zugänge zu Maschinen und industriellen Anlagen — Teil 4: Ortsfeste Steigleitern (ISO/FDIS 14122-4:1999) |
| ISO 14123-1:1998 | EN 626-1:1994 | Sicherheit von Maschinen — Reduzierung des Gesundheitsrisikos durch Gefahrstoffe, die von Maschinen ausgehen — Teil 1: Grundsätze und Festlegungen für Maschinenhersteller |
| ISO 14163 | EN ISO 14163 | Akustik — Richtlinien für den Schallschutz durch Schalldämpfer (ISO 14163:1998) |
| ISO 15667 | EN ISO 15667 | Akustik — Leitfaden für den Schallschutz durch Kapseln und Kabinen (ISO 15667:2000) |

Anhang ZB (informativ)

Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie (Richtlinie 98/37/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Juni 1998 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten für Maschinen)

Diese Europäische Norm wurde im Rahmen eines Mandates, das dem CEN von der Europäischen Kommission und der Europäischen Freihandelszone erteilt wurde, erarbeitet, um ein Mittel zur Erfüllung der grundlegenden Anforderungen der Richtlinie nach der neuen Konzeption (Richtlinie 98/37/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Juni 1998 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten für Maschinen geändert durch Richtlinie 98/79/EG) bereitzustellen.

Sobald diese Norm im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften im Rahmen der betreffenden Richtlinie in Bezug genommen und in mindestens einem der Mitgliedstaaten als nationale Norm umgesetzt worden ist, berechtigt die Übereinstimmung mit den normativen Abschnitten dieser Norm innerhalb der Grenzen des Anwendungsbereichs dieser Norm zu der Annahme, dass eine Übereinstimmung mit den entsprechenden grundlegenden Anforderungen der Richtlinie und der zugehörigen EFTA-Vorschriften gegeben ist.

WARNHINWEIS — Für Produkte, die in den Anwendungsbereich dieser Norm fallen, können weitere Anforderungen und weitere EU-Richtlinien anwendbar sein.

Literaturhinweise

- [1] CR 1030-1, *Hand-arm vibration — Guidelines for vibration hazards reduction — Part 1: Engineering methods by design of machinery.*
- [2] EN 614-1, *Sicherheit von Maschinen — Ergonomische Gestaltungsgrundsätze — Teil 1: Begriffe und allgemeine Leitsätze.*
- [3] EN 894-3, *Sicherheit von Maschinen - Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen – Teil 3: Stellteile.*
- [4] EN 1299, *Mechanische Schwingungen und Stöße — Schwingungsisolierung von Maschinen — Angaben für den Einsatz von Quellenisolierungen.*
- [5] EN 12198-1, *Sicherheit von Maschinen — Bewertung und Verminderung des Risikos der von Maschinen emittierten Strahlung — Teil 1: Allgemeine Prinzipien.*
- [6] prEN 12198-3, *Sicherheit von Maschinen — Bewertung und Verminderung des Risikos der von Maschinen emittierten Strahlung — Teil 3: Verminderung der Strahlung durch Abschwächung oder Abschirmung.*
- [7] prEN 13861, *Sicherheit von Maschinen — Leitfaden für die Anwendung von Ergonomie-Normen bei der Gestaltung von Maschinen.*
- [8] EN 50020, *Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche — Eigensicherheit „i“.*
- [9] IEC 60204 series, *Safety of machinery - Electrical equipment of machines.*
- [10] IEC 60335-1, *Household and similar electrical appliances — Safety — Part 1: General requirements.*
- [11] IEC 60745-1, *Safety of hand-held electric motor operated tools — Part 1: General requirements (EN 50144-1).*
- [12] IEC 60947-5-1, *Low-voltage switchgear and controlgear — Part 5-1: Control circuit devices and switching elements — Electromechanical control circuit devices.*
- [13] IEC 61000-6 series, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6: Generic standards.*
- [14] IEC 61029, *Safety of transportable motor-operated electric tools.*
- [15] IEC 61310-1, *Safety of machinery — Indication, marking and actuation — Part 1: Requirements for visual, auditory and tactile signals.*
- [16] IEC 61310-3:1999, *Safety of machinery — Indication, marking and actuation — Part 3: Requirements for the location and operation of actuators.*
- [17] IEC 61496-1, *Safety of machinery — Electrosensitive protective equipment — Part 1: General requirements and tests.*
- [18] IEC 61496-2, *Safety of machinery — Electrosensitive protective equipment — Part 2: Particular requirements for equipment using active opto-electronic protective devices (EN 61496-2).*
- [19] IEC 61508 series, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems.*
- [20] IEC 62046 draft, *Safety of machinery — Application of personnel sensing protection equipment to machinery (PSPE).*
- [21] IEC 62061 draft, *Safety machinery — Functional safety of electrical, electronic and programmable control systems for machinery.*

- [22] IEC 62079, *Preparation of instructions — Structuring, content and presentation.*
- [23] ISO 447, *Machine tools — Direction of operation of controls.*
- [24] ISO 2972:1979, *Numerical control of machines — Symbols.*
- [25] ISO 4413, *Hydraulic fluid power — General rules relating to systems.*
- [26] ISO 4414, *Pneumatic fluid power — General rules relating to systems.*
- [27] ISO 6385:1981, *Ergonomic principles of the design of work systems.*
- [28] ISO 7000:1989, *Graphical symbols for use on equipment — Index and synopsis.*
- [29] ISO 9355-1, *Ergonomic requirements for the design of displays and control actuators — Part 1: Human interactions with displays and control actuators.*
- [30] ISO 10075, *Ergonomic principles related to mental work-load — General terms and definitions.*
- [31] ISO 10075-2, *Ergonomic principles related to mental workload — Part 2: Design principles.*
- [32] ISO/TR 11688-1, *Acoustics — Recommended practice for the design of low- noise machinery and equipment — Part 1: Planning (EN ISO 11688-1).*
- [33] ISO 13849-1:1999, *Safety of machinery — Safety-related parts of control systems — Part 1: General principles for design (EN 954-1).*
- [34] ISO 13850, *Safety of machinery — Emergency stop equipment, functional aspects — Principles for design (EN 418:1992²).*
- [35] ISO 13851, *Safety of machinery — Two hand control devices — Functional aspects — Principles for design (EN 574).*
- [36] ISO 13852, *Safety of machinery — Safety distances to prevent danger zones being reached by the upper limbs (EN 294).*
- [37] ISO 13853, *Safety of machinery — Safety distances to prevent danger zones being reached by the lower limbs (EN 811).*
- [38] ISO 13854, *Safety of machinery — Minimum gaps to avoid crushing of parts of the human body (EN 349).*
- [39] ISO 13855, *Safety of machinery — The positioning of protective equipment in respect of approach speeds of parts of the human body (EN 999).*
- [40] ISO 13856-1, *Safety of machinery — Pressure sensitive protective devices — Part 1: General principles for the design and testing of pressure sensitive mats and pressure sensitive floors (EN 1760-1).*
- [41] ISO 14118:2000, *Safety of machinery — Prevention of unexpected start-up (EN 1037).*
- [42] ISO 14119:1998, *Safety of machinery — Interlocking devices associated with guards — Principles for design and selection (EN 1088).*
- [43] ISO 14120:2002, *Safety of machinery — Guards — General requirements for the design and construction of fixed and movable guards (EN 953).*
- [44] ISO 14122-1, *Safety of machinery — Permanent means of access to machines and industrial plants — Part 1: Choice of a fixed means of access between two levels (EN ISO 14122-1).*
- [45] ISO 14122-2, *Safety of machinery — Permanent means of access to machines and industrial plants — Part 2: Working platforms and walkways (EN ISO 14122-2).*

- [46] ISO 14122-3, *Safety of machinery — Permanent means of access to machines and industrial plants — Part 3: Stairways, stepladders and guard-rails* (EN ISO 14122-3).
- [47] ISO 14122-4, *Safety of machinery — Permanent means of access to machines and industrial plants — Part 4: Fixed ladders* (EN ISO 14122-4).
- [48] ISO 14123-1, *Safety of machinery — Reduction of risks to health from hazardous substances emitted by machinery — Part 1: Principles and specifications for machinery manufacturers* (EN 626-1).
- [49] ISO 14163, *Acoustics — Guidelines for noise control by silencers*.
- [50] ISO 15667, *Acoustics — Guidelines for noise control by enclosures and cabins*.