

DIN EN ISO 10218-2**DIN**

ICS 25.040.30

Einsprüche bis 2008-11-08

Entwurf

**Industrieroboter –
Sicherheitsanforderungen –
Teil 2: Robotersystem und integration (ISO 10218-2:2008);
Deutsche Fassung prEN ISO 10218-2:2008**

Robots for the industrial environments –
Safety requirements –
Part 2: Robot system and integration (ISO/DIS 10218-2:2008);
German version prEN ISO 10218-2:2008

Robots pour environnements industriels –
Exigences de sécurité –
Partie 2: Système robot et integration (ISO 10218-2:2008);
Version allemande prEN ISO 10218-2:2008

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2008-09-08 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an nam@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Maschinenbau (NAM) im DIN, 60498 Frankfurt am Main, Postfach 71 08 64 (Hausanschrift: Lyoner Str. 18, 60528 Frankfurt am Main).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevante Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 104 Seiten

Normenausschuss Maschinenbau (NAM) im DIN



Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab ...¹⁾

Nationales Vorwort

Dieser Norm-Entwurf enthält sicherheitstechnische Festlegungen.

Er beinhaltet die Deutsche Fassung der prEN ISO 10218-2:2008. Sie wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 184 „Industrial automation systems and integration“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 310 „Fortgeschrittene Fertigungstechniken“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Die nationalen Interessen bei der Erarbeitung wurden vom Fachbereich Industrielle Automation und Integration im Normenausschuss Maschinenbau (NAM) im DIN wahrgenommen.

Die ISO 10218 wurde im Rahmen ihrer Revision vollständig überarbeitet. Der Revisionsvorschlag erfolgte auf US-Initiative. Als Basisdokument für die Überarbeitung wurde eine US-Norm von 1999 vorgelegt, welche von ANSI/RIA zur Roboter-Sicherheit ausgearbeitet worden war. Auf dieser Basis startete die Revision im Rahmen eines vom ISO/TC184/SC2 einberufenen internationalen Projekt-Teams mit dem Ziel, eine internationale Norm zur Roboter-Sicherheit zu entwickeln.

Diese Europäische Norm konkretisiert einschlägige Anforderungen von Anhang I der EG-Maschinenrichtlinie 98/37/EG an erstmals im EWR in Verkehr gebrachte Industrieroboter, um den Nachweis der Übereinstimmung mit diesen Anforderungen zu erleichtern.

Ab dem Zeitpunkt ihrer Bezeichnung als Harmonisierte Norm im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften kann der Hersteller bei ihrer Anwendung davon ausgehen, dass er die von der Norm behandelten Anforderungen der Maschinenrichtlinie eingehalten hat (so genannte Vermutungswirkung).

Für die im Abschnitt 2 und den Literaturhinweisen zitierten Internationalen und Europäischen Normen, sofern sie nicht als DIN-EN-, DIN-EN-ISO- bzw. DIN-IEC-Normen mit gleicher Zählnummer veröffentlicht sind, wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Normen hingewiesen.

ISO 13854	siehe DIN EN 349;
ISO 13856-1	siehe DIN EN 1760-1;
ISO 14118	siehe DIN EN 1037;
ISO 14119	siehe DIN EN 1088;
ISO 14120	siehe DIN EN 953;
ISO 14123	siehe DIN EN 626-1 und -2;
ISO 19353	siehe DIN EN 13478

1) Wird bei Herausgabe als Norm festgelegt.

Nationaler Anhang NA
(informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 349, *Sicherheit von Maschinen — Mindestabstände zur Vermeidung des Quetschens von Körperteilen*

DIN EN 626-1, *Sicherheit von Maschinen — Reduzierung des Gesundheitsrisikos durch Gefahrstoffe, die von Maschinen ausgehen — Teil 1: Grundsätze und Festlegungen für Maschinenhersteller*

DIN EN 626-2, *Sicherheit von Maschinen — Reduzierung des Gesundheitsrisikos durch Gefahrstoffe, die von Maschinen ausgehen — Teil 2: Methodik beim Aufstellen von Überprüfungsverfahren*

DIN EN 953, *Sicherheit von Maschinen — Trennende Schutzeinrichtungen — Allgemeine Anforderungen an Gestaltung und Bau von feststehenden und beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen*

DIN EN 1037, *Sicherheit von Maschinen — Vermeidung von unerwartetem Anlauf*

DIN EN 1088, *Sicherheit von Maschinen — Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen — Leitsätze für Gestaltung und Auswahl*

DIN EN 1760-1, *Sicherheit von Maschinen — Druckempfindliche Schutzeinrichtungen — Teil 1: Allgemeine Leitsätze für die Gestaltung und Prüfung von Schaltmatten und Schaltplatten*

DIN EN 13478, *Sicherheit von Maschinen — Brandschutz*

— Leerseite —

Industrieroboter — Sicherheitsanforderungen — Teil 2: Robotersystem und Integration (ISO/DIS 10218-2:2008)

Robots et composants robotiques — Exigences de sécurité — Partie 2: Système de robot et intégration (ISO/DIS 10218-2:2008)

Robots for industrial environments — Safety requirements — Part 2: Robot system and integration (ISO/DIS 10218-2:2008)

ICS:

Deskriptoren:

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
Einleitung.....	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen.....	5
3 Begriffe	6
4 Identifizierung der Gefährdungen und Risikobeurteilung.....	7
4.1 Allgemeines.....	7
4.2 Gestaltung der Anordnung	8
4.3 Risikobeurteilung.....	9
4.4 Identifizierung der Gefährdungen	10
4.5 Beseitigung von Gefährdungen und Risikominderung	11
5 Sicherheitsanforderungen und Schutzmaßnahmen	12
5.1 Allgemeines.....	12
5.2 Anforderungen an sicherheitsbezogene Steuerungssysteme (Hardware/Software)	12
5.3 Konstruktion und Einbau.....	13
5.4 Begrenzung der Roboterbewegung.....	17
5.5 Anordnung.....	19
5.6 Anwendung der Betriebsarten des Robotersystems.....	21
5.7 Programmierhandgeräte	25
5.8 Wartung und Reparatur.....	26
5.9 Schnittstelle des integrierten Fertigungssystems (IMS)	27
5.10 Technische Schutzmaßnahmen	28
5.11 Kollaborierende Roboter.....	38
5.12 Inbetriebnahme von Robotern und Robotersystemen	41
6 Verifizierung und Validierung der Sicherheitsanforderungen und/oder der Schutzmaßnahmen.....	42
6.1 Allgemeines.....	42
6.2 Erforderliche Validierung.....	43
6.3 Verifizierung von Schutzeinrichtungen	65
6.4 Test-Inbetriebnahme	69
7 Benutzerinformation.....	69
7.1 Allgemeines.....	69
7.2 Betriebsanleitung.....	70
7.3 Kennzeichnung	73
Anhang A (normativ) Verzeichnis signifikanter Gefährdungen	74
Anhang B (normativ) Bewertung der Lärmemission.....	83
Anhang C (informativ) Richtlinien für die Auswahl nicht trennender Schutzeinrichtungen in Anlehnung an Normen	84
Anhang D (informativ) Abmessungen von Zwischenräumen zur Verhinderung des Zugangs.....	85
Anhang E (informativ) Dynamischer eingeschränkter Raum	88
Anhang F (informativ) Betriebsartenwahl.....	90
Anhang G (informativ) Betrieb von Zustimmungseinrichtungen	91
Anhang H (informativ) Eigenschaften von kollaborierenden Robotern	92
Anhang I (informativ) Schutzeinrichtungen zur Anwesenheitserkennung – Zusätzliche Informationen	93
Anhang J (informativ) Prozessbeobachtung	96
Literaturhinweise	100

Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 10218-2:2008) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 184 „Industrial automation systems and integration“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 310 „Fortgeschrittene Fertigungstechniken“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 775:1992 ersetzen.

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

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 10218-2:2008 wurde vom CEN als prEN ISO 10218-2:2008 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Diese internationale Norm versteht sich ergänzend und zusätzlich zur ISO 10218-1:2006, die ausschließlich den Roboter behandelt. Diese vollständig überarbeitete internationale Norm enthält zusätzliche Informationen, in Bezug auf Anforderungen in Übereinstimmung mit den Normen ISO 12100 und ISO 11161, um im Rahmen einer Typ-C Norm die besondere Gefährdungen, die mit der Integration, dem Einbau und den Anforderungen an die Verwendung von Industrierobotern einhergehen, zu identifizieren und auf diese einzugehen. Die neuen technischen Anforderungen umfassen Anweisungen für die Anwendung der neuen Anforderungen in ISO 10218-1:2006 bezüglich der Leistungsfähigkeit sicherheitsbezogener Steuerungen; der Stoppfunktion von Robotern; Zustimmungseinrichtung; Programmüberprüfung; Kriterien für drahtlose Programmierhandgeräte, Kriterien für zusammenwirkende Roboter sowie eine aktualisierte Auslegung für Sicherheitsanforderungen, die Anforderungen sind jedoch nicht darauf beschränkt.

Diese internationale Norm ist Teil einer Normenserie, die sich mit Robotern und Roboteranlagen beschäftigt. Die anderen Normen behandeln Themen, wie integrierte Robotersysteme, koordinierte Systeme und Achsbewegungen, allgemeine Charakteristiken, Leistungskriterien und entsprechende Prüfmethode, Terminologie und mechanische Schnittstellen. Es ist beachtet, dass diese Normen miteinander in Beziehung stehen und sich auch auf andere internationale Normen beziehen. Grundsätzlich sind auch andere technische Lösungen möglich, die das gleiche Maß an Sicherheit gewährleisten.

Diese internationale Norm enthält 10 Anhänge; Anhänge A und B, die normativ sind und Anhänge C bis J, die informativ sind.

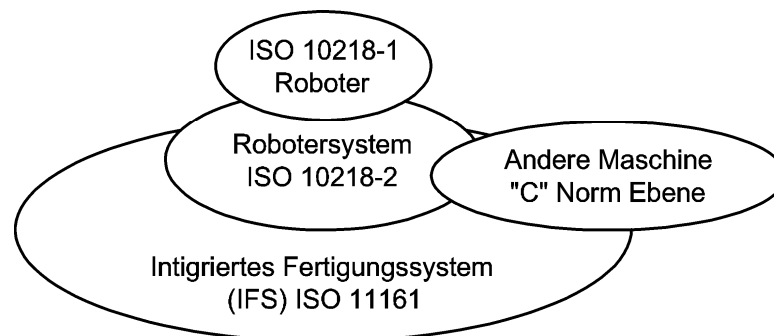


Bild 1 — Grafische Darstellung des Normenverhältnisses

ISO 10218 besteht aus folgenden Teilen, unter dem allgemeinen Titel *Industrieroboter — Sicherheitsanforderungen*:

- Teil 1: *Roboter*
- Teil 2: *Robotersysteme und Integration*

Einleitung

Diese Internationale Norm wurde in Anbetracht der von Industrierobotersystemen ausgehenden besonderen Gefährdungen bei deren Integration und Einbau in Fertigungszellen und -linien erarbeitet.

Die Gefährdungen sind hinlänglich bekannt, deren Ursachen sind jedoch oftmals systemspezifisch. Das Aufkommen und die Arten der Gefährdungen stehen in direktem Zusammenhang mit der Art des Automatisierungsprozesses und der Komplexität der Installation.

Die mit diesen Gefährdungen verbundenen Risiken ändern sich mit der Art des verwendeten Roboters und dessen Zweck und der Art und Weise, in der er installiert, programmiert, betrieben und gewartet wird.

Um die Anforderungen in dieser internationalen Norm verständlich zu machen, wird eine Wortsyntax verwendet, um zwingende Anforderungen von empfohlener Praxis oder vorgeschlagenen Handlungen hervorzuheben. Das Wort *muss/müssen* wird bei Anforderungen verwendet, die für die Erfüllung dieser Norm erforderlich sind. Diese Anforderungen müssen erfüllt werden, sofern keine alternative Anweisung vorliegt, oder keine geeignete Alternative durch eine Risikobeurteilung ermittelt wurde. Das Wort *„sollte“* wird bei Vorschlägen, empfohlenen Handlungen oder für mögliche Lösungen für das Erfüllen von Anforderungen verwendet. Alternativen sind möglich und die vorgeschlagene Handlungsweise ist nicht zwingend.

In Anbetracht der sich aus den Anwendungen der Industrieroboter ergebenden veränderlichen Gefährdungsarten gibt diese internationale Norm eine Anleitung, wie die Sicherheit bei der Integration und dem Einbau von Robotern sichergestellt werden kann. Da die Sicherheit bei der Anwendung von Industrierobotern von der Konstruktion des individuellen Robotersystems beeinflusst wird, ist ein ergänzender Zweck, wenn auch genauso wichtig, Anleitungen für die Konstruktion, den Bau und die Benutzerinformation von Robotersystemen zur Verfügung zu stellen. Anleitungen für den Roboterteil des Systems können der ISO 10218-1; *Industrieroboter — Sicherheitsanforderungen — Teil 1: Roboter* entnommen werden.

Die Bereitstellung eines sicheren Robotersystems erfordert die Zusammenarbeit einer Reihe von „Interessenvertretern“ – eine Interessengemeinschaft, die sich die Verantwortung für das Hauptanliegen teilt, i. e. eine sichere Arbeitsumgebung zu bieten. Zu diesen Interessenvertretern können Hersteller, Lieferanten, Integratoren und Anwender gehören (die Gesamtheit derer, die für die Anwendung der Roboter verantwortlich ist); alle tragen jedoch am gemeinsamen Ziel – einer sicheren (Roboter) Maschine – mit. Die Anforderungen treffen möglicherweise nur auf einen der Interessenvertreter zu, überschneidende Verantwortungsbereiche bei den gleichen Anforderungen können jedoch verschiedene Interessenvertreter gleichzeitig betreffen. Bei der Anwendung dieser internationalen Norm sei der Leser darauf hingewiesen, dass alle angegebenen Anforderungen auf ihn zutreffen können, auch wenn sie nicht explizit dem Aufgabenbereich eines Interessenvertreters „zugeordnet“ sind.

1 Anwendungsbereich

Diese internationale Norm legt Sicherheitsanforderungen für die Integration von Industrierobotern und Robotersystemen fest, wie in ISO 10218-1:2006 festgelegt. Sie beschreibt die grundlegenden Gefährdungen und Gefährdungssituationen, die bei diesen Systemen ermittelt wurden und legt Anforderungen fest, um die mit diesen Gefährdungen verbundenen Risiken zu beseitigen oder hinreichend zu verringern. Diese internationale Norm muss für den Roboter oder das Robotersystem als Teil eines integrierten Fertigungssystems angewendet werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten 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).

ISO 4413, *Hydraulic fluid power — General rules relating to systems*

ISO 4414, *Pneumatic fluid power — General rules relating to systems*

ISO 10218-1:2006, *Robots for industrial environments — Safety requirements — Part 1: Robot*

ISO 11161, *Safety of machinery — Industrial automation systems — Safety of integrated manufacturing systems — Basic requirements*

ISO 12100 -1, *Safety of machinery — Basic concepts, general principles for design — Part 1: Basic terminology, methodology*

ISO 12100-2, *Safety of machinery — Basic concepts, general principles for design — Part 2: Technical principles*

ISO 13849-1:2006, *Safety of machinery — Safety-related parts of control systems — Part 1: General principles for design*

ISO 13851, *Safety of machinery — Two-hand control devices — Functional aspects and design principles*

ISO 13854, *Safety of machinery — Minimum gaps to avoid crushing of parts of the human body*

ISO 13855, *Safety of machinery — Position of protective equipment with respect to the approach speeds of parts of the human body*

ISO 13856-1, *Safety of machinery — Pressure-sensing protective devices — Part 1: General principles for design and testing of pressure-sensitive mats and pressure-sensitive floors*

ISO 13857, *Safety of machinery — Safety distances to prevent danger zones being reached by the upper limbs and lower limbs*

ISO 14118, *Safety of machinery — Prevention of unexpected start-up*

ISO 14119, *Safety of machinery — Interlocking devices associated with guards — Principles for design and selection*

ISO 14120, *Safety of machinery — Guards — General requirements for the design and construction of fixed and movable guards*

ISO 14121:1999, *Safety of machinery — Principles of risk assessment*

ISO/TR 11688-1:1995 *Acoustics — Recommended practice for the design of low-noise machinery and equipment – Part 1: Planning*

IEC 60204-1:2005, *Safety of machinery — Electrical equipment of machines — Part 1: General requirements*

IEC 62061:2005, *Safety of machinery — Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable control systems*

IEC 61496-1, *Safety of machinery — Electro-sensitive protective equipment*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 12100-1 und ISO 10218-1 und die folgenden Begriffe.

3.1 Anwendung
vorgesehene Verwendung des Robotersystems (z. B. Punktschweißen, Lackieren, Montieren, Palletieren). Es handelt sich um den Prozess, die Aufgabe, den bestimmungsgemäßen Zweck des Robotersystems

3.2 kollaborierender Roboter
Roboter, der für das direkte Zusammenwirken mit dem Menschen innerhalb eines festgelegten gemeinsam genutzten Arbeitsraums konstruiert ist

3.3 Kollaborationsraum
Arbeitsraum innerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums der Roboterfertigungszelle, in dem der Roboter und der Mensch während des Produktionsbetriebs gleichzeitig Aufgaben ausführen können

3.4 Integration
Vorgang des Zusammenführens eines Roboters mit anderer Ausrüstung oder einer anderen Maschine (einschließlich weiterer Roboter) zur Bildung eines Maschinensystems, das nützliche Arbeit verrichten kann (d. h. Produktion von Teilen). Dieser Vorgang des Maschinenbaus kann auch die Anforderungen für den Systemeinsatz einschließen

3.5 Integriertes Fertigungssystem (IMS)
Gruppe von Maschinen, die in koordinierter Weise zusammenwirken, durch ein Materialfördersystem miteinander verbunden und durch Steuerungen (d. h. IMS-Steuerungen) zum Zwecke der Fertigung, Be- und Verarbeitung, Bewegung oder des Verpackens von Einzelteilen oder Baugruppen miteinander verbunden sind

[ISO 11161:2007, Definition 3.1]

3.6 Sicherheitshalt
bahntreue Unterbrechung der Roboterbewegung zu sicherheitstechnischen Zwecken, bei der die Programmdateien erhalten bleiben und die Fortsetzung des Programms an der unterbrochenen Stelle möglich ist

[ISO 10218 1:2006, Definition 3.17]

3.7 Roboterzelle
ein Robotersystem oder mehrere Robotersysteme einschließlich dazugehöriger Maschinen und Ausrüstung sowie dem dazugehörigen, durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raum

3.8

Roboterlinie

eine Roboterzelle oder mehrere Roboterzellen, die die gleichen oder unterschiedliche Funktionen ausführen sowie die dazugehörige Ausrüstung, in einzelnen oder miteinander verbundenen durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Räumen

3.9

durch Schutzeinrichtungen abgegrenzter Raum

der durch die äußere Begrenzung der Schutzeinrichtungen definierte Raum

3.10

simultane Bewegung

gleichzeitige Bewegung von zwei oder mehr Robotern, die mit einer einzelnen Bedienstation gesteuert wird. Die Bewegung kann koordiniert ablaufen oder synchron nach mathematischer Korrelation

3.11

Validierung

Bestätigung durch Prüfung und Vorlage eines objektiven Nachweises, dass die besonderen Anforderungen für eine spezielle bestimmungsgemäße Verwendung erfüllt sind

3.12

Verifizierung

Bestätigung durch Prüfung und Vorlage eines objektiven Nachweises, dass die Anforderungen erfüllt sind

4 Identifizierung der Gefährdungen und Risikobeurteilung

4.1 Allgemeines

Die Betriebseigenschaften von Robotern können sich erheblich von denen anderer Maschinen und Ausrüstungen unterscheiden:

- a) Roboter können hochenergetische Bewegungen über einen großen Aktionsraum ausführen;
- b) Das Auslösen der Bewegung und die Bahn des Roboterarms sind schwer vorher zu bestimmen und können variieren, z. B. durch geänderte betriebliche Anforderungen;
- c) Der Aktionsraum des Roboters kann sich teilweise mit denen anderer Roboter oder den Arbeitsbereichen anderer Maschinen und zugehöriger Ausrüstung überschneiden; und
- d) Bediener müssen möglicherweise in unmittelbarer Nähe des Robotersystems arbeiten, während Energie an den Maschinenantrieben ansteht.

Es ist notwendig, die mit dem Roboter und seiner Anwendung verbundenen Gefährdungen zu identifizieren und das Risiko zu beurteilen, bevor geeignete technische Schutzmaßnahmen ausgewählt und konstruiert werden, um das Risiko angemessen zu mindern. Technische Maßnahmen für die Risikominderung basieren auf diesen grundlegenden Prinzipien:

- e) Gefährdungen konstruktiv beseitigen oder sie durch Substitution verringern;
- f) Bediener vor dem Kontakt mit Gefährdungen schützen oder sicherstellen, dass die Gefährdung einen sicheren Zustand eingenommen hat, bevor der Bediener mit ihr in Kontakt kommen kann;
- g) Risiko während Eingriffen verringern (z. B. Teachen).

Das Umsetzen dieser Prinzipien kann folgendes umfassen:

- h) die Bildung eines durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums und eines eingeschränkten Raums;

- i) Konstruktion des Robotersystems, die es ermöglicht, Aufgaben von außerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums durchzuführen;
- j) Vorsehen anderer Schutzeinrichtungen, wenn Eingriffe innerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums erfolgen müssen.

Die Art des Roboters, dessen Anwendung und dessen Relation zu anderen Maschinen und dazugehöriger Ausrüstung haben Einfluss auf die Konstruktion und die Auswahl der technischen Schutzmaßnahmen. Diese müssen für die auszuführenden Arbeiten geeignet sein und, falls notwendig, die sichere Ausführung von Tätigkeiten wie Teachen, Einrichten, Warten, Programmverifizierung und die Fehlerbeseitigung ermöglichen.

4.2 Gestaltung der Anordnung

Die Gestaltung der Anordnung des Robotersystems ist ein Kernprozess bei der Gefährdungsbeseitigung und der Risikominderung. Folgende Faktoren müssen bei der Gestaltung der Anordnung berücksichtigt werden:

- a) physikalische Grenzen (dreidimensional) der Zelle oder Linie festlegen, einschließlich anderer Teile einer größeren Zelle oder Systems (integriertes Fertigungssystem):
 - 1) Maßstab und Nullpunkt festlegen zwecks Entwurf der Anordnung in Konstruktionszeichnungen,
 - 2) Platzierung und Abmessungen der Bauteile innerhalb vorhandener Einrichtungen (Maßstab, Skalierung);
- b) Arbeitsräume, Zugang und lichter Raum:
 - 1) Den maximalen Raum des Roboters ermitteln, eingeschränkte Räume und Bedienräume festlegen sowie erforderliche lichte Räume/Freiräume um Hindernisse herum, wie z. B. tragende Gebäudeteile, ermitteln,
 - 2) Verkehrswege (Fußgängerwege, Besucherwege, Materialbewegung außerhalb der äußeren Schutzeinrichtungen der Zelle oder Linie),
 - 3) sichere Zugangswege zu Versorgungseinrichtungen (Elektrizität, Gas, Wasser, Vakuum, Hydraulik, Lüftung) und Steuerungen,
 - 4) sichere Zugangswege für Versorgung, Reinigung, Fehlerbeseitigung und Wartung,
 - 5) Leitungen / andere Gefährdungen durch Rutschen, Stolpern oder Stürzen,
 - 6) Kabeltrassen;
- c) Manuelles Eingreifen – falls möglich, muss die Anordnung so ausgeführt sein, dass Aufgaben, die manuellen Eingriff erfordern, von außerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums durchgeführt werden können. Falls dies nicht möglich ist, können Bedienelemente von Maschinen entsprechend ausgerichtet sein auf:
 - 1) die gesamte Roboterzelle,
 - 2) einen Bereich in der Roboterzelle, oder
 - 3) auf eine bestimmte Maschine und/oder Ausrüstung innerhalb des Bereichs;
- d) Ergonomie und Schnittstelle Mensch/Ausrüstung:
 - 1) Einsehbarkeit des Betriebsablaufs,
 - 2) Übersichtlichkeit der Bedienelemente,
 - 3) klare Zuordnung der Bedienelemente zum Roboter,
 - 4) Teileübergabe an den Bediener,
 - 5) mögliche Fehlanwendung,
 - 6) kollaborierender Betrieb;
- e) Umgebungsbedingungen:
 - 1) Lüftung,
 - 2) Schweißfunken;

- f) Beschickung und Entnahme von Werkstücken/Werkzeugwechsel;
- g) Berücksichtigung der äußeren Schutzeinrichtungen;
- h) Notwendigkeit und Platzierung von Einrichtungen zum Stillsetzen im Notfall und mögliche Zoneneinteilung der Zelle (z. B. lokales Stillsetzen oder Stillsetzen der gesamten Zelle);
- i) Notwendigkeit und Platzierung von Zustimmungseinrichtungen;
- j) Beachtung der bestimmungsgemäßen Verwendung aller Bauteile.

Anhand der Risikobeurteilung muss der zusätzliche Raum ermittelt werden, der über den eingeschränkten Raum hinaus erforderlich ist, um den durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raum zu bestimmen.

ANMERKUNG Die beweglichen Teile eines Roboters sollten farblich so gekennzeichnet sein, dass sie sich deutlich von den umliegenden Einrichtungen abheben.

4.3 Risikobeurteilung

4.3.1 Allgemeines

Da ein Robotersystem stets in eine bestimmte Anwendung integriert ist, muss der Integrator eine Risikobeurteilung durchführen um die Maßnahmen zur Risikominderung festzulegen, damit das mit der integrierten Anwendung einhergehende Risiko angemessen verringert wird. Insbesondere ist auf die Fälle zu achten, bei denen Schutzeinrichtungen von einzelnen Maschinen entfernt wurden, um die integrierte Anwendung zu ermöglichen.

Die Risikobeurteilung ermöglicht die systematische Analyse und Bewertung der mit dem Robotersystem verbundenen Risiken über dessen gesamte Lebensdauer (z. B. Inbetriebnahme, Einrichten, Produktion, Wartung, Reparatur, Außerbetriebnahme).

Der Risikobeurteilung folgt, falls notwendig, eine Risikominderung. Die Wiederholung dieses Vorgangs dient dem iterativen Beseitigen von Gefährdungen, soweit möglich, und der Minderung von Risiken durch den Einsatz von Schutzmaßnahmen.

Die Risikobeurteilung umfasst:

- a) Festlegen der Grenzen des Robotersystems (siehe 4.3.2);
- b) Identifizierung der Gefährdung (siehe 4.4);
- c) Abschätzung des Risikos;
- d) Bewertung des Risikos.

4.3.2 Grenzen des Robotersystems

Die Integration eines Robotersystems beginnt mit der Festlegung seiner bestimmungsgemäßen Verwendung und der Grenzen, wie in ISO 12100-1, ISO 14121, ISO 11161 und anderen anwendbaren C-Normen beschrieben. Die Festlegung sollte z. B. folgendes beinhalten:

- a) Anwendungsgrenzen
 - 1) Funktionsbeschreibung, bestimmungsgemäße Verwendung und vernünftigerweise vorhersehbare Fehlanwendung,
 - 2) Beschreibung der verschiedenen Anwenderbetriebsarten,
 - 3) Analyse von Prozessabfolgen einschließlich der manuellen Wechselwirkung,

- 4) Beschreibung von Schnittstellen, Werkzeugen und Ausrüstung,

ANMERKUNG Die zutreffenden C Normen für diese Einrichtungen müssen berücksichtigt werden.

- 5) Versorgungsanschlüsse,
6) Herstellerinformationen, die von der Anwendung der ISO 10218-1:2006 abgeleitet sind, einschließlich angewandter Maßnahmen zur Risikominderung,
7) benötigte Energieversorgung und entsprechende Geräte und Einrichtungen,;
8) Erforderliche oder erwartete Fähigkeiten des Anwenders (Kompetenz);,

- b) räumliche Grenzen

- 1) Anordnung (siehe 5.5) mit Beschreibung

- i) des erforderlichen Bewegungsraums der Maschine,
ii) des erforderlicher Raums für Einbau und Wartung,
iii) des erforderlichen Raums für Bedieneraufgaben und anderen Eingriffen durch den Menschen,
iv) der Neukonfigurationseigenschaften (ISO 11161),
v) des erforderlichen Zugangs (siehe 5.5.2),
vi) der Fundamente,
vii) des erforderlichen Raums für Ver- und Entsorgungseinrichtungen oder -ausrüstung;

- c) zeitliche Grenzen

- 1) vorgesehene maximale "Lebensdauer" der Maschinen und ihrer Bauteile (Verschleißteile, Werkzeuge, usw.),
2) Prozessablaufdiagramme und Zeiteinteilungen,
3) empfohlene Wartungsintervalle;

- d) andere Grenzen

- 1) in der Umgebung (Temperatur, Verwendung innen oder außen, Toleranz gegenüber Staub und Feuchtigkeit, etc),
2) erforderliches Maß an Sauberkeit für die bestimmungsgemäße Verwendung und die Umgebung,
3) Eigenschaften des zu be-/verarbeiteten Materials,
4) gefahrbringende Umgebung,
5) Erkenntnisse, d. h. Studie und Vergleich, einschließlich verfügbarer Berichte über Unfälle und Ereignisse aus ähnlichem Betriebsablauf und ähnlichen Systemen.

ANMERKUNG Andere nationale Normen und lokale geltende Vorschriften können ebenfalls wichtige Informationen über Energiequellen und Anforderungen für sichere Handhabung und sicheren Einbau geben.

4.4 Identifizierung der Gefährdungen

4.4.1 Allgemeines

Die in Anhang A enthaltene Liste der signifikanten Gefährdungen bei Robotern und Robotersystemen ist das Ergebnis der Identifizierung der Gefährdungen und der Risikobeurteilung, die wie in ISO 12100-1:2003, Abschnitt 4 und ISO 14121 beschrieben, durchgeführt wurden.

Weitere Gefährdungen (z. B. Rauche, Gase, Chemikalien und heiße Werkstoffe) können durch spezielle Anwendungen verursacht werden (z. B. Schweißen, Laserstrahlschneiden, Bearbeitung) und durch die Wechselwirkung des Robotersystems mit anderen Maschinen (z. B. Quetschen, Abscheren, Stoß). Diese Gefährdungen müssen auf individueller Basis mit Hilfe einer Risikobeurteilung für die spezielle Anwendung behandelt werden.

4.4.2 Identifizierung der Aufgaben

Um das potentielle Auftreten von Gefährdungssituationen zu ermitteln, ist es erforderlich, die Aufgaben zu identifizieren, die von den Bedienern des Robotersystems und dessen zugehöriger Ausrüstung auszuführen sind. Der Integrator muss diese Aufgaben identifizieren und dokumentieren. Der Anwender muss beraten werden, um sicherzustellen, dass jegliche vernünftigerweise vorhersehbare Gefährdungssituationen (Kombination von Aufgabe und Gefährdung) in Verbindung mit der Roboterzelle identifiziert sind, einschließlich indirekter Wechselwirkungen (z. B. Personen, die zwar keine Aufgaben in Verbindung mit dem System haben, jedoch Gefährdungen in Verbindung mit dem System ausgesetzt sind). Diese Aufgaben umfassen folgende, sind jedoch nicht darauf beschränkt:

- a) Prozesssteuerung und Überwachung;
- b) Werkstückbeschickung;
- c) Programmierung und Verifizierung;
- d) kurzes Eingreifen des Bedieners ohne erforderliche Demontage;
- e) Einrichten (z. B. Wechsel der Befestigungen);
- f) Fehlerbeseitigung und Beheben von Fehlfunktion(en);
- g) Steuerung gefährdender Energie (einschließlich Befestigungen, Klemmen, Drehtische und andere Ausrüstung);
- h) Wartung und Reparatur; und
- i) Reinigung der Ausrüstung.

4.5 Beseitigung von Gefährdungen und Risikominderung

Nach Identifizierung der Gefährdungen ist es erforderlich, die Risiken in Verbindung mit dem Robotersystem zu beurteilen, bevor geeignete Maßnahmen zur angemessenen Risikominderung ergriffen werden. Maßnahmen zur Risikominderung basieren auf den folgenden Grundsätzen:

- a) konstruktive Beseitigung von Gefährdungen oder deren Risikominderung durch Substitution;
- b) technische Schutzmaßnahmen zum Schutz der Bediener vor Kontakt mit Gefährdungen oder um sicherzustellen, dass die Gefährdungen in einen sicheren Zustand überführt wurden, bevor der Bediener mit ihnen in Kontakt kommen kann; und
- c) Bereitstellung ergänzender Maßnahmen, wie Benutzerinformation, Schulung, Schilder usw.

Die in Abschnitt 5 enthaltenen Anforderungen sind von der iterativen Anwendung von Maßnahmen zur Risikominderung nach ISO 12100-1, Bilder 1 und 2 und ISO 12100-2 hinsichtlich der in Anhang A identifizierten Gefährdungen abgeleitet worden. Der Integrator muss sicherstellen, dass die in seiner Risikobeurteilung identifizierten Risiken angemessen verringert werden durch Anwendung der Anforderungen in Abschnitt 5. Werden die Risiken nicht angemessen verringert, muss er weitere Maßnahmen zur Risikominderung treffen, bis dies der Fall ist.

5 Sicherheitsanforderungen und Schutzmaßnahmen

5.1 Allgemeines

Für die Integration von Robotern und Robotersystemen müssen die Anforderungen dieser internationalen Norm erfüllt sein. Zusätzlich muss die Roboterzelle oder -linie nach den Grundsätzen von ISO 12100-1:2003 für relevante aber nicht signifikante Gefährdungen konstruiert sein, die in diesem Dokument nicht behandelt werden (z. B. scharfe Kanten).

Die Lärminderung muss ein integraler Bestandteil des Konstruktionsprozesses bilden, insbesondere die Berücksichtigung von Maßnahmen an der Entstehungsquelle, wie in ISO/TR 11688-1:1995, *Akustik — Richtlinien für die Gestaltung lärmender Maschinen und Geräte — Teil 1: Planung* angegeben. Der Erfolg der angewandten Maßnahmen zur Lärminderung wird anhand der tatsächlichen Lärmemissionswerte beurteilt (siehe Anhang B) im Verhältnis zu anderen Maschinen der gleichen Produktfamilie.

ANMERKUNG 1 So wie nicht alle der in dieser Norm identifizierten Gefährdungen auf jedes Robotersystem zutreffen, so unterscheidet sich auch der Risikograd in Verbindung mit einer bestimmten Gefährdungssituation von Robotersystem zu Robotersystem.

ANMERKUNG 2 Roboter können Lärm verursachen, der zu einer Hörschädigung, Tinnitus, Stress und Unfällen führen kann, aufgrund der Störung der Sprachkommunikation und der Störung in der Wahrnehmung akustischer Signale.

ANMERKUNG 3 Empfohlene Verifizierungsmaßnahmen für verschiedene Anforderungen in diesem Abschnitt sind in Abschnitt 6 enthalten.

5.2 Anforderungen an sicherheitsbezogene Steuerungssysteme (Hardware/Software)

5.2.1 Allgemeines

Sicherheitsbezogene Steuerungssysteme (elektrisch, hydraulisch, pneumatisch und Software) müssen mindestens die in 5.2.2 aufgelisteten Anforderungen erfüllen, sofern die Ergebnisse einer Risikobeurteilung nicht ergeben, dass andere Leistungskriterien nach 5.2.3 angebracht sind. Die sicherheitsbezogene Kategorie, die von der Steuerung erfüllt wird, muss in der mit der Ausrüstung mitgelieferten Benutzerinformation deutlich angegeben sein.

Für die Anwendung dieses Teils der ISO 10218, ist die Leistungsfähigkeit des sicherheitsbezogenen Steuerungssystems festgelegt als:

- a) Performance Level (PL) und Kategorien, wie in ISO 13849-1:2006 beschrieben; und,
- b) Safety Integrity Level (SIL) und Anforderungen an die Fehlertoleranz der Hardware, wie in IEC 62061:2005 beschrieben.

Diese Normen sprechen die funktionelle Sicherheit mit ähnlichen, jedoch unterschiedlichen Verfahren an. Die Anforderungen in diesen Normen sollten für die jeweiligen sicherheitsbezogenen Systeme angewendet werden, für die sie bestimmt sind.

Es können auch andere Normen angewendet werden, die alternative Leistungsanforderungen stellen, wie z. B. Control Reliability. Werden diese alternative Normen bei der Konstruktion sicherheitsbezogener Steuerungen herangezogen, muss ein gleichwertiges Niveau an Risikominderung erreicht werden.

5.2.2 Leistungsanforderung

Werden sicherheitsbezogene Steuerungen gefordert, müssen die sicherheitsbezogenen Teile so gestaltet sein, dass:

- a) ein einzelner Fehler in einem dieser Teile nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion führt;
- b) wenn vernünftigerweise durchführbar, der einzelne Fehler bei oder vor der nächsten Anforderung der Sicherheitsfunktion ermittelt wird;
- c) bei Auftreten des einzelnen Fehlers die Sicherheitsfunktion immer ausgeführt und ein sicherer Zustand aufrechterhalten wird bis der Fehler behoben ist; und
- d) alle vernünftigerweise vorhersehbaren Fehler erkannt werden.

Diese Anforderung wird in ISO 13849-1:2006 als Performance Level (PL) "d" mit Struktur Kategorie 3 bezeichnet.

Diese Anforderung wird in IEC 62061:2005 als Safety Integrity Level (SIL) von 2 mit einer Fehlertoleranz der Hardware von 1 bezeichnet.

ANMERKUNG Die Anforderung der Einzelfehlererkennung bedeutet nicht, dass alle Fehler erkannt werden. Folglich kann die Ansammlung nicht erkannter Fehler zu einer unbeabsichtigten Ausgangsgröße und zu einer Gefährdungssituation an der Maschine führen.

5.2.3 Weitere Leistungskriterien der Steuerung

Die Ergebnisse einer umfassenden Risikobeurteilung, die für das Robotersystem und dessen bestimmungsgemäße Anwendung durchgeführt wurde, können ergeben, dass eine andere Leistungsfähigkeit der sicherheitsbezogenen Steuerung als die in 5.2.2 festgelegte für diese Anwendung gerechtfertigt ist.

Die Wahl einer dieser anderen sicherheitsbezogenen Leistungskriterien muss spezifisch angegeben und entsprechende Einschränkungen und Vorsichtsmaßnahmen müssen in der mitgelieferten Benutzerinformation enthalten sein.

5.3 Konstruktion und Einbau

5.3.1 Umgebungsbedingungen

Das System muss unter Berücksichtigung der Umgebungsbedingungen, wie Umgebungstemperatur, Feuchtigkeit, usw. konstruiert sein. Diese können Anforderungen an das Umfeld aufgrund technischer Einschränkungen mit sich bringen.

Der Roboter muss so ausgewählt werden, dass er den zu erwartenden Betriebs- und Umgebungsbedingungen standhält.

5.3.2 Einbauort der Bedienelemente

Bedienelemente und -ausrüstung (z. B. Schweißsteuerung, pneumatische Ventile, usw.), die während des Automatikbetriebs Zugang erfordern, müssen außerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums angeordnet sein, so dass die Person, die die Stellteile betätigt, gezwungen ist, sich außerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums aufzuhalten. Bedienelemente und Ausrüstung sollten so platziert und gebaut sein, dass sie eine gute Einsehbarkeit des eingeschränkten Raums des Roboters ermöglichen.

5.3.3 Bedienelemente

Bedienelemente müssen die Anforderungen nach IEC 60204-1:2005 erfüllen. Die Bedienelemente müssen in Übereinstimmung mit ISO 10218-1:2006, 5.3.5 konstruiert sein.

Das Robotersystem darf nicht auf Befehle oder Zustände von außen ansprechen, die Gefährdungssituationen verursachen würden.

5.3.4 Anforderungen an die Energieversorgung

Alle Energiequellen (z. B. pneumatische, hydraulische, mechanische, elektrische) müssen die vom Hersteller festgelegten Anforderungen erfüllen. Elektrische Energiequellen müssen IEC 60204-1 erfüllen. Hydraulische Energiequellen müssen ISO 4413 erfüllen und pneumatische Energiequellen müssen ISO 4414 erfüllen.

Das Robotersystem muss für jede Art von Energiequelle vorzugsweise über eine separate Einrichtung zur Unterbrechung der Energieversorgung verfügen. Für Mehrfachroboteranlagen oder große Anlagen können mehrere Einrichtungen zur Unterbrechung der jeweiligen Energieversorgungsart erforderlich sein. Der Wirkungsbereich der Steuerung für jede dieser Einrichtungen muss in unmittelbarer Nähe des Bedienhebels der Unterbrechungseinrichtung deutlich gekennzeichnet sein (z. B. als Text oder Symbol).

Ist eine Ausrüstung oberhalb der normalen Reichweite angeordnet (z. B. auf dem Maschinendach) und beinhaltet diese Elemente, die regelmäßige Wartung und Einstellung erfordern, muss eine dauerhafte Zugangsmöglichkeit vorgesehen werden (z. B. Arbeitsbühne). Zur Festlegung einer geeigneten Einrichtung für den dauerhaften Zugang zu den jeweiligen Einrichtungen zwischen einer Höhe von 0,4 m und 2,0 m von der Zugangsebene aus, müssen die Ergebnisse einer Risikobeurteilung herangezogen werden (siehe auch IEC 60204-1).

Elektrische Einbauträume müssen so montiert sein, dass deren Türen vollständig geöffnet werden können und Fluchtwege stets verfügbar sind, selbst bei geöffneten Türen. Dies ist erfüllt, wenn die Türen leicht zugestoßen werden können unter Berücksichtigung der Fluchtrichtung. Dies ist ebenfalls erfüllt, wenn der verbleibende lichte Raum/Freiraum nicht weniger als 500 mm beträgt (siehe auch IEC 60364-7-729).

5.3.5 Anforderungen an die Erdung

Der Schutzstromkreis muss die Anforderungen nach IEC 60204-1:2005 Abschnitte 8.1 und 8.2 erfüllen.

Verbindungen für betriebliche Zwecke müssen die Anforderungen nach IEC 60204-1:2005 Abschnitte 8.1 bis 8.3 erfüllen.

5.3.6 Trennen von Energiequellen

Es müssen Einrichtungen zum Trennen gefährlicher Energiequellen vorgesehen werden. Diese Einrichtungen müssen im energielosen Zustand verriegelbar sein und/oder anderweitig gesichert werden können.

ANMERKUNG Energiequellen können elektrische, mechanische, hydraulische, pneumatische, chemische, thermische, potentielle, kinetische, usw. umfassen.

5.3.7 Kontrolle von gespeicherter Energie

Es muss eine Einrichtung zur Kontrolle von und/oder dem kontrollierten Freisetzen gespeicherter gefährdender Energie vorgesehen werden. Ein Warnschild zur Kennzeichnung der Gefährdung durch gespeicherte Energie muss angebracht werden.

ANMERKUNG 1 Gespeicherte Energie kann in Form von Druckluft- und Flüssigkeitsdruckspeichern, Kondensatoren, Batterien, Federn, Gegengewichte, Schwungrädern und Schwerkraft vorhanden sein.

ANMERKUNG 2 Eine aufgehängte Achse kann eine signifikante Gefährdung verursachen, je nach Expositionshäufigkeit und -dauer (z. B. Aufenthalt unterhalb des Roboterarms während des Einrichtens). Steuerungssysteme für mechanisches Blockieren oder Halten, die zum Schutz von Personen beim Umgang mit gespeicherter Energie konstruiert sind, sollten über leistungsbezogene Steuersysteme verfügen, die nach 5.2.2 oder 5.2.3 konstruiert sind, wie durch die Risikobeurteilung entsprechend festgelegt.

5.3.8 Stoppfunktionen des Robotersystems

5.3.8.1 Allgemeines

Jedes Robotersystem muss über eine Sicherheitshalt-Funktion und eine unabhängige Funktion für das Stillsetzen im Notfall verfügen. Diese Funktionen müssen über Vorkehrungen für den Anschluss externer nicht trennender Schutzeinrichtungen verfügen.

5.3.8.2 Funktion Stillsetzen im Notfall

Jede Bedienstation, die eine Bewegung des Robotersystems oder eine andere Gefährdungssituation auslösen kann, muss über eine manuell auszulösende Einrichtung zum Stillsetzen im Notfall verfügen, die:

- a) die Anforderungen von IEC 60204-1:2005, 9.2.5.4.2 erfüllt,
- b) Vorrang vor allen anderen Steuerungsfunktionen des Robotersystems hat,
- c) bewirkt, dass alle Gefährdungen einen sicheren Zustand einnehmen,
- d) keine zusätzlichen Gefährdungen oder gefährdende Bedingungen verursacht,
- e) bis zur Rückstellung aktiv bleibt, und
- f) nur durch manuelle Betätigung zurückgestellt werden darf, die keinen Wiederanlauf nach Rücksetzen auslöst, sondern den Wiederanlauf lediglich zulässt.

Die Auswahl eines Stopps der Kategorie 0 oder Kategorie 1 für die Funktion muss anhand der Risikobeurteilung nach IEC 60204-1:2005, 9.2.2 festgelegt werden.

Die Funktion für das Stillsetzen im Notfall muss mindestens die Anforderungen nach Abschnitt 5.2.2 erfüllen, sofern die Risikobeurteilung nicht andere Leistungskriterien angebracht sind.

Die Einrichtung zum Stillsetzen im Notfall darf nicht an eine Stoppfunktion angeschlossen werden, die umgangen werden kann.

ANMERKUNG Einige Kreise für einen Sicherheitshalt können in manueller Betriebsart automatisch umgangen werden und sind daher für den Anschluss von Einrichtungen für das Stillsetzen im Notfall nicht geeignet.

Wird ein Ausgangssignal für das "Stillsetzen im Notfall" gegeben:

- muss der Ausgang weiterhin in Funktion sein, wenn die Energie vom Robotersystem weggenommen wird, oder
- falls der Ausgang bei abgeschalteter Energie am Robotersystem nicht in Funktion ist, muss das Signal "Stillsetzen im Notfall" ausgegeben werden.

5.3.8.3 Sicherheitshalt

Das Robotersystem muss einen oder mehrere Kreise für einen Sicherheitshalt zum Anschluss externer nicht trennender Schutzeinrichtungen haben. Die Auswahl der Stoppkategorie 0 oder 1, wie nach IEC 60204-1:2005, 9.2.2 beschrieben, muss anhand der Risikobeurteilung festgelegt werden.

ANMERKUNG Stoppkategorie 2 kann berücksichtigt werden, wenn das Leistungssystem IEC 61800-5-2 „Elektrische Leistungsantriebssysteme mit einstellbarer Drehzahl“ erfüllt.

Diese Funktion des Sicherheitshalts muss das Stillsetzen aller Robotersystembewegungen bewirken und weitere durch das Robotersystem gesteuerte Gefährdungsbedingungen anhalten. Dieser Halt kann manuell oder steuerungstechnisch ausgelöst werden.

Die Funktion des Sicherheitshalts muss die Anforderungen nach Abschnitt 5.2.2 oder 5.2.3 erfüllen.

5.3.9 Abschalten zugehöriger Ausrüstung

Das Robotersystem muss so eingebaut werden, dass das Abschalten von zugehöriger Ausrüstung nicht zu einer Gefährdung oder einer Gefährdungssituation führt.

5.3.10 Anforderungen an den Endeffektor (Werkzeuge am Ende des Roboterarms)

Endeffektoren müssen so konstruiert und gebaut sein, dass

- a) der Verlust oder eine Änderung in der Energieversorgung (z. B. elektrisch, hydraulisch, pneumatisch, Vakuum Versorgung) nicht das Lösen der Last verursachen kann, was zu einem Gefährdungszustand führen würde;
 - 1) die statischen und dynamischen Kräfte, die von der Last und den Endeffektoren gemeinsam erzeugt werden, innerhalb der Belastbarkeit und der dynamischen Leistungsfähigkeit des Roboters liegen;
 - 2) Befestigungsflansch und Anbauteile richtig zusammenpassen;
 - 3) abnehmbare Werkzeuge während ihrer Verwendung sicher befestigt sind;
- b) die Freigabe abnehmbarer Werkzeuge nur an ausgewiesenen Positionen erfolgen darf oder unter speziellen, kontrollierten Bedingungen, falls die Freigabe zu einer Gefährdungssituation führen könnte; und
- c) falls durchführbar, den Endeffektoren für die Fehlerbeseitigung Energie zugeführt werden kann, ohne dass Antriebsenergie an den Roboterstellteilen einwirkt.

ANMERKUNG Diese Eigenschaft kann eine von Roboterherstellern angebotene nützliche Option sein, sie bildet jedoch keine Anforderung nach ISO 10218-1:2006.

Es müssen Maßnahmen zur Vermeidung von Gefährdungszuständen getroffen werden (z. B. mechanisch geschützte pneumatische Schlauchleitungen oder Vakuumschlauchleitungen, selbsthaltende Einrichtungen, wie z. B. federbelastete zusätzliche Greifer).

5.3.11 Rückstellung im Notfall

Die Bedienungsanleitung muss genaue Anweisungen bezüglich der Rückstellung der zugehörigen Ausrüstung des Robotersystems nach einem Fehler enthalten, in Verbindung mit den Anweisungen des Herstellers zu Bewegungen im Notfall oder anormalen Bewegungen des Roboters ohne Antriebsenergie. Sind Schilder oder Kennzeichnungen erforderlich, müssen diese befestigt oder Anleitungen für deren Befestigung vorgesehen werden.

5.3.12 Warnzeichen

Werden Warnzeichen an einem Roboter oder einem anderen Ausrüstungsteil im System durch den Einbau/ die Integration verdeckt, müssen andere gleichermaßen wirksame Warneinrichtungen vorgesehen werden (z. B. ein weiteres Warnzeichen an sichtbarer Stelle.)

5.3.13 Beleuchtung

Das für die Ausführung der Aufgaben benötigte Maß an Beleuchtung muss ermittelt und in der Benutzerinformation festgelegt werden.

Maschinen müssen mit eingebauter Beleuchtung geliefert werden, die für die jeweilige Bearbeitung geeignet ist, dort wo eine fehlende Beleuchtung ein Risiko verursachen kann trotz vorhandener Umgebungsbeleuchtung von normaler Intensität. Maschinen müssen so konstruiert und gebaut sein, dass kein Schattenbereich vorhanden ist, der Störungen verursachen kann, dass keine irritierende Blendung existiert und dass keine gefährlichen stroboskopischen Effekte an bewegten Teilen aufgrund der Beleuchtung auftreten. Innenliegende Teile, die häufige Kontrolle oder Einstellung erfordern sowie Wartungsbereiche müssen mit geeigneter Beleuchtung ausgestattet sein.

5.3.14 Gefährdungen bei der Anwendung

Die Integration des Robotersystems muss auch die Gefährdungen bei der Anwendung berücksichtigen (z. B. Rauche, Gase, Chemikalien, heiße Werkstoffe) in Verbindung mit dem Bearbeitungsprozess und der Werkzeugbestückung (z. B. Schweißen, Laserstrahlschneiden, spanende Bearbeitung).

Bezüglich der Anforderungen an die Schnittstellen zu anderen Maschinen müssen die Hinweise des Herstellers befolgt werden, wie in der Benutzerinformation festgelegt.

5.3.15 Zustimmungseinrichtungen

Zusätzliche Zustimmungseinrichtungen und deren Integration müssen ISO 10218-1, 5.8.3 erfüllen.

ANMERKUNG Je nach Systemanordnung und der Häufigkeit von Programmänderungen, sollten die Zustimmungseinrichtungen anderer nicht überlappender Roboter zusammenschaltet werden. Das Zusammenschalten der Zustimmungseinrichtungen ist abhängig von der Anordnung, dem Raum und den zu erwartenden Aufgaben sowie den Arbeitspositionen, die für diese Aufgaben vorgesehen werden. Steuerkreise nach 5.2.2 können so konstruiert sein, dass vermieden wird, dass überlappende Roboter während des manuellen Betriebs zur gleichen Zeit aktiv sind.

5.3.16 Lichter Raum/Freiraum/Abstand des Robotersystems

Beim Einbau eines Robotersystems muss eine aufgabenbasierte Risikobeurteilung der speziellen Installation und der zu erwartenden Aufgaben durchgeführt werden, um mögliche Fang- oder Quetschstellen innerhalb des durch den Roboter eingeschränkten Raums zu bestimmen.

Ein Mindestabstand/Mindestfreiraum von 0.5 m muss in solchen Bereichen eingehalten werden, in denen Aufgaben in der Betriebsart „manuell hohe Geschwindigkeit“ durchgeführt werden müssen. Siehe ISO 13854 bezüglich geeigneter Werte. Dieser Freiraum/Abstand ist erforderlich zwischen dem berechneten Anhaltepunkt der Gefährdung und Gebäudebereichen, Aufbauten, äußeren Schutzeinrichtungen, Versorgungseinrichtungen, anderen Maschinen und Ausrüstung, die die Roboterfunktion nicht explizit unterstützen, die jedoch eine Fang- oder Quetschstelle bilden können.

BEISPIEL Beispiele dafür, was die Roboterfunktion unterstützt, umfassen Befestigungen, Beladestationen, Förderzeuge sowie prozessbezogene Ausrüstung.

5.4 Begrenzung der Roboterbewegung

5.4.1 Allgemeines

Roboterinstallationen müssen so konstruiert und integriert werden, dass sie das potentielle Gefährdungsrisiko für das Personal verringern. Robotersysteme, d. h. der Roboter, die Endeffektoren und dem Werkstück können einen großen Wirkungsraum (maximaler Raum) einnehmen, der über den Wirkungsraum, der tatsächlich für die vom Roboter auszuführende Aufgabe benötigt wird, hinausgeht (Betriebsraum). Dieser Umstand kann dazu führen, dass durch die äußeren feststehenden und beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen zum Schutz von Personen vor den vom Robotersystem ausgehenden Gefährdungen (durch Schutzeinrichtungen abgegrenzter Raum) ein unnötig großer Bereich eingehaust wird. Um den durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raum zu verringern, kann der maximale Raum mittels integrierter oder externer Einrichtungen begrenzt werden, um die Bewegung des Robotersystems zu begrenzen (eingeschränkter Raum).

5.4.2 Festlegung der durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten und eingeschränkten Räume

Abgeleitet von den Gefährdungen des Robotersystems und deren Position zusammen mit der Anordnung der Maschinen wird die korrekte Position für die äußeren Schutzeinrichtungen des Arbeitsraums festgelegt, die den durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raum festlegen müssen.

Der eingeschränkte Raum muss durch Einrichtungen festgelegt werden, die den Raum, den der Roboter, der Endeffektor, die Befestigung und das Werkstück einnehmen können, begrenzt. Er sollte kleiner sein als der maximale Raum. Die äußeren Schutzeinrichtungen dürfen nicht näher an der Gefährdung eingebaut werden als der eingeschränkte Raum, es sei denn:

- a) die äußeren Schutzeinrichtungen sind als Begrenzungseinrichtung nach 5.4.3 konstruiert und vorgesehen; oder
- b) eine Risikobeurteilung ergibt, dass andere technische Schutzmaßnahmen angemessen sind.

Bedienpositionen erfordern besondere Berücksichtigung in Bezug auf zusätzliche technische Schutzmaßnahmen über einfache äußere trennende Schutzeinrichtungen hinaus (z. B. Verriegelungseinrichtungen, die die Bewegung des Roboters in einen gekennzeichneten Bereich verhindern), da sie Bereiche umfassen können, in denen der Bediener Aufgaben auszuführen hat, die innerhalb des eingeschränkten Raums liegen. Beispiele für diese Bereiche umfassen:

- Be- und Entladebereiche (z. B. dynamische Bewegungsbegrenzung);
- Bedienstationen über die äußeren trennenden Schutzeinrichtungen hinaus;
- häufig benutzte Fußwege über die äußeren trennenden Schutzeinrichtungen hinaus.

5.4.3 Einrichtungen zur Bewegungsbegrenzung

Die Begrenzung der Roboterbewegung kann durch Einrichtungen, die im Roboter integriert sind, erzielt werden (z. B. vom Hersteller bereitgestellte sichere Softwarebegrenzungen oder mechanische Anschläge), durch den Einbau externer Begrenzungseinrichtungen oder durch eine Kombination dessen. Begrenzungseinrichtungen werden verwendet, um den Raum zu begrenzen, in dem der Roboter seine Aufgabe ausführen kann, z. B. wird durch die Verwendung von Begrenzungseinrichtungen der eingeschränkte Raum kleiner gemacht als der maximale Raum.

Einrichtungen, die für diesen Zweck eingebaut werden, müssen die Roboterbewegung unter der effektiven Last und den programmierten Geschwindigkeitsbedingungen anhalten können. Alle zugehörigen Sicherheitssteuerungen, die an die Robotersteuerungen angeschlossen sind, müssen die Anforderungen von ISO 10218-1:2006, 5.12 erfüllen. Die Benutzerinformation muss Anleitungen bezüglich eingebauter Einrichtungen enthalten, die den Roboter unter Nennlast, maximaler Geschwindigkeit und vollständig ausgefahrenem Arm nicht anhalten können.

Die Begrenzungseinrichtungen müssen ordnungsgemäß eingestellt und gesichert sein. Erfordert die Konstruktion eine Maßnahme zur Begrenzung des Bewegungsraums, muss diese eine der folgenden Kriterien erfüllen.

- a) Mechanische Anschläge können vorgesehen werden. Diese sollten einstellbar sein und müssen den Roboter an jeder eingestellten Position anhalten können;
- b) Alternative Maßnahmen zur Begrenzung des Bewegungsraums können nur dann vorgesehen werden, wenn sie so konstruiert, gebaut und eingebaut sind, dass sie mindestens das gleiche Sicherheitsniveau erzielen wie mechanische Anschläge. Dies kann auch Steuerungen betreffen, die die Robotersteuerung verwenden und Grenztaster, die mindestens den Anforderungen aus Abschnitt 5.2.2 entsprechen, sofern die Risikobeurteilung nicht ergibt, dass ein anderes Leistungsmerkmal angemessen ist. Der Anhalteweg in Verbindung mit der Begrenzungseinrichtung muss bei jeder Berechnung des eingeschränkten Raumes berücksichtigt werden. Siehe Teil 1 Anhang B bezüglich Informationen zum Anhalteweg.

ANMERKUNG 1 Bei Robotern mit lastabhängiger Geschwindigkeitskompensation können Maximalwerte bereits auftreten, wenn der Roboter weniger als die Nennlast trägt oder unter seinem Leistungsvermögen bleibt.

Werden im Roboter eingebaute sicherheitsbezogene Softwareraumbegrenzungen nach Herstellerangaben verwendet, müssen Hinweise über die einprogrammierten Begrenzungen dieser Einrichtungen in der Benutzerinformation enthalten sein.

ANMERKUNG 2 Der eingeschränkte Raum wird durch den Punkt definiert, an dem die Bewegung tatsächlich anhält. Dies kann durch die Position der mechanischen Begrenzungseinrichtungen, z. B. mechanische Anschläge konkret festgelegt werden. Der Einbauort von nicht-mechanischen Begrenzungseinrichtungen einschließlich sicherheitsbezogener Software zur Achsbegrenzung erfordert Überlegungen zur Aktivierungszeit und zum vollständigen Stillstand der Roboterbewegung.

In Fällen, in denen die äußere trennende Schutzeinrichtung als Begrenzungseinrichtung konstruiert ist, muss die Risikobeurteilung die Anforderungen an die Konstruktion, die Festigkeit und das Biegevermögen dieser trennenden Schutzeinrichtung berücksichtigen.

ANMERKUNG 3 Einrichtungen, die zum Schutz der Maschine konstruiert sind, z. B. Überstromschutz und Kollisionssensoren eignen sich nicht als Begrenzungseinrichtungen, sofern sie nicht speziell dafür konstruiert, getestet und für diesen Zweck als geeignete Schutzeinrichtung festgelegt werden.

5.4.4 Dynamische Begrenzung

Dynamische Begrenzung ist die automatisch gesteuerte Änderung eines eingeschränkten Raums des Roboters während eines Teils des Zyklus des Robotersystems zur weiteren Begrenzung der Roboterbewegung. Beispiele für Steuereinrichtungen, jedoch nicht auf diese beschränkt, sind nockenbetätigte Grenztafter, Lichtvorhänge oder gesteuert zurückziehbare mechanische Anschläge, welche für eine weitere Begrenzung der Roboterbewegung innerhalb des eingeschränkten Raums eingesetzt werden können, während der Roboter sein Anwenderprogramm ausführt.

ANMERKUNG 1 Dynamische Begrenzung kann nützlich sein, in dem man zwei auswählbare eingeschränkte Räume konstruiert, um die Produktivität der Arbeitszelle zu steigern, in dem ein Roboter zwei Arbeitsstationen bedient. Siehe Beispiel in Anhang E.

ANMERKUNG 2 Werden sicherheitsbezogene Bereichsausgänge zur Steuerung der Einrichtung zur Bewegungsbegrenzung verwendet, müssen die Positionen der programmierten Bereiche in der Benutzerinformation angegeben sein.

5.5 Anordnung

5.5.1 Äußere Schutzeinrichtungen

Der durch Schutzeinrichtungen abgegrenzte Raum wird durch die äußeren Schutzeinrichtungen definiert. Maßnahmen für äußere Schutzeinrichtungen können durch die Anwendung trennender Schutzeinrichtungen oder Schutzeinrichtungen zur Anwesenheitserkennung nach Abschnitt 5.10 realisiert werden. Die Auswahl der Schutzmaßnahmen muss Folgendes berücksichtigen:

- die zu erwartende Betriebsbeanspruchung;
- der Einfluss des zu verarbeitenden Werkstoffs, insbesondere Zuführen und Entfernen von Werkstoffen vom Robotersystem;
- andere relevante externe Einflussfaktoren (z. B. schließt eine sehr staubige Atmosphäre die Verwendung eines Lichtgitters oder einer einfachen Umzäunung aus).

Sichere Abstände müssen folgenden Normen entsprechen: ISO 13857 Sicherheitsabstände gegen das Erreichen von Gefährdungsbereichen mit den oberen und unteren Gliedmaßen, ISO 13854, Mindestabstände zur Vermeidung des Quetschens von Körperteilen sowie ISO 13855, Anordnung von Schutzeinrichtungen im Hinblick auf Annäherungsgeschwindigkeiten von Körperteilen.

5.5.2 Zugang für Eingriffe

Wann immer möglich, müssen Aufgaben von außerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums ausgeführt werden.

Zugangswege dürfen die Bediener nicht gefährden, z. B. durch Gefährdungen wie Rutschen, Stolpern und Stürzen.

Wo möglich, muss ein ausreichender lichter Raum/Montagefreiraum nach ISO 13854 zwischen dem eingeschränkten Raum (einschließlich des Werkstücks) und anderen Objekten (wie z. B. Konstruktionsstützen, Deckenträger (Deckenbalken), Umzäunungen, Versorgungsleitungen) vorgesehen werden. Ist es nicht möglich, solche lichte Räume/Montagefreiräume vorzusehen, müssen anhand einer Risikobeurteilung erforderliche zusätzliche Schutzmaßnahmen festgelegt werden.

Ist es beabsichtigt, dass Bediener das Beschicken und die Entnahme von Teilen vornehmen, muss dies bei der Anordnung des Systems berücksichtigt werden, entweder durch das Vorsehen von Beschickungseinrichtungen, so dass der Bediener sich nicht dem Gefährdungsbereich nähern muss oder durch Vorsehen von Schutzeinrichtungen, die für die Tätigkeit geeignet sind.

Der Zugang zu Zellen, die in unterschiedlichen Betriebsarten arbeiten, sollte vermieden werden. Es müssen Schutzeinrichtungen vorgesehen werden, die entweder den Zugang des Bedieners zwischen den Zellen verhindern oder Gefährdungen innerhalb angrenzender Zellen in einen sicheren Zustand überführen, bevor ein Bediener sie erreichen kann. Es müssen technische Schutzmaßnahmen zum Schutz der Bediener vor Risiken vorgesehen werden in Verbindung mit dem Materialfluss in und aus angrenzenden Zellen.

Bedien- und Antriebselemente (z. B. Programmierhandgeräte, Roboterschaltchränke), sollten neben der Zugangseinrichtung angeordnet sein, um die Akzeptanz durch die Bediener zu verbessern.

Eine Gestaltung für den sicheren Zugang in die Zellen muss Folgendes berücksichtigen:

- Kabelkanäle, Stolperbereiche;
- Zugangshäufigkeit für manuelles Be- und Entladen;
- physikalische Eigenschaften der Last;
- Arbeitsmöglichkeit (z. B. Kabelabdeckungen, Kabelkanäle, Stolperbereiche usw.);
- Aufenthalts- und Überwachungsbereiche;
- Wartungspositionen (z. B. Kappenwechsel bei Schweißzangen); und
- leichter Zugang zu Wartungsstellen (z. B. außerhalb des Sicherheitsbereichs).

5.5.3 Materialbeförderung

Die Gefährdungen in Verbindung mit automatischen Materialfördersystemen (z. B. Erfassen, herabfallendes Material und die Verbindungen zum Robotersystem) müssen in der Risikobeurteilung berücksichtigt werden.

An Stellen, an denen Material in den durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raum gelangt oder diesen verlässt, müssen Maßnahmen getroffen werden, die verhindern, dass Personen den Gefährdungsbereich unbemerkt betreten können. Diese Maßnahmen müssen Personen entweder vor dem Kontakt mit der Gefährdung schützen oder müssen die Gefährdungen in einen sicheren Zustand überführt haben, bevor sie erreicht werden können. Die Öffnung sollte gerade groß genug sein, um die Materialbewegung in und aus der Roboterzelle zu ermöglichen. Ist die Öffnung größer als die Abmessungen in ISO 13857 für den Zugang mit dem ganzen Körper, müssen Schutzeinrichtungen eingebaut werden, um den Zugang von Personen zu verhindern, wenn der Eintrittspunkt unter 1 400 mm liegt.

Liegt das Materialfördersystem in einer Höhe von $\geq 1\,400$ mm dürfen Gefährdungen innerhalb der Zelle nicht erreichbar sein, in Bezug auf Sicherheitsabstände nach ISO 13857.

5.5.4 Prozessbeobachtung

Die Prozessbeobachtung sollte außerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums erfolgen. Eine ordnungsgemäße Planung kann erfüllt werden, in dem sichere Aufenthalts- und Beobachtungspositionen festgelegt werden (z. B. Plattformen, Laufstege, Fernbeobachtungssysteme).

Kann die Prozessbeobachtung nur innerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums erfolgen, muss eine separate Steuerungsart vorgesehen werden. Diese Betriebsart muss auch die erforderlichen technischen Schutzmaßnahmen vorsehen, um sicherzustellen, dass Bediener, die die Prozessbeobachtung durchführen keiner Gefährdungssituation ausgesetzt sind. Zusätzliche Informationen sind im Anhang J enthalten.

5.6 Anwendung der Betriebsarten des Robotersystems

5.6.1 Allgemeines

Folgende Anforderungen gelten für das Robotersystem. Hierin nicht enthalten sind Anforderungen an die Ausrüstung innerhalb der Roboterzelle, die für die Roboterarbeiten nicht benötigt werden. Es muss eine Risikobeurteilung durchgeführt werden, um alle weiteren Maßnahmen festzulegen, für die von dieser Ausrüstung ausgehenden Risiken. Für den Fall, dass sich der Roboter in manueller Betriebsart befindet, wird dringend empfohlen, die übrige Ausrüstung in einen sicheren Zustand zu bringen und zu belassen.

5.6.2 Auswahl

Unberechtigte und/oder unbeabsichtigte Betriebsartenwahl muss durch geeignete Einrichtungen verhindert sein (z. B. Schlüsselschalter, Zugangscodes).

Diese Einrichtungen dürfen nur die gewählte Betriebsart zulassen und selbst keinen Betrieb des Robotersystems oder gefährdenden Betrieb zugehöriger Maschinen auslösen. Das Auslösen des Betriebs des Robotersystems muss durch eine getrennte Betätigung erfolgen.

Es muss eine eindeutige Anzeige der gewählten Betriebsart vorhanden sein (z. B. Position der Steuerung, Vorsehen von Leuchtanzeigen).

ANMERKUNG Das Ändern der Betriebsart darf keine Gefährdungssituation verursachen.

5.6.3 Automatikbetrieb

5.6.3.1 Auslösen

Der Automatikbetrieb muss manuell von außerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums ausgelöst werden.

Bei Verwendung eines Programmierhandgeräts oder einer Teach-Einrichtung zur Auswahl des Automatikbetriebs, erfordert dies eine gesonderte bewusste Handlung von außerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums.

Die Auswahl des Automatikbetriebs darf den Zustand des Sicherheitshalts oder den des Stillsetzens im Notfall nicht überlagern oder zurücksetzen.

Das Schalten aus diesem Zustand muss einen Sicherheitshalt bewirken.

Das Betreten des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums im Automatikbetrieb muss einen Sicherheitshalt der gesamten Ausrüstung auslösen, die eine Gefährdung oder Gefährdungssituation darstellt.

5.6.3.2 Start und Wiederanlauf

Personen müssen vor einem unerwarteten Anlauf der Roboterzelle geschützt sein, wenn sie sich innerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums nach ISO 14118 befinden. Die sicherheitsbezogene Steuerungsfunktion muss mindestens die Anforderungen nach Abschnitt 5.2.2 erfüllen, sofern die Risikobeurteilung nicht ergibt, dass andere Leistungskriterien angebracht sind.

Es müssen Verriegelungen für Start und Wiederanlauf vorgesehen werden. Manuell betätigte Bedienelemente für Start und Wiederanlauf müssen außerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums angeordnet sein und dürfen nicht von innerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums aktiviert werden können. Zusätzlich müssen Start und Wiederanlauf die aktive Funktion von Sicherheitsfunktionen und/oder Schutzmaßnahmen erfordern.

Der Bediener sollte von jeder Steuerungsposition aus sicherstellen können, dass sich niemand im durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raum befindet. Die Bedienelemente für Start und Wiederanlauf sollten so platziert sein, dass sie klare und ungehinderte Sicht in den durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raum ermöglichen.

Ist dies nicht möglich, muss die Steuerung so konstruiert und gebaut sein, dass der Start durch automatische Personenerkennung innerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums verhindert ist.

Ist keine dieser Möglichkeiten vor dem Start des Robotersystems durchführbar, muss ein akustisches und/oder optisches Warnsignal gegeben werden. Start und Wiederanlauf müssen verzögert werden, so dass die gefährdeten Personen Zeit haben, den durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raum zu verlassen oder dass ein Anlauf des Robotersystems verhindert ist, durch (eine) rechtzeitig erreichbare Steuereinrichtung(en) zum Stillsetzen, die sich innerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums befinden muss. Diese Einrichtungen müssen alle Steuerbefehle für Start und Wiederanlauf überlagern.

Das Wiedereinschalten von Bewegungen oder gefährdenden Prozessen während des Aufenthalts von Personen innerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums muss durch Vorsehen ergänzender Schutzmaßnahmen verhindert sein.

Ergänzende Schutzmaßnahmen können sein:

- a) Mehrfachtrennung und Verriegelung der gefährdenden Ausrüstung innerhalb des Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums;
- b) Verwendung individueller Einrichtungen um eine Schutzeinrichtung offen zu halten (Schutztür);
- c) zusätzliche Bedienelemente innerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums, zur Freigabe der Rückstellungs-/Wiederanlaufeinrichtungen. Die Freigabefunktion sollte verzögert und die Freigabezeit begrenzt sein;
- d) andere sichere Arbeitsverfahren.

Bei der Auswahl der geeigneten ergänzenden Schutzmaßnahme, muss der Systemkonstrukteur nach der Rangordnung der Schutzmaßnahmen nach ISO 12100-1 vorgehen.

5.6.4 Manuelle Betriebsart

5.6.4.1 Allgemeines

Ist manuelles Eingreifen erforderlich, muss die manuelle Steuerung durch ein einzelnes Programmierhandgerät oder eine ähnliche Bedienstation, die die Anforderungen von ISO 10218-1:2006; 5.8 erfüllt, erfolgen.

ANMERKUNG Dies gilt für jede Einrichtung, die zur Steuerung eines Roboters von innerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums verwendet wird, während Antriebsenergie an einer der Roboterachsen oder dem Endeffektor anliegt. Dies betrifft auch Roboter mit kraftunterstütztem geführtem Teachen, unabhängig davon, ob am Roboter befestigte manuelle Steuerungen oder Haupt-/sekundäre Teachsteuerungen verwendet werden.

Falls durchführbar müssen Steuereinrichtungen und Steuerungspositionen so platziert sein, dass der Bediener den Arbeits- oder den Gefährdungsbereich beobachten kann.

Eine Steuereinrichtung zum Stillsetzen muss neben jeder Anlaufsteuerung platziert werden.

Das System muss so konstruiert und gebaut sein, dass unter lokaler Steuerung das Auslösen einer Bewegung oder die Auswahl einer anderen lokalen Steuerung von jeder anderen Quelle aus verhindert ist.

5.6.4.2 Manuell reduzierte Geschwindigkeit

Vor dem Betrieb des Robotersystems, muss der Werkzeugarbeitspunkt(e) (TCP) unter Verwendung des vom Roboterhersteller mitgelieferten Offset-Funktion eingestellt werden. In der Betriebsart manuelle reduzierte Geschwindigkeit, darf die Geschwindigkeit des ausgewählten Werkzeugarbeitspunkts TCP 250 mm/s nicht überschreiten. Es sollte möglich sein, Geschwindigkeiten unter 250 mm/s auszuwählen. Die Ergebnisse einer Risikobeurteilung müssen festlegen, ob eine maximal reduzierte Geschwindigkeit unter 250 mm/s benötigt wird und ob andere Ausrüstung im Robotersystem bei reduzierter Geschwindigkeit betrieben werden muss.

In der Betriebsart manuell reduzierte Geschwindigkeit darf die Bewegung des Roboters oder eines Teils des Robotersystems nur in Verbindung mit einer Zustimmungseinrichtung nach ISO 10218-1, Abschnitt 5.8.3 möglich sein. Die Funktionalität der Zustimmungseinrichtung muss 5.2 entsprechen. Falls die Vorkehrungen für reduzierte Geschwindigkeit auch 5.2 entsprechen, je nach Risiko der angetriebenen Ausrüstung (z. B. Konturen, lichter Raum), können Bewegungen mit reduzierter Geschwindigkeit auch ohne Zustimmungseinrichtung erfolgen.

5.6.4.3 Manuell hohe Geschwindigkeit

Diese Betriebsart darf nur auf die Programmverifizierung beschränkt sein. Jeder manuelle Tippbetrieb muss bei reduzierter Geschwindigkeit erfolgen. Diese Betriebsart darf nur in Ausnahmefällen vorgesehen werden, wenn die Anwendung erfordert, dass das Robotersystem bei manuell hoher Geschwindigkeit bewegt wird. In der Betriebsart manuell hohe Geschwindigkeit, kann die Geschwindigkeit des ausgewählten Werkzeugarbeitspunkts TCP 250 mm/s überschreiten. Das Robotersystem muss ISO 10218-1:2006, 5.7.4 entsprechen und mit einem Programmierhandgerät in Übereinstimmung mit ISO 10218-1:2006, 5.8 ausgestattet sein. In der Benutzerinformation muss die Forderung enthalten sein, dass das Programmierhandgerät der Zustimmungseinrichtung auf seine ordnungsgemäße Funktion zu testen ist, bevor eine Bewegung ausgelöst wird.

5.6.4.4 Steuerung simultaner Bewegungen

Roboter können so konstruiert sein, dass mit einem einzelnen Programmierhandgerät simultane Bewegungen mehrerer Roboter gesteuert werden können. Es muss eine Anzeige vorhanden sein, mit der erkennbar ist, welche(r) Roboter aktiviert ist (ausgewählt ist, um ihn bewegen zu können), die für jeden innerhalb des durch Schutzeinrichtungen eingegrenzten Raums deutlich erkennbar sein muss. Gibt es vonseiten des Roboterherstellers keine Anzeige, muss eine zusätzliche Anzeige vorgesehen werden. Nur der (die) ausgewählte(n) Roboter (einer oder mehrere) darf/dürfen aktiviert werden. Jeder (alle) nicht ausgewählte(n) Roboter darf (dürfen) sich nicht bewegen und keine Gefährdungen bilden mittels Einrichtungen in Übereinstimmung mit 5.2.2.

ANMERKUNG Dies kann durch das Verbleiben im Zustand des Sicherheitshalts erreicht werden.

Alle aktivierten und gemeinsam gesteuerten Roboter müssen sich in der gleichen Betriebsart befinden. (Siehe ISO 10218-1:2006, 5.7).

5.6.4.5 Kollaborierende Roboter

Roboter für den kollaborierenden Betrieb können für den kollaborierenden Teil der Aufgabe per Handführung gesteuert werden. Die gleichen Steuerungen können auch für „geführtes Teachin“ verwendet werden. Sind diese Steuerungen vorgesehen, müssen diese den Anforderungen wie in ISO 10218-1, 5.10.3 beschrieben, entsprechen.

5.6.4.6 Fernzugriff

5.6.4.6.1 Allgemeines

Ein Roboter oder Robotersystem kann netzwerkfähig sein (z. B. LAN, Modem und Internet), was den Fernzugriff für Archivierung, Diagnostik, Visualisierung usw. ermöglicht.

Wird ein Roboter oder ein Robotersystem in der Betriebsart manuell reduzierte Geschwindigkeit ferngesteuert (Bediener hält sich an einem anderen Ort als dem Roboterstandort auf, d. h. in einem Büro), ist Folgendes erforderlich:

- a) Zum gleichen Zeitpunkt darf nur eine Bedienstation aktiv sein (lokal oder fern) (ausschließliche Bedienung von einer Bedienstation);
- b) Diese Steuerung darf die lokale Auswahl nicht überlagern und eine lokale Gefährdungssituation verursachen;
- c) Es muss eine separate Betriebsart vorgesehen werden, die nur von der lokalen Steuerung aus auszuwählen ist (auch Überlagern, Quittierung der Sicherheitsfunktionen, Tippschaltung);
- d) Freigabe und Sperrung der Fernsteuerung und die Fernbedienstation dürfen nur lokal auswählbar sein;
- e) Alle Steuerungsfunktionen, die eine Gefährdung verursachen können, z. B. Roboterbewegung, Beeinflussen von Ausgängen, die gefährdende Ausrüstung steuern, Veränderung von Werten, die gefährdenden Einfluss auf den Roboter haben (z. B. Overrideeinstellung) dürfen nur von einer einzigen ausgewählten Bedienstation aus erfolgen können;
- f) Niemand hält sich in dem durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raum auf und die Schutzeinrichtungen sind aktiv (z. B. Sicherheitstüren verriegelt und quittiert), ferngesteuerte Funktionen können ohne lokale Aktivitäten ausgeführt werden;
- g) Es darf nicht möglich sein, Softwaredateien in Bezug auf die Begrenzung der Roboterbewegung mittels sicherheitsbezogener Software zur Begrenzung, nach 5.4.3 zu verändern.

5.6.4.6.2 Manuelles Eingreifen während ferngesteuertem Betrieb

Muss eine Person sich in dem durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raum aufhalten, müssen sowohl die Bediener der Fernsteuerung als auch die Bediener der lokalen Steuerung in der Ausführung ferngesteuerter Aufgaben geschult sein. Die Benutzerinformation muss entsprechende Anforderungen an diese Schulung beinhalten:

- a) Die Fernbedienung einer Bewegung kann nur ausgeführt werden, wenn der lokale Bediener die Fernbedienungsfunktionen durch Betätigen der Zustimmungseinrichtung freigibt z. B. eine lokale Bestätigung/Zustimmung;
- b) Betriebsart manuell reduzierte Geschwindigkeit wird bevorzugt; und
- c) Wird die Betriebsart manuell hohe Geschwindigkeit angewendet, müssen zusätzliche Maßnahmen vorgesehen werden. Der lokale Bediener muss sich zumindest in einer sicheren Beobachtungsposition außerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums befinden.

5.7 Programmierhandgeräte

5.7.1 Allgemeines

Programmierhandgeräte und Teach-Einrichtungen, die innerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums verwendet werden, müssen ISO 10218-1:2006, 5.8, Programmierhandgeräte entsprechen.

Die Anforderungen dieses Abschnitts gelten für Aufgaben, die innerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums ausgeführt werden. Alle Sicherheitsanforderungen in Bezug auf den Automatikbetrieb gelten weiterhin.

Der Taster für die Einrichtung zum Stillsetzen im Notfall am Programmierhandgerät muss alle gefährdenden Bewegungen in der Zelle stillsetzen.

Alle Robotersysteme müssen mit einem Programmierhandgerät für die Zustimmungseinrichtung ausgestattet sein, die alle gefährdenden Bewegungen sperrt/freigibt, sofern der Sicherheitssteuerkreis die Bewegung nicht bereits sperrt. Es müssen Vorkehrungen für zusätzliche Zustimmungseinrichtungen getroffen werden, mit denen mittels Steuereinrichtung alle Gefährdungssituationen innerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Bereichs angehalten werden können, im Falle, dass zusätzliche Personen den durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raum betreten müssen. Zusätzliche Zustimmungseinrichtungen müssen verriegelt sein und ISO 10218-1:2006, 5.8.3 entsprechen.

Bei Programmierhandgeräten, die mit einem Kabel ausgerüstet sind, muss das Kabel ausreichend lang sein, damit der Bediener die zu erwartenden Aufgaben sicher ausführen kann (z. B. soll nicht über Ausrüstung gegangen werden, um zur Teach-Station zu gelangen aufgrund unzureichender Kabellänge). Das Kabel muss den zu erwartenden Umgebungsbedingungen am Einsatzort standhalten.

Die Vorkehrungen für eine ordnungsgemäße Lagerung des Programmierhandgeräts müssen so erfolgen, dass die Möglichkeiten für Schäden, die zu einer Gefährdung führen können, auf ein Mindestmaß reduziert sind. Die Lagerung von abmontierten oder kabellosen Programmierhandgeräten muss die Möglichkeit einer Verwechslung mit einer inaktiven Einrichtung zum Stillsetzen im Notfall auf ein Mindestmaß reduzieren.

5.7.2 Anforderungen an kabellose Installationen/Kommunikation

Bei Verwendung kabelloser Programmierhandgeräte am Robotersystem, gilt Folgendes:

- a) Programmierhandgerät(e) müssen ISO 10218-1:2006, 5.8.6 erfüllen;
- b) Die Funktion zum Stillsetzen im Notfall und die Zustimmungseinrichtung am Programmierhandgerät müssen die Anforderungen von ISO 10218-1:2006, 5.8 erfüllen;
- c) Die Möglichkeit der unbeabsichtigten Steuerung eines Robotersystems muss verhindert sein, durch:
 - 1) eindeutige Einrichtungen, die betätigten Roboter festlegen,
 - 2) Anschlusseinrichtungen, die die Integrität der Kommunikation sicherstellen (z. B. Login, Verschlüsselung, Firewalls), und
 - 3) eindeutige Einrichtungen zur Anzeige der fortlaufenden Verbindung (z. B. Bildschirm).
- d) Ein einzelnes kabelloses Programmierhandgerät darf nur mit einem einzelnen Roboter, oder einem Mehrfachrobotersystem bestehend aus zwei oder mehr Robotern verbunden sein, und darf nicht gleichzeitig mit mehr als einem Robotersystem verbunden sein;
- e) In manueller Betriebsart muss ein Ausfall der Kommunikation (z. B. außer Reichweite, leere Batterie) an jedem aktiven Programmierhandgerät (z. B. in Verbindung mit einem Roboter) zu einem Sicherheitshalt oder zu einem Stillsetzen im Notfall für die gesamte gesteuerte Ausrüstung führen. Die Wiederherstellung der Kommunikation darf nicht zu einem Wiederanlauf der Roboterbewegung führen ohne gesonderte und bewusste Handlung. Siehe ISO 10218-1:2006, 5.8.6 und IEC 60204-1:2005, 9.2.7;

- f) Es muss eine unverwechselbare Einrichtung zur Trennung der Robotersteuerung vom Programmierhandgerät vorhanden sein (z. B. zwangsläufige Handlung des Bedieners). Wenn Einrichtungen abgemeldet sind, muss deutlich erkennbar sein dass die sicherheitsrelevanten Funktionen nicht mehr aktiv sind oder die Einrichtung muss vollständig abgeschaltet werden. Es muss darauf geachtet werden, dass Verwechslungen zwischen aktiven und inaktiven Einrichtungen zum Stillsetzen im Notfall vermieden sind durch Vorsehen einer geeigneten Lagerung oder Konstruktion und der Benutzerinformation;
- g) Sie erfüllt die ausschließliche Bedienung von einer Bedienstation nach ISO 10218-1, 5.3.

5.8 Wartung und Reparatur

5.8.1 Allgemeines

Das Robotersystem muss unter Berücksichtigung von Verfahren für Inspektion und Wartung konstruiert sein, um den dauerhaften sicheren Betrieb des Roboters und des Robotersystems sicherzustellen. Das Inspektions- und Wartungsprogramm muss die Herstellerempfehlungen berücksichtigen.

Die Bedienungsanleitung muss Anforderungen für periodische Funktionsprüfungen der sicherheitsbezogenen Ausrüstungsteile enthalten (z. B. Einrichtung für das Stillsetzen im Notfall, Zustimmungseinrichtung), um den ordnungsgemäßen Betrieb sicherzustellen.

5.8.2 Anforderungen an technische Schutzmaßnahmen für die Wartung

Die Wartung sollte von außerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums durchgeführt werden. Ist es erforderlich, die Wartung innerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums durchzuführen, muss die Auswahl der bevorzugten Schutzeinrichtungen wie folgt sein:

- a) Das System muss mit lokalen Einrichtungen zum Steuern und Trennen gefährdender Energie ausgestattet sein (z. B. Unterbrechung der Stromversorgung, Druckentlastungseinrichtung, Steuersystem zur Energietrennung). Die Benutzerinformation muss Einzelheiten über Wartungstätigkeiten enthalten, die ein Beherrschen und Trennen der Energie erfordern, und solche Wartungstätigkeiten, bei denen vorhersehbar ist, dass gefährdende Energie erforderlich sein kann;
- b) Wirksame alternative Schutzmaßnahmen müssen für vorhersehbare geringfügige Serviceaktivitäten vorgesehen werden, die mit der Produktion einhergehen und ohne Energietrennung durchgeführt werden. Steuerungstechnische Maßnahmen für die Steuerung gefährdender Energie oder Positionsüberwachung umfassen:
 - 1) zu verwendende Ausrüstung ist in eine vorab festgelegte sichere und überwachte Position oder entsprechenden Zustand zu bringen. Abweichungen müssen zu einem Sicherheitshalt führen; oder
 - 2) es ist eine alleinigen Steuerung für Personen vorzusehen, die den durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raum betreten. Eingesetzte Verfahren und die Notwendigkeit für deren Ausführung müssen festgelegt sein; oder
 - 3) die Systemintegration sieht eine spezielle Betriebsart oder ein Verfahren vor, die mindestens die Anforderungen von 5.2.2 für speziell festgelegte Aufgaben erfüllt.

Alle Einrichtungen zum Stillsetzen im Notfall am Robotersystem müssen in Funktion bleiben.

5.9 Schnittstelle des integrierten Fertigungssystems (IMS)

5.9.1 Allgemeines

Andere Maschinen und Ausrüstung, die mit dem Robotersystem verbunden sind, jedoch nicht unmittelbar von der Robotersteuerung gesteuert werden, müssen in der Risikobeurteilung, den Bereichsanordnungen, den technischen Schutzmaßnahmen und dem Wirkungsbereich der eingesetzten Steuerungen berücksichtigt werden. ISO 11161 und spezielle "C" Normen können angewendet werden. Die Integration des Robotersystems muss ebenso Gefährdungen berücksichtigen, die sowohl vom Roboter gesteuert als auch nicht gesteuert werden und von zugehörigen Maschinen und Ausrüstungen ausgehen, die sich innerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums befinden und in diesen Raum gelangen oder ihn verlassen.

5.9.2 Stillsetzen im Notfall

Robotersysteme müssen über eine Funktion für das Stillsetzen im Notfall verfügen, die auf alle relevanten Teile der Maschine wirkt. Ist dies aus Produktionsgründen für größere Maschinensysteme nicht möglich, kann eine Aufteilung des Wirkungsbereichs der Steuerung vorgesehen werden (siehe ISO 11161, 8.2). In diesem Fall muss der Wirkungsbereich der Steuerung entsprechend den Arbeitsbereichen oder den Maschineneigenschaften (z. B. Maschinenstruktur, Position der äußeren Schutzeinrichtungen) festgelegt werden. Der Wirkungsbereich der Steuerung muss in der Nähe der Einrichtung zum Stillsetzen im Notfall deutlich gekennzeichnet sein (z. B. durch Text oder Symbol).

Nach dem Auslösen einer Funktion zum Stillsetzen im Notfall für einen Bereich, dürfen keine Gefährdungen an den Schnittstellen zwischen diesem Bereich und anderen Systembereichen vorhanden sein. Alle Einrichtungen zum Stillsetzen im Notfall müssen den gleichen Wirkungsbereich der Steuerung haben.

Wenn sich die eingeschränkten Räume zweier oder mehrerer Roboter überschneiden oder sind zwei oder mehr Roboter innerhalb eines gemeinsamen durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums erreichbar, muss dieser Raum einen Arbeitsbereich bilden.

Der Wirkungsbereich der Steuerung kann mehrere Bereiche umfassen. Die Benutzerinformation muss Hinweise über den Wirkungsbereich der Steuerung jeder Einrichtung für das Stillsetzen im Notfall enthalten.

5.9.3 Sicherheitskreise

Bei Verwendung als Sicherheitsfunktion muss ein solches Signal mindestens den Anforderungen nach Abschnitt 5.2.2 entsprechen, sofern die Risikobeurteilung nicht ergibt, dass andere Leistungskriterien angebracht sind.

5.9.4 Lokale Steuerung

Die Notwendigkeit für eine lokale Steuerung muss sich aus den betrieblichen Anforderungen ergeben. Wird eine lokale Steuerung angewählt ist, muss dieser Zustand dem Steuerungssystem des IMS angezeigt werden, welches die lokale Steuerung nicht überlagern darf. Die Funktion zum Stillsetzen im Notfall muss während der lokalen Steuerung betriebsbereit bleiben.

Einrichtungen zur Aktivierung und Deaktivierung der lokalen Steuerung dürfen nicht von innerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums aus zugänglich sein und müssen sich in unmittelbarer Nähe des Roboters oder der Maschine oder Teilbaugruppe befinden, die unter lokaler Steuerung stehen.

5.9.5 Zustimmungseinrichtung

Zusätzliche Zustimmungseinrichtungen, die dem IMS hinzugefügt werden, müssen ISO 10218-1, 5.8.3 entsprechen.

Es muss eine zusammenschaltete Zustimmungseinrichtung vorgesehen werden, die im Einklang mit dem Wirkungskreis der Steuerung der zugehörigen Einrichtung zum Stillsetzen im Notfall nach 5.9.2 steht (d. h. wenn sich die eingeschränkten Räume von Robotern überschneiden).

Das Auslösen der Zustimmungseinrichtung zur Freigabe der Bewegung darf keine zusätzliche Gefährdung(en) verursachen oder zum Anlaufen eingebauter Maschinen oder diesbezüglicher Prozesse führen.

ANMERKUNG Das heißt, dass Energie zur Ausrüstung freigegeben werden kann, für das Auslösen der Bewegung jedoch eine gesonderte Handlung erforderlich ist.

5.9.6 Betriebsartenwahl

Die Betriebsartenwahl muss ISO 10218-1:2006, 5.7.1 entsprechen.

5.9.7 Steuerung der Hilfsausrüstung

Es muss eine Risikobeurteilung zur Festlegung geeigneter Schutzmaßnahmen durchgeführt werden vor Gefährdungen, die von anderen Maschinen ausgehen, wenn sich Personen innerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums aufhalten. Die Antriebskraft der anderen Einrichtungen, die eine signifikante Gefährdung darstellt und die nicht durch den Roboter gesteuert wird, muss weggenommen werden und darf nicht von anderen Steuerungen aus ausgelöst werden.

Werden andere als die Roboter-Steuergeräte in einem System verwendet, müssen die Ausgänge, die als Sicherheitsfunktion verwendet werden, mindestens den Anforderungen nach Abschnitt 5.2.2 entsprechen, sofern die Risikobeurteilung nicht ergibt, dass andere Leistungskriterien angebracht sind.

5.9.8 Einteilung des Arbeitsbereichs

Das IMS muss so konstruiert sein, dass es sichere manuelle Eingriffe einschließlich Wartung vereinfacht. Bei einigen manuellen Eingriffen kann es unzweckmäßig sein, das komplette IMS abzuschalten; in diesem Fall muss das IMS in Zonen aufgeteilt werden, in denen Bediener ihre Aufgaben sicher ausführen können, während das verbleibende IMS in verschiedenen Betriebsarten weiterarbeiten kann.

Die Einteilung des Robotersystems in Arbeitsbereich muss nach ISO 11161:2007 erfolgen.

5.10 Technische Schutzmaßnahmen

5.10.1 Allgemeines

Die Auswahl der geeigneten technischen Schutzmaßnahmen muss im Rahmen der Risikobeurteilung bestimmt werden. Nicht trennende Schutzeinrichtungen, die für Robotersystemanwendungen ausgewählt werden, müssen den in Abschnitt 5 enthaltenen Anforderungen entsprechen. Das Verhältnis zwischen Sicherheitsanforderungen und anwendbarer Normen für nicht trennende Schutzeinrichtungen ist in Anhang C gegeben.

Bezüglich technischer Schutzmaßnahmen für Industrierobotersysteme sollten folgende Beispiele für Schutzeinrichtungen berücksichtigt werden:

- a) feststehende und bewegliche (verriegelte) trennende Schutzeinrichtungen:
 - 1) Verriegelungseinrichtungen;
- b) Einrichtungen zur Anwesenheitserkennung:
 - 1) Sicherheitslichtvorhänge/Sicherheitslichtgitter (AOPD – Aktive Opto-elektronische Schutzeinrichtung),
 - 2) Sicherheitsschaltmattensysteme (PSPD – Einrichtungen zur Anwesenheitserkennung),
 - 3) Bereichsabtastende Schutzeinrichtungen (AOPDDR – Aktive Opto-elektronische Schutzeinrichtung, die auf diffuse Reflexion reagieren);

c) ortsbindende Schutzeinrichtungen:

- 1) Zweihandsteuerung,
- 2) feststehende Zustimmungseinrichtung;

d) steuerungsbezogene nicht trennende Schutzeinrichtungen (Funktionen):

- 1) überwachte Bewegungsgeschwindigkeit,
- 2) überwachte sichere Ausgangsposition,
- 3) Funktionsverriegelung an Mehrfachrobotern,
- 4) sicherer Halt (Trennung) von Einzelrobotern in Mehrfachroboterzellen;

e) persönliche Steuerungseinrichtungen:

- 1) Zustimmungseinrichtung,
- 2) Schlüsseltransfer,
- 3) aufeinander folgende Rückstellung.

5.10.2 Äußere Schutzeinrichtungen

Trennende Schutzeinrichtungen (abstandgebende oder umgebende), oder Einrichtungen zur Anwesenheitserkennung müssen als äußere Schutzeinrichtungen verwendet werden. Bei der Auswahl der geeigneten äußeren Schutzeinrichtungen sollte Folgendes beachtet werden:

- Die Notwendigkeit zum Auffangen herausgeschleuderter Teile, gefährdener Werkstoffe oder Eindämmung von Lärm oder Strahlung;
- Die Anforderungen für das Beschicken und die Entnahmen von Werkstücken;
- Die Anforderungen für den Bedienerzugang; und
- Die Nähe zur Gefährdung und Öffnungskriterien.

5.10.3 Sicherheitsabstände

Alle Schutzeinrichtungen müssen sicher eingebaut und in einem Abstand platziert sein, so dass die Gefährdung nicht erreicht werden kann, z. B. darf durch Greifen über, unter, um oder durch eine trennende Schutzeinrichtung die Gefährdung nicht erreicht werden können,

Wenn der Zugang mittels trennender Schutzeinrichtungen verhindert wird, muss Tabelle 1 angewendet werden, um den Mindestsicherheitsabstand für feststehende trennende Schutzeinrichtungen mit Öffnungen festzulegen.

Wird das Stillsetzen der Gefährdung signalisiert durch

- Verriegelungseinrichtungen (einschließlich Zugangspunkten in feststehenden trennenden Schutzeinrichtungen (Sperrern),
- Zweihandschaltungen, oder
- Schutzeinrichtungen zur Anwesenheitserkennung,

muss die Formel für den Sicherheitsabstand zur Bestimmung des Mindestsicherheitsabstandes herangezogen werden.

Werden Schutzeinrichtungen zur Anwesenheitserkennung ausschließlich zur Verhinderung eines Starts oder Wiederanlaufs verwendet, oder als abstandsgebende Schutzeinrichtungen, ist der Sicherheitsabstand keine Anforderung, die Einrichtungen müssen jedoch nach 5.10.5.3 angeordnet sein.

ANMERKUNG Kommen ausschließlich Schutzeinrichtungen zur Anwesenheitserkennung als Schutz vor einem Start oder Wiederanlauf zur Anwendung, werden andere Schutzeinrichtungen dazu verwendet, um den Zugang zu verhindern oder die Gefährdung vor einem Zugang anzuhalten.

5.10.4 Allgemeine Anforderungen an Schutzeinrichtungen

Trennende Schutzeinrichtungen müssen die Anforderungen von ISO 12100-2 und ISO 14120 erfüllen. Verriegelungseinrichtung in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen müssen die Anforderungen von ISO 14119 erfüllen.

Trennende Schutzeinrichtungen müssen nach 5.4.2 angeordnet sein.

5.10.4.1 Allgemeine Anforderungen an feststehende abstandgebende trennende Schutzeinrichtungen

Der Abstand zwischen Boden und trennenden Schutzeinrichtungen darf 200 mm nicht überschreiten. (Anmerkung: siehe ISO 13857:2008 Tabelle B1). Die Höhe der abstandgebenden trennenden Schutzeinrichtung muss ISO 13857 entsprechen. Abhängig von der Risikobeurteilung, muss Tabelle 1 aus ISO 13857 angewendet werden; sie muss mindestens 1 400 mm hoch sein, wenn ein Übergreifen möglich ist. Tabelle 2 muss für Gefährdungen mit hohem Risiko in Verbindung mit direktem Kontakt zu Maschinenelementen angewendet werden (z. B. Quetschen oder Scheren, heiße Oberflächen oder tödlicher Elektroschock).

5.10.4.2 Allgemeine Anforderungen an bewegliche trennende Schutzeinrichtungen

Bewegliche trennende Schutzeinrichtungen in ihrer schützenden Position müssen den Zugang zu Gefährdungsbereichen verhindern. Bewegliche trennende Schutzeinrichtungen dürfen keinen Startbefehl auslösen, wenn sie die Schutzposition erreicht haben, sofern es nicht möglich ist, hinter sie zu greifen oder sich hinter ihnen aufzuhalten.

Bei der Verwendung beweglicher trennender Schutzeinrichtungen, müssen diese mit Steuerungen verriegelt sein, die mindestens den Anforderungen von 5.2.2 entsprechen. Die Stellteile für die Rückstellung müssen 5.6.3.2 entsprechen.

5.10.4.3 Allgemeine Anforderungen für bewegliche trennende Schutzeinrichtungen mit mechanischer Verriegelung

Hat der Bediener die Möglichkeit, den Gefährdungsbereich nach Öffnen der beweglichen trennenden Schutzeinrichtung zu erreichen bevor die Gefährdungen beseitigt sind, müssen die beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen zusätzlich zu den Steuerungsverriegelungen über eine mechanische Verriegelung verfügen.

Diese mechanische Verriegelung muss Folgendes erfüllen:

- a) Sie darf die Betätigung der gefährdenden Maschinenfunktion nur zulassen, solange die trennende Schutzeinrichtung geschlossen und verriegelt ist (z. B. eine Tür in einer Umzäunung);
- b) Sie muss die trennende Schutzeinrichtung in der geschlossenen und verriegelten Position halten, so lange das Verletzungsrisiko aufgrund der gefährdenden Maschinenfunktionen existiert.

ANMERKUNG Wird die Geschwindigkeit (oder andere Bedingungen) als Bedingung für verriegelt oder nicht verriegelt überwacht, so ist dies ein Teil der Sicherheitsfunktion und sollte die gleichen funktionalen Sicherheitsanforderungen erfüllen.

5.10.4.4 Bewegliche trennende Schutzeinrichtungen für äußere Schutzeinrichtungen (Ümzäunungstüren)

Um die Möglichkeit zu verhindern, dass eine Person innerhalb der Zelle oder Linie eingeschlossen und einer Gefährdung ausgesetzt ist (z. B. unerwarteter Anlauf, Feuer oder Freisetzen gefährdender Stoffe), müssen die beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen von innerhalb der Zelle oder Linie geöffnet werden können mit oder ohne vorhandener Energie. Bei Zellen, die nur über eine Schutztür verfügen, kann diese Anforderung erfüllt werden, wenn die Schutztüre zwangsläufig offen gehalten wird oder in anderer Weise unter der positiven Kontrolle aller Personen steht, die die Zelle betreten haben.

5.10.5 Schutzeinrichtungen zur Anwesenheitserkennung (PSD)

5.10.5.1 Allgemeines

Schutzeinrichtungen zur Anwesenheitserkennung (PSD) wie sie in dieser Spezifikation beschrieben sind, werden typischerweise ausgewählt, wenn der Maschinenbetrieb häufigen Zugang, Zusammenwirken von Personen mit der Maschine, gute Einsehbarkeit von Maschine oder Prozess erfordert, oder wenn es aus ergonomischen Gründen nicht möglich ist, feststehende trennende Schutzeinrichtungen vorzusehen. Bestimmte charakteristische Maschineneigenschaften einzelner Maschinen (Roboter) können jedoch die Anwendung von Schutzeinrichtungen zur Anwesenheitserkennung als alleinige Schutzmaßnahme ausschließen. Beispiele für solche charakteristische Maschineneigenschaften sind:

- a) Möglichkeit, dass die Maschinen Material, Späne oder Bauteile herausschleudern;
- b) Verletzungsrisiko aufgrund thermischer oder anderer Strahlung;
- c) unzumutbarer Lärmpegel;
- d) Umgebung, die möglicherweise der Funktion der Schutzeinrichtungen entgegenwirkt (siehe 4.3); und
- e) Material, welches be- oder verarbeitet wird, das die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen beeinflusst.

Wenn derartige Situationen bestehen, können zusätzliche oder andere Schutzmaßnahmen erforderlich sein.

Druckempfindliche Schutzausrüstungen (PSPE) wie Schaltmatten, Schaltleisten, Schalterpuffer, usw. müssen den Anforderungen von ISO 13856 und ISO 10218-1:2006 entsprechen und mindestens die Anforderungen von 5.2.2 erfüllen.

Für weitere Hinweise bezüglich der Anwendung von Schutzeinrichtungen zur Anwesenheitserkennung, siehe Anhang I.

5.10.5.2 Schutzeinrichtung zur Anwesenheitserkennung zur Anzeige eines Sicherheitshalts

Wird die sensitive Schutzeinrichtung zur Anzeige eines Sicherheitshalts verwendet, muss sie in ausreichendem Abstand zu speziellen Maschinengefährdungen angeordnet sein, um sicherzustellen, dass die Maschine anhalten oder anderweitig einen sicheren Zustand einnehmen kann, bevor eine sich nähernde Person den Gefährdungsbereich mit einem Körperteil erreichen kann.

Die sensitive Schutzeinrichtung muss sicher eingebaut und so platziert sein, dass der Bediener nicht über den Erkennungsbereich, darunter hindurch, um ihn herum oder durch ihn reichen kann und die Gefährdung so erreichen kann. Folgende Funktionen müssen vorgesehen werden.

- a) Es muss ein Sicherheitshalt gemeldet werden, wenn die sensitive Schutzeinrichtung ein Eindringen erkennt, während die gefährdenden Funktionen aktiv sind;
- b) Die gefährdenden Funktionen, die von der sensitiven Schutzeinrichtung erkannt werden, dürfen keine gefährdende Bewegung oder Situation ausführen bis die sensitive Schutzeinrichtung zurückgestellt ist;

- c) Ist die sensitive Einrichtung zurückgestellt können die gefährdenden Funktionen, die von der sensitiven Schutzeinrichtung erkannt werden, ablaufen, die Rückstellung der sensitiven Einrichtung allein darf jedoch nicht deren Betrieb auslösen.

Die sensitive Schutzeinrichtung muss in einem ausreichenden Sicherheitsabstand von jeder Gefährdung angeordnet sein, um sicherzustellen, dass die Gefährdung beseitigt wurde oder anderweitig ein sicherer Zustand erreicht wurde, bevor ein Bediener mit einem Körperteil die Gefährdung(en) erreichen kann.

ANMERKUNG 1 Gefährdungen können an verschiedenen Orten existent sein. Der Sicherheitsabstand muss sicherstellen, dass alle Gefährdungen abgedeckt sind.

Die Formeln in ISO 13855 müssen angewendet werden, um den Sicherheitsabstand der sensitiven Schutzeinrichtung für alle Zugangsrichtungen festzulegen. Zur Berechnung der Sicherheitsabstände, muss die maximale Reichweite der beweglichen Teile in Zugangsrichtung herangezogen werden (dieses kann die Grenze des eingeschränkten Raumes sein, da der Roboterarm in sicherer Technik gesteuert sein kann, so dass er nicht die maximale Reichweite erreichen kann).

Kann sich der Bediener vollständig oder teilweise, im durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raum befinden, müssen zusätzliche Maßnahmen getroffen werden, um das Auftreten von Gefährdungssituationen zu vermeiden, wie z. B. unerwarteter Anlauf. Diese Maßnahmen können z. B. umfassen:

- Vorsehen einer Wiederanlaufverriegelung;
- Schutzeinrichtung zur Anwesenheitserkennung (z. B. berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen (BWS) oder Sicherheitsschaltmatten).

ANMERKUNG 2 Werden Schutzeinrichtungen zur Anwesenheitserkennung verwendet, sollte darauf geachtet werden, dass Bediener den Gefährdungsbereich nicht umgehen können, z. B. durch Hineinsteigen in die Maschinen.

Ist es möglich, dass ein Bediener aus der Position der Rückstellungssteuerung nicht erkannt wird, müssen ergänzende Maßnahmen getroffen werden, um die Rückstellung der Wiederanlaufverriegelung zu verhindern (z. B. zeitlich begrenzte zusätzliche Rückstellungssteuerung innerhalb des durch Schutzeinrichtungen eingegrenzten Raums). Die Rückstellung der Wiederanlaufverriegelung muss durch eine bewusste Handlung ausgeführt werden, z. B. Betätigen eines manuellen Betätigungsorgans.

5.10.5.3 Sensitive Schutzeinrichtung zur Anwesenheitserkennung zur Verhinderung des Starts

Wird die sensitive Schutzeinrichtung nur für eine Funktion zur Anwesenheitserkennung verwendet (d. h. sie erfasst ständig die Anwesenheit einer Person oder einen Teil einer Person in ihrem Detektionsbereich), muss sie, falls erforderlich, in Verbindung mit anderen Schutzmaßnahmen verwendet werden (z. B. verriegelte trennende Schutzeinrichtungen), um sicherzustellen, dass die Maschine(n) in einem nicht-gefährdenden Zustand ist (sind), bevor Gefährdungen erreicht werden können.

Der Detektionsbereich von Schutzeinrichtungen zur Anwesenheitserkennung muss so angeordnet und konfiguriert sein, dass eine Person oder Teil einer Person im gesamten Detektionsbereich erkannt wird. Falls notwendig, müssen ergänzende Maßnahmen getroffen werden, um sicherzustellen, dass der Detektionsbereich nicht umgangen werden kann, z. B. durch Bediener, die zwischen dem Detektionsbereich und dem Gefährdungsbereich verbleiben oder durch Übergreifen über den Detektionsbereich in den Gefährdungsbereich. Beispiele für Maßnahmen, die den Verbleib von Personen zwischen dem Detektionsbereich und dem Gefährdungsbereich verhindern, sind:

- Verwendung geneigter Oberflächen, um den Aufenthalt auf Maschinenrahmen/Füßen zu verhindern; und
- die Innenseiten von Umzäunungen sind von hervorstehende Teilen zu befreien, die als Steigmöglichkeit verwendet werden können.

5.10.6 Technische Schutzmaßnahmen an manuellen Be-, Entlade- und Förderstationen

5.10.6.1 Manuelle Zuführ- oder Förderstationen

Zusätzlich zu den Anforderungen in 5.10, müssen folgende Anforderungen gelten:

Es müssen Maßnahmen vorgesehen werden, die sicherstellen, dass Bediener keinen weiteren Gefährdungen ausgesetzt sind, aufgrund des Betriebs manueller Materialförderstationen (zum Beispiel Gefährdungen durch Quetschen, Scheren, Erfassen).

Es müssen Maßnahmen getroffen werden, die:

- a) Verhindern, dass kein Teil des Robotersystems in einen Arbeitsbereich dringt, der von einem Bediener besetzt ist
 - 1) entweder muss der Zugang des Bedieners zum Arbeitsbereich aller Teile des Robotersystems verhindert sein und alle Gefährdungen müssen einen sicheren Zustand eingenommen haben, bevor der Bediener diese erreichen kann, oder
 - 2) es muss verhindert sein, dass sich der Bediener Gefährdungen innerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums nähern kann oder Gefährdungen innerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums müssen einen sicheren Zustand eingenommen haben, bevor sie erreicht werden können;
- b) Verhindern, dass der Bediener Gefährdungen ausgesetzt ist, die vom Inneren des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums ausgehen. Zum Beispiel Roboterbewegung, herausgeschleuderte Teile, Schweißfunken, usw.;
- c) Sicherstellen, dass dort, wo ein Robotersystem und ein Bediener Zugang zum gleichen Arbeitsbereich haben, dieser nicht zur gleichen Zeit von beiden besetzt werden kann, mit Ausnahme des kollaborierenden Betriebs, wie in 5.11 dargelegt; und
- d) Bedienstände mit Schutzeinrichtungen schützen. Technische Schutzmaßnahmen müssen der Art des Zusammenwirkens zwischen Bediener und Robotersystem entsprechen.

5.10.6.2 Nicht betretbare Stationen ohne gemeinsamen Raum für Bediener und Roboter (Stationen mit Dreh- oder Zuführtischen)

Bei dieser Art von Station führt der Bediener ein Werkstück einem Drehtisch oder ähnlicher Hilfseinrichtung zu (oder entnimmt oder handhabt es) (z. B. Schiebetisch oder Zuführtisch) für nachfolgendes automatisches Beladen (oder Entladen) des Robotersystems. Dies ermöglicht sichere Be- und Entladevorgänge ohne Unterbrechung des Arbeitsprozesses. Die Schutzeinrichtung muss alle Gefährdungen vermeiden, die von diesem Punkt aus erreichbar sind.

Der vertikale Zwischenraum zwischen feststehenden Elementen (Maschinenteilen, trennenden Schutzeinrichtungen, usw.) und dem Drehtisch oder der ähnlichen Hilfseinrichtung zum Beladen, einschließlich zusätzlicher Schutzmaßnahmen darf maximal 180 mm betragen, um den Zugang hierzu zu vermeiden. Kann diese Schutzeinrichtung betreten werden, muss der Eingangsbereich mit Schutzeinrichtungen versehen werden, die mit denen für die Umzäunung vergleichbar sind.

ANMERKUNG Siehe ISO 13857, 4.3.

Der maximale Abstand zwischen Boden und Zuführtisch, rotierendem Gerät oder ähnlichem muss 200 mm betragen. Ist dies aus Konstruktionsgründen nicht möglich, müssen zusätzliche Maßnahmen, wie oben genannt, angewendet werden.

5.10.6.3 Nicht betretbare Stationen mit gemeinsamen Raum für Bediener und Roboter

Bei diesen Stationen handhabt der Bediener ein Werkstück im gleichen Bereich aber zu einem anderen Zeitpunkt als der Roboter. Dies erlaubt die Fortführung des Prozesses während das System be- und entladen wird. Diese Stationen erfordern zwei unterschiedliche Schutzmaßnahmen. Die primäre Schutzeinrichtung muss alle Gefährdungen im umgebenden Bereich steuern. Die sekundäre Schutzmaßnahme muss den Durchgang zu einem ungeschützten Bereich des Robotersystems verhindern.

Die primäre Schutzeinrichtung wird automatisch aktiviert, wenn der Roboter in den gemeinsamen Raum eindringt und automatisch deaktiviert, wenn der Roboter den gemeinsamen Raum wieder verlässt. Die erforderlichen verriegelten Sicherheitssteuerungen müssen den Anforderungen von 5.2.2 entsprechen.

Folgendes gilt für die primären Schutzeinrichtungen:

- Wird eine verriegelte bewegliche trennende Schutzeinrichtung verwendet, muss diese die Anforderungen von 5.10.4 und 5.10.4.2 erfüllen;
- Wird eine mechanisch verriegelte bewegliche trennende Schutzeinrichtung verwendet, muss diese die Anforderungen von 5.10.4 und 5.10.4.3 erfüllen;
- Werden Schutzeinrichtungen zur Anwesenheitserkennung oder berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen verwendet, müssen diese die Anforderungen von 5.10.5 erfüllen.

Folgendes gilt für die sekundären Schutzeinrichtungen:

- Wird der manuelle Zuführbereich von Bediener und Roboter gemeinsam genutzt, kann eine Werkstückauflage oder ähnliche Einrichtung mit einer Mindesthöhe von 1 m und entsprechender Tiefe oder eine vergleichbare Konstruktion vorgesehen werden. Diese kann als nicht leicht übersteigbarer Zugangsschutz ausreichend sein,
- Falls dies aus ergonomischen oder technischen Gründen nicht möglich ist, sind zusätzliche Maßnahmen in Übereinstimmung mit der Gefährdungsanalyse erforderlich. Diese Maßnahmen sollten zusätzliche nicht trennende Schutzmaßnahmen sein, z. B. BWS, Schalmatten, flexible Vorhänge, Verbotsschilder, usw.; deren Auswahl muss nach 4.5 erfolgen;
- Der vertikale Zwischenraum zwischen feststehender trennender Schutzeinrichtung und der Werkstückauflage oder ähnlichem, einschließlich zusätzlicher Schutzmaßnahmen darf maximal 180 mm betragen, um den Zugang zu verhindern. Kann diese Schutzmaßnahme betreten werden, muss der Eingangsbereich mit Schutzeinrichtungen versehen werden, die mit denen für die Umzäunung vergleichbar sind;

ANMERKUNG Siehe ISO 13857, 4.3.

- Die Abmessung zwischen Boden und Zuführtisch, rotierendem Gerät oder ähnlichem darf maximal 200 mm betragen. Ist dies aus Konstruktionsgründen nicht möglich, müssen zusätzliche Maßnahmen, wie oben genannt, angewendet werden.

5.10.6.4 Betretbare Stationen mit gemeinsamen Raum für Bediener und Roboter

Bei diesen Stationen handhabt der Bediener ein Werkstück im gleichen Bereich wie der Roboter. Dies unterbindet die Fortführung des Prozesses während des Be- und Entladens des Systems. Die Schutzeinrichtung gibt ein Stoppbefehl aus, wenn der Bediener den durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raum betritt.

Folgendes gilt für diese Schutzeinrichtung:

- Wird eine verriegelte bewegliche trennende Schutzeinrichtung verwendet, muss diese die Anforderungen von 5.10.4 und 5.10.4.2 erfüllen;
- Wird eine mechanisch verriegelte bewegliche trennende Schutzeinrichtung verwendet, muss diese die Anforderungen von 5.10.4 und 5.10.4.3 erfüllen;
- Werden Schutzeinrichtungen zur Anwesenheitserkennung oder berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen verwendet, müssen diese die Anforderungen von 5.10.5 erfüllen.

5.10.7 Feststehende trennende Schutzeinrichtungen an fördertechnischen Einrichtungen

An den Schnittstellen zu fördertechnischen Einrichtungen, müssen Durchgangsmöglichkeiten verhindert sein. Ist dies aufgrund der Konstruktionsart nicht möglich, müssen weitere Maßnahmen angewendet werden. (Siehe Anhang D).

Bewegen sich fördertechnische Einrichtungen in den und aus dem durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raum, müssen Maßnahmen getroffen werden, die das Eintreten von Personen verhindern. Die Öffnung muss so bemessen werden, dass sie lediglich das Material durchlässt, unter besonderer Berücksichtigung möglicher Quetschgefährdungen. Ist die Öffnung größer als die in ISO 13857 für den Zugang mit dem ganzen Körper, müssen Maßnahmen getroffen werden, um das Eindringen von Personen zu erkennen und ein Signal für das Stillsetzen der Gefährdung auszulösen.

Erreicht eine fördertechnische Einrichtung eine Höhe von $\geq 1\,400$ mm, muss ein Schutz vorgesehen werden gegen das Erreichen von Gefährdungen durch das Hineinstrecken des Arms in die Zelle, nach den Sicherheitsabständen nach ISO 13857.

5.10.8 Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen (BWS) an fördertechnischen Einrichtungen

Wo fördertechnische Einrichtungen in den durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raum gelangen und diesen verlassen und wo die Öffnungen größer sind als die in ISO 13857 angegebenen Abmessungen für den Zugang mit dem ganzen Körper, müssen Maßnahmen getroffen werden um den Zutritt von Personen zu erkennen und ein Signal zu erzeugen zum Stillsetzen der Gefährdung.

Die Öffnung in der Schutzeinrichtung muss so geschützt sein, dass das Material in das Robotersystem gelangen kann ohne dessen Stillsetzen zu bewirken; das Robotersystem jedoch anhält, wenn eine Person den durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raum betritt. Dies kann z. B. erreicht werden durch berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen, die über eine der folgenden Funktionen verfügen:

- Eine Mutingfunktion, die zeitweise die BWS außer Kraft setzt und so den Materialfluss zulässt (Eingang/Ausgang). In diesem Fall muss das Material die Öffnung in der Schutzeinrichtung versperren. Die Mutingfunktion muss die Anforderungen nach Abschnitt 5.10.12 und ISO 13849-1 erfüllen.
- Eine Blankingfunktion, die es der BWS ermöglicht, zwischen dem Durchgang von Material und Personen zu unterscheiden. In diesem Fall muss der vom Hersteller angegebene Sicherheitsabstand der BWS eingehalten werden. Siehe Anhang I.

Das funktionelle Sicherheitsniveau für die Muting- und Blankingfunktionen muss mindestens dem gleichen Niveau entsprechen wie das für die funktionelle Sicherheit, das in der Risikobeurteilung für die BWS festgelegt wurde.

5.10.9 Technische Schutzmaßnahmen für Wartungszugänge

Ist der Zugang zum geschützten Bereich für Wartungs- oder Reparaturaufgaben erforderlich, müssen die Zugangspunkte durch nicht trennende Schutzeinrichtungen geschützt sein. Zu diesem Zweck können bewegliche trennende Schutzeinrichtungen oder Schutzeinrichtungen zur Anwesenheitserkennung angewendet werden. Aufgrund des im Allgemeinen nicht zyklischen Zugangsbedarfs, werden bewegliche trennende Schutzeinrichtungen bevorzugt.

Der Abstand zwischen Boden und Arbeitsplattform und beweglicher trennender Schutzeinrichtungen darf 200 mm nicht überschreiten. Die Höhe der Umzäunung richtet sich nach der Gefährdungsanalyse und der Risikobeurteilung und muss mindestens 1400 mm von angrenzenden Standflächen oder Laufwegen entfernt sein.

Bewegliche trennende Schutzeinrichtungen zum Schutz von Wartungszugängen dürfen keinen Startbefehl auslösen, wenn sie ihre Schutzposition einnehmen. Ist der horizontal freie Bereich größer als 150 mm (gemessen in einer Höhe von 1 m) ist es möglich, den Bereich hinter der beweglichen trennenden Schutzeinrichtung zu betreten. Bei der Verwendung von hintertretbaren beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen, die hintertretbar sind, müssen zusätzliche Maßnahmen angewendet werden, um einen Wiederanlauf durch deren Verwendung zu verhindern:

- eine Verriegelung des Wiederanlaufs (Rückstellung). Die Rückstelltaster müssen nach 5.3.3 ausgeführt sein; und/oder
- Bereichssicherung vor unbeabsichtigtem Aufenthalt unter Anwendung zusätzlicher Maßnahmen wie Schutzeinrichtungen, automatische Tag-out Systeme, usw.

Als Schutzeinrichtungen können z. B. BWS oder Schaltmatten dienen. Diese Einrichtungen dienen als Anforderung für den Start und müssen sicherstellen, dass sich keine Personen im hintertretbaren Bereich aufhalten. Sie müssen 5.2.2 erfüllen. Die Rückstelltaster müssen 5.3.3 entsprechen.

Erfüllt die Verriegelung der beweglichen trennenden Schutzeinrichtung die festgelegten Steuerungsanforderungen und wird eine Wiederanlaufverriegelung verwendet, muss die zusätzliche Schutzeinrichtung zur Anwesenheitserkennung die Anforderungen von Typ 2 der IEC 61496 erfüllen.

5.10.10 Technische Schutzmaßnahmen für mehrere angrenzende Roboterzellen

Besteht ein Industrierobotersystem aus mehreren Bereichen oder Zellen, sollte ein ungehinderter Durchgang von einem Bereich zum anderen verhindert sein. Werden feststehende trennende Einrichtungen verwendet, ist die erforderliche Höhe abhängig vom nächsten Gefährdungsbereich im nächsten Bereich und muss mindestens 1 m betragen und der Abstand zwischen Boden und feststehender trennender Schutzeinrichtung darf nicht größer als 200 mm sein. Kann diese Anforderung aufgrund der Konstruktionsart nicht erfüllt werden, müssen weitere Maßnahmen zur Anwendung kommen, z. B.

- BWS;
- Schaltmatten;
- simultanes Abschalten angrenzender Bereiche;
- optische Erkennung von Bereichsbegrenzungen;
- Signalisierung des Durchgangsverbots.

Die Auswahl der geeigneten Maßnahmen muss nach Abschnitt 4.5 erfolgen. Werden Schutzeinrichtungen zur Anwesenheitserkennung verwendet, sind Sicherheitsabstände nicht erforderlich, aber empfehlenswert. Das funktionelle Sicherheitsniveau für die Muting- und Blankingfunktionen muss mindestens dem gleichen Niveau entsprechen wie das für die funktionelle Sicherheit, das in der Risikobeurteilung für die BWS festgelegt wurde.

5.10.11 Technische Schutzmaßnahmen an Werkzeugwechselsystemen

Endeffektoren müssen so konstruiert und gebaut sein, dass der Verlust oder eine Änderung in der elektrischen, hydraulischen, pneumatischen oder Vakuumenergie nicht zu einer Gefährdung führt. Ist dies nicht möglich, müssen konstruktiv andere Maßnahmen zum Schutz gegen Gefährdungen getroffen werden.

Bei Verwendung eines Werkzeugwechselsystems, muss dieses so sicher sein, dass eine Fehlanwendung nicht zu einer Gefährdungssituation führt. Der Werkzeugwechsel darf nur in der Werkzeugwechselposition möglich sein (z. B. Hard- oder Software gesteuerte Lösung mit entsprechender Plausibilitätsprüfung).

Das Werkzeugwechselsystem muss gemäß der zu erwartenden statischen und dynamischen Anforderungen ausgewählt werden (z. B. Stillsetzen im Notfall, Energieverlust).

ANMERKUNG Ein Energieverlust darf nicht zu einer Gefährdung führen.

5.10.12 Muting

Muting ist die zeitlich begrenzte automatisch gesteuerte Deaktivierung der Funktion einer Schutzeinrichtung während eines Zyklusabschnitts des Roboters, oder des Robotersystems, die aufgrund bestimmter Umstände, die diese zeitweise Deaktivierung ermöglichen, möglich ist (z. B. Hinderung beim Zugang zum Gefährdungsbereich durch zugeführtes Material). Muting kann in Verbindung mit jeder Schutzeinrichtung angewendet werden, die einen Sicherheitshalt elektrisch signalisiert. (Siehe Anhang E.)

Muting ist zulässig, wenn:

- a) Personen keiner Gefährdung ausgesetzt sind;
- b) die Gefährdung nicht erreicht werden kann ohne dass ein Stoppsignal ausgelöst wird;

ANMERKUNG 1 Schranken oder Hindernisse können den Zugang verhindern.

- c) das Mutingsystem ist in Übereinstimmung mit den Leistungskriterien der Sicherheitsschaltkreise konstruiert und eingebaut, die in der Risikobeurteilung für die zu umgehende ...Einrichtung gefordert werden. Im Fehlerfall, muss ein nachfolgendes Muting verhindert sein, bis der Fehler behoben ist;
- d) bei Robotersystemen mit Bedienerschnittstellen, wird die Anwesenheit im durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raum, in dem das Muting erfolgt, ständig erfasst.

Muting darf nur dann vorgesehen werden, wenn es für den an der Maschine durchzuführenden Prozess notwendig ist. Es muss sichergestellt sein, dass eine Person nicht unentdeckt im Gefährdungsbereich bleiben kann, wenn das Muting abgeschlossen ist.

Abhängig von der Risikobeurteilung, kann eine Anzeige erforderlich sein, die anzeigt, wann die Mutingfunktion aktiv ist. Diese Anzeige warnt davor, dass die normale Schutzfunktion aufgehoben ist.

Die Mutingfunktion muss automatisch eingeleitet und beendet werden. Dies wird durch die Anwendung entsprechend ausgewählter und angeordneter Signalgeber erreicht oder, in einigen Fällen, durch Signale der sicherheitsbezogenen Steuerungen. Fehlerhafte Signale, Ablauffolgen oder fehlerhaftes Takten der Mutingsignalgeber oder -signale dürfen keine Mutingbedingung ermöglichen (siehe IEC 61496-1, Anhang A)

Der Schaltkreis, der die Mutingfunktion ausführt, muss ein entsprechendes Leistungsvermögen haben. Dieses Leistungsvermögen darf sich nicht nachteilig auf das Leistungsvermögen der Schutzfunktion auswirken.

Weitere Hinweise, siehe IEC/TS 62046.

ANMERKUNG 2 Das kontinuierliche Erkennen ist typischerweise für Beladestationen gedacht, bei denen Personen einen durch eine Schutzeinrichtung gesicherten Bereich betreten, in dem die Mutingfunktion aktiviert ist, und den Bereich vor dem nächsten Arbeitszyklus verlassen. Wird die Mutingfunktion benutzt, um die automatische Zuführung von Teilen zu ermöglichen, sind alternative Maßnahmen erforderlich, um das Eindringen von Personen zu erkennen. Diese müssen vorsätzliche Handlungen zum unerkannten Eindringen, wie das Mitfahren in einer Autokarosserie, nicht erkennen.

5.10.13 Deaktivierung von Schutzeinrichtungen

Das Umgehen bezieht sich auf die manuelle Unterbrechung der normalen Funktion einer Schutzeinrichtung, die einen Stopp durch eingebaute Steuerungen oder durch zeitweilige Einrichtungen anzeigt oder verursacht.

- a) Umgehen in automatischer Betriebsart – Das Robotersystem darf nicht im Automatikbetrieb mit aufgehobenen Schutzeinrichtungen betrieben werden, sofern keine alternativen Schutzeinrichtungen vorgesehen sind, die einen gleichwertigen Schutz vor Gefährdungen bieten.
- b) Umgehen für Wartungszwecke – Ist eine Einrichtung zum Umgehen von Schutzeinrichtungen für Wartungszwecke vorgesehen, muss Folgendes erfüllt sein:
 - 1) bei eingebauten Steuerungen für Umgehungs Zwecke darf es nicht möglich sein, den Automatikbetrieb bei aktivierter Umgehungs Funktion wieder fortzusetzen.
 - 2) die Vorrichtung zum Umgehen muss in guter Sichtweite der zu umgehenden Einrichtung angeordnet sein.
 - 3) die Steuerung zum Umgehen muss entsprechend der Leistungsfähigkeit der Schaltkreise der zu umgehenden Einrichtung konstruiert und eingebaut sein.
 - 4) Es muss eine optische Anzeige vorgesehen werden, die erkennen lässt, dass Schutzeinrichtungen umgangen werden, an der Steuerung für das Umgehen, am Wartungseingang der Zelle und den betroffenen Bedienstationen, falls vorhanden.
- c) Umgehen für Teachzwecke – Wird eine Steuerung zum Umgehen von Schutzeinrichtungen für das Teachen vorgesehen, müssen folgende Anforderungen erfüllt sein:
 - 1) es darf nicht möglich sein, den Automatikbetrieb bei aktivierter Umgehungs Funktion wieder fortzusetzen.
 - 2) Der Bediener, der das Teachen durchführt, muss im Bezug auf das Umgehen der jeweiligen Schutzeinrichtungen umfassend geschult sein.
 - 3) Die Steuerung zum Umgehen muss entsprechend der Leistungsfähigkeit der Schaltkreise der zu umgehenden Einrichtung konstruiert und eingebaut sein.
 - 4) Es muss eine optische Anzeige vorgesehen werden, die erkennen lässt, dass Schutzeinrichtungen umgangen werden, an der Steuerung für das Umgehen, am Wartungseingang der Zelle und den betroffenen Bedienstationen, falls vorhanden.
- d) Haltefunktion – In der Betriebsart manuell reduzierte Geschwindigkeit ist ein Umgehen im eingeschränkten Raum zulässig, vorausgesetzt, dass andere Anforderungen nach 5.6.4 Manuelle Betriebsart erfüllt sind.

5.11 Kollaborierende Roboter

5.11.1 Allgemeines

Das Zusammenwirken von Mensch und Roboter ermöglicht eine große Anwendungsvielfalt und unterstützt den Bediener bei der Verbesserung des Arbeitsablaufs. Optionale Eigenschaften, mit der Roboter ausgestattet werden können und die Teil 1 dieser Norm entsprechen, können bei der Konstruktion einer Roboterzelle herangezogen werden. Somit kann der herkömmliche manuelle Betrieb in einen Betrieb umgewandelt werden, der ergonomischer gestaltet und sicherer ist, durch direkt gesteuertes Zusammenwirken mit dem Roboter im Automatikbetrieb. Diese Vielzahl an Anwendungsmöglichkeiten erfordert, dass die folgenden Anforderungen vollständig erfüllt sind. Der Hersteller/Integrator muss diese Anforderungen bewerten und bei der Konstruktion berücksichtigen und signifikante Gefährdungen wie in 5.11 beschrieben, identifizieren (siehe Anhang H für Anwendungsbeispiele).

5.11.2 Allgemeine Anforderungen

Für den kollaborierenden Betrieb muss der Roboter die Anforderungen von Abschnitt 5.10 in ISO 10218-1:2006 erfüllen. Übereinstimmung mit den Anforderungen nach Abschnitt 5.2.2 ist mindestens erforderlich für die Bereichsüberwachung und andere sicherheitsrelevante Einrichtungen – oder wie in der Risikobeurteilung festgelegt. Die Risikobeurteilung muss für den kollaborierenden Betrieb mindestens folgendes berücksichtigen (siehe auch Anhang A für signifikante Gefährdungen):

- a) Anordnung, Umgebung des Robotersystems;
- b) Montage des Roboterarms (Arbeiten unter dem Roboter vermeiden);
- c) Robotertyp (Last, Geschwindigkeit, Kraft, Energie) und Anwendung;
- d) Anforderungen an Endeffektoren (EOAT) (ergonomische Gestaltung, scharfe Kanten, Arbeiten mit Werkzeugwechsler);
- e) Prozessspezifische Gefährdungen (Temperatur, Schweißfunken);
- f) Notwendige persönliche Schutzausrüstung für die entsprechende Anwendung (Schutzschuhe, -handschuhe, -anzug, -helm) (z. B. Arbeiten in Gießerei);
- g) Konstruktion und Montage von Bedienstationen (Erreichbarkeit, Ergonomie...).

5.11.3 Anforderungen an Bedienbereiche und durch technische Schutzmaßnahmen geschützte Bereiche

Der kollaborierende Arbeitsraum und die geschützten Bereiche müssen klar festgelegt und erkennbar sein (z. B. Kennzeichnung am Boden, Benutzerinformation).

Die Bedienbereiche sind:

Durch Schutzeinrichtungen abgegrenzter Raum (Automatikbetrieb)

Üblicher Arbeitsvorgang: Das Robotersystem arbeitet im normalen Prozessfluss mit einprogrammierter Prozessgeschwindigkeit. Personen/Bediener sind durch Schutzeinrichtungen geschützt. Keine Personen dürfen sich in diesem Bereich während des Automatikbetriebs aufhalten. Gefährdende Maschinenbewegungen stoppen, wenn dieser Bereich betreten wird. (Siehe 5.10.10.)

Kollaborationsraum

Wenn die Systemkonstruktion in Verbindung mit anderen Maßnahmen (ISO 10218-1:2006, 5.10.1 – 5.10.5) zum Beispiel manuell reduzierte Geschwindigkeit (mindestens nach den Anforderungen nach Abschnitt 5.2.2, sofern die Risikobeurteilung nicht ergibt, dass andere Leistungskriterien angebracht sind) trotzdem eine potentielle Gefährdung für Personen im Kollaborationsraum darstellt, sind andere Schutzmaßnahmen erforderlich.

Das den Bediener oder die Person erkennende System muss die Anwendung mit dem kollaborierenden System vollständig steuern.

Wenn mehr als eine Person (Bediener) am kollaborierenden Betrieb mit Roboterbewegung beteiligt ist, muss jede Person über individuelle Steuerungen verfügen, die alle Gefährdungen und gefährdenden Bewegungen nach 5.2.2 anhält.

Bei Anzeige einer Gefährdung, muss der Bediener oder die Schutzausrüstung (Person auf Schaltmatte, Erkennen mit Sicherheitslaserscanner, Sicherheitserkennungssystem nach 5.2.2) alle Maschinenbewegungen im Kollaborationsraum anhalten. Die Stoppfunktion muss die Anforderungen von Abschnitt 5.5 von ISO 10218-1:2006 erfüllen.

Der Kollaborationsraum kann variabel sein. (z. B. Schutzeinrichtung zur Anwesenheitserkennung "folgt").

5.11.4 Wechsel vom Automatikbetrieb zum kollaborierenden Betrieb und zurück (kein Wechsel der Betriebsart)

Der Übergangspunkt ist ein besonders kritischer Teil der kollaborierenden Anwendung. An diesem Punkt erfolgt der Wechsel vom autonomen Automatikbetrieb zum kollaborierenden Betrieb. Dieser Übergang muss so gestaltet sein, dass der Roboter beim Wechsel vom autonomen Automatikbetrieb zum kollaborierenden Betrieb und wieder zurück zum autonomen Betrieb keine Personen gefährden kann. Es dürfen z. B. keine Quetsch- oder Scherstellen vorhanden sein, die der Bediener erreichen kann (ISO 13854).

Die technischen Schutzmaßnahmen müssen den Anforderungen von 5.8 entsprechen.

5.11.5 Betrieb im Kollaborationsraum

5.11.5.1 Roboter stoppt im Kollaborationsraum, Bediener ist aktiv

Hält sich keine Person im Kollaborationsraum auf, arbeitet der Roboter im Automatikbetrieb sein Programm ab. Betritt eine Person den Kollaborationsraum, wird der Roboter von einer Steuerung angehalten, die mindestens die Anforderungen von Abschnitt 5.2.2 erfüllt, sofern die Risikobeurteilung nicht ergibt, dass andere Leistungskriterien angebracht sind. Hält sich keine Person mehr im Kollaborationsraum auf, fährt der Roboter mit seinem Programm mit der programmierten Geschwindigkeit fort.

5.11.5.2 Roboter wird vom Bediener geführt (z. B. Kraftsensoren)

BEISPIEL Halbautomatische Montage (Roboter bewegt sich nie selbstständig im Kollaborationsraum)

Der Roboter nimmt sich selbstständig ein Werkstück und bewegt sich automatisch zu der festgelegten Übergabeposition im Automatikbetrieb. Der Bediener "greift" die Führungseinrichtung des Roboters und bewegt den Roboter zur Zielposition. Der Bediener muss diesen Bereich einsehen können. Wird die Führungseinrichtung nicht benutzt, steht der Roboter in sicherem Zustand still. Der Bediener führt den Roboter zurück zum selbstständigen Bewegungsbereich. Nach Loslassen der Führungseinrichtung nimmt sich der Roboter automatisch das nächste Werkstück. Bei mehreren Bedienern muss jeder über eine Einrichtung zu Stillsetzen von gefährdenden Bewegungen verfügen.

5.11.5.3 Roboter bewegt sich automatisch – Bediener ist nicht im Gefährdungsbereich

BEISPIEL Roboter bewegt sich halbautomatisch im Kollaborationsbereich.

Der Roboter nimmt sich automatisch ein Werkstück außerhalb des Kollaborationsraums. Ist klar erkennbar, dass sich keine Person im Kollaborationsraum aufhält, kann der Roboter sich selbstständig nach Programm bewegen. Die automatisch angetriebene Geschwindigkeit und die Personenerkennung (Sicherheitsabstand) muss koordiniert werden.

5.11.5.4 Roboter bewegt sich selbstständig mit reduzierter Geschwindigkeit. Bediener aktiv

Befindet sich keine Person im Kollaborationsraum, fährt der Roboter im Automatikbetrieb fort. Betritt eine Person den Kollaborationsraum, fährt der Roboter mit seinem automatischen Betrieb mit reduzierter Geschwindigkeit fort (Risikoanalyse). Hält sich keine Person mehr im Kollaborationsraum auf, fährt der Roboter mit seinem Programm mit der programmierten Geschwindigkeit fort.

In diesem Fall dürfen keine Scher- oder Quetschstellen im Kollaborationsraum vorhanden sein. Quetschgefährdungen im Robotersystem müssen mit Hilfe von Anschlägen, sicherer Bereichsüberwachung oder Kraftbegrenzung verhindert sein.

5.11.5.5 Roboter bewegt sich selbstständig (> 250 mm/s) – Bediener aktiv

Befindet sich keine Person im Kollaborationsraum, fährt der Roboter im Automatikbetrieb fort. Betritt eine Person den Kollaborationsraum hält der Roboter stets einen Sicherheitsabstand zu der Person. Der Roboter koordiniert seine Geschwindigkeit oder den Abstand so, dass er anhalten und nicht mit der Person kollidieren kann.

Wird der Sicherheitsabstand nicht eingehalten, hält der Roboter an. Wird der Abstand wiederhergestellt, fährt der Roboter fort. Hält sich keine Person mehr im Kollaborationsraum auf, fährt der Roboter mit seinem Programm mit der programmierten Geschwindigkeit fort.

Personen, die im gemeinsamen Arbeitsraum arbeiten, müssen in der sicheren Systemanwendung unterwiesen werden.

5.11.6 Roboter ist mit anderen Maschinen oder anderen Robotern verbunden

Ein kollaborierender Betrieb ist lediglich im Hinblick auf die Zusammenarbeit zwischen Robotern und Personen definiert. Befinden sich andere Maschinen, die an den Roboter angeschlossen oder an ihm angebracht sind im Kollaborationsraum selbst und stellen diese eine potentielle Gefährdung dar, müssen diese Maschinen mindestens den Anforderungen nach Abschnitt 5.2.2 entsprechen, sofern die Risikobeurteilung nicht ergibt, dass andere Leistungskriterien angebracht sind.

5.11.7 Technische Schutzmaßnahmen an der Zelle

Die technischen Schutzmaßnahmen müssen so konstruiert sein, dass sie eine Person erkennen oder deren weitere Annäherung über den Kollaborationsraum hinaus in den durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raum verhindern, in welchem zusätzliche Gefährdungen vorhanden sein können.

5.12 Inbetriebnahme von Robotern und Robotersystemen

5.12.1 Allgemeines

Personen müssen vor identifizierten Gefährdungen während aller Phasen der Lebensdauer eines Roboters und Robotersystems geschützt sein und nicht nur während des Produktionsbetriebes. Spezielle Verfahren für technische Schutzmaßnahmen müssen vorgesehen werden während der Inbetriebnahme (Einrichten, Aufbau, Einbau, Prüfungen, Verifizierung) von Robotern und Robotersystemen. Diese Verfahren können auch für Roboter und Robotersysteme gelten nach signifikanten Änderungen in der Soft- und Hardware und nach Wartungsarbeiten, die deren sicheren Betrieb beeinflussen können.

ANMERKUNG Dies gilt nur für das Roboterbetriebssystem, nicht für Anwenderprogramme oder den normalen täglichen Start oder Start bei Schichtbeginn.

5.12.2 Auswahl provisorischer Schutzeinrichtungen

Provisorische Schutzeinrichtungen müssen Personen vor den gleichen Gefährdungen schützen, wie ursprünglich in der Risikobeurteilung ermittelt. Sind die vorgesehenen Schutzeinrichtungen noch nicht verfügbar oder vor Ort, müssen vor dem Einschalten der Energie, dem Start, den Prüfungen und der Verifizierung geeignete Schutzeinrichtungen vorhanden sein.

ANMERKUNG Während der Erstmontage einer Roboterzelle sind möglicherweise noch nicht alle finalen Schutzeinrichtungen eingebaut. Daher sollten alternative Schutzeinrichtungen, wie z. B. Ketten oder transportable Wände eingesetzt werden, um einen wirksamen Schutz für Personen bei der Erstinbetriebnahme der Ausrüstung zu bieten.

Faktoren, die bei der Auswahl alternativer Schutzeinrichtungen zu berücksichtigen sind, können umfassen: Ausbildungsniveau der beteiligten Personen, Dauer dieser Übergangszeit, Zugänglichkeit dieser Zelle für andere Personen, Art der betriebenen Ausrüstung, wie viel Ausrüstung ist zu einem gegebenen Zeitpunkt in Betrieb, und welche Gefährdungen gehen von dieser Ausrüstung aus.

Es müssen zumindest Warnschranken eingebaut werden, um den eingeschränkten Raum zu markieren.

Alle provisorischen Schutzeinrichtungen müssen in der Benutzerinformation bezeichnet sein.

Bei den ausgewählten Schutzeinrichtungen kann es sich um eine oder mehrere der folgenden handeln:

- a) die gleiche Einrichtung, jedoch anders eingebaut;
- b) unterschiedliche Einrichtungen, die wahlweise angewendet werden;
- c) vorübergehender Art;
- d) ersatzweise schriftliche Verfahren;
- e) Warneinrichtungen;
- f) spezielle Schulung.

5.12.3 Verfahren bei der Erstinbetriebnahme

Es muss ein Verfahren für die Erstinbetriebnahme festgelegt werden, welches folgendes berücksichtigen muss, jedoch nicht darauf beschränkt ist:

- a) vor dem Einschalten ist zu prüfen, dass das folgende wie vorgesehen, installiert wurde:
 - 1) mechanische Befestigung und deren Stabilität,
 - 2) elektrische Verbindungen,
 - 3) Versorgungsanschlüsse,
 - 4) Kommunikationsverbindungen,
 - 5) periphere Ausrüstung und Systeme,
 - 6) Begrenzungseinrichtungen zur Begrenzung des maximalen Raumes;
- b) alle Personen müssen den eingeschränkten Raum vor Einschalten der Antriebsenergie verlassen haben;
- c) nach Einschalten der Energie ist zu verifizieren, dass:
 - 1) Schaltkreise/Einrichtungen für das Stillsetzen im Notfall in Funktion sind,
 - 2) sich jede Achse bewegt und wie vorgesehen eingeschränkt ist,
 - 3) der Roboter, wie vorgesehen, auf grundlegende Bewegungsbefehle des Betriebssystems anspricht,
 - 4) Warneinrichtungen (akustisch/optisch) wie vorgesehen in Funktion sind,
 - 5) alle Schutzeinrichtungen oder provisorischen Schutzeinrichtungen in Funktion sind,
 - 6) Steuerung der reduzierten Geschwindigkeit.

ANMERKUNG Dies ist besonders kritisch bei der Ersteinschaltung der Energie, um sicherzustellen, dass der Roboter und die Ausrüstung sich in der vorgesehenen Art und Weise bewegen/arbeiten.

6 Verifizierung und Validierung der Sicherheitsanforderungen und/oder der Schutzmaßnahmen

6.1 Allgemeines

Der Hersteller oder Lieferer des Robotersystems muss Robotersysteme nach den in Abschnitt 4 und 5 beschriebenen Grundsätzen konstruieren und bauen und Verifizierungsmöglichkeiten vorsehen.

Die Risikobeurteilung(en) sollte erneut daraufhin überprüft werden, ob alle vernünftigerweise vorhersehbaren Gefährdungen identifiziert und die korrekten Maßnahmen getroffen wurden.

ANMERKUNG Nicht alle der in Anhang A identifizierten Gefährdungen treffen auf jedes Robotersystem(e) zu. Auch das Risikoniveau in Verbindung mit einer gegebenen Gefährdungssituation ist nicht für jedes Robotersystem gleich und bestimmte Anwendungen des Robotersystems bringen Gefährdungen mit sich, die nicht in Anhang A enthalten sind. Zur Bestimmung der geeigneten Schutzmaßnahmen für ein bestimmtes Robotersystem muss eine Risikobeurteilung durchgeführt werden.

Schutzeinrichtungen müssen nach den Herstellerangaben eingebaut und so am Roboter angewendet werden, werden, dass sie das Risiko vor bekannten Gefährdungen verringern.

Der Verifizierung und der Validierung kann mit folgenden Maßnahmen entsprochen werden, sind jedoch nicht darauf beschränkt:

- A. Sichtprüfung;
- B. Praktische Prüfungen;
- C. Messungen;
- D. Beobachtung während des Betriebs;
- E. Prüfung der Schaltpläne;
- F. Prüfung der Software-Funktionsbausteine und/oder Software Dokumentation;
- G. Überprüfung der aufgabenbasierten Risikobeurteilung; und
- H. Prüfung der Anordnungszeichnungen und relevanter Dokumente.

6.2 Erforderliche Validierung

Tabelle 1 listet spezielle Leistungsanforderungen auf, die für die Sicherheit eines Robotersystems als wesentlich identifiziert wurden und die validiert werden müssen. Unter Anwendung geeigneter Validierungsmethoden müssen Anforderungen bewertet werden, um festzustellen, ob sie durch Konstruktion und Bau des Systems angemessen erfüllt wurden.

Tabelle 1 — Anforderungen an die Validierung

Punkt	Anforderung	Kommentare	Bezug Abschnitt	Validierungsverfahren
Anforderungen an sicherheitsbezogene Steuerungssysteme (Hardware/Software)	Die Leistungsmerkmale, die von der Ausrüstung erfüllt werden, müssen in der Benutzerinformation eindeutig festgelegt sein.		5.2.1	F
Weitere Leistungskriterien der Steuerung	Die Auswahl weiterer Leistungskriterien der Steuerung muss speziell in der Benutzerinformation bestimmt werden.		5.2.3	F
Umgebungsbedingungen	Der Roboter muss den zu erwartenden Betriebs- und Umgebungsbedingungen standhalten.		5.3.1	A, F

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Punkt	Anforderung	Kommentare	Bezug Abschnitt	Validierungsverfahren
Einbauort der Bedienelemente	Bedienelemente und Ausrüstung müssen außerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums angeordnet sein.	Falls Zugang während des Automatikbetriebs erforderlich ist.	5.3.2	A, F
Bedienelemente	Das Robotersystem darf nicht auf Befehle oder Zustände von außen ansprechen, die Gefährdungssituationen verursachen würden.		5.3.3	B, D, F
Anforderungen an die Energieversorgung	Das Robotersystem muss über eine separate Einrichtung zur Energietrennung verfügen.	Für jede Art von Energiequelle.	5.3.4	A, E, F
	Der Wirkungsbereich der Steuerung für jede individuelle Einrichtung muss deutlich gekennzeichnet sein.	Die Kennzeichnung muss in unmittelbarer Nähe des Bedienhebels der Unterbrechungseinrichtung erfolgen.	5.3.4	A
Anforderungen an die Erdung	Der Schutzstromkreis muss IEC 60204-1:2005 Abschnitte 8.1 – 8.2 erfüllen.		5.3.5	A, C
Trennen von Energiequellen	Es müssen Einrichtungen zum Trennen gefährdender Energiequellen vorgesehen werden.		5.3.6	A, B
	Einrichtungen zum Trennen müssen im energielosen Zustand verriegelt und/ der gesichert werden können.		5.3.6	A, B
Kontrolle von gespeicherter Energie	Es muss eine Einrichtung zur Kontrolle von und/oder dem kontrollierten Freisetzen gespeicherter gefährdender Energie vorgesehen werden.		5.3.7	A, B
	Ein Warnschild zur Kennzeichnung der Gefährdung durch gespeicherte Energie muss angebracht werden.		5.3.7	A, B
Stoppfunktionen des Robotersystems	Jedes Robotersystem muss über eine Sicherheitshalt-Funktion und eine unabhängige Funktion für das Stillsetzen im Notfall verfügen.		5.3.8	A, E, F
	Diese Funktionen müssen über Vorkehrungen für den Anschluss externer Schutzeinrichtungen verfügen.		5.3.8	A, E, F

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Punkt	Anforderung	Kommentare	Bezug Abschnitt	Validierungsverfahren
Funktion Stillsetzen im Notfall	Jede Bedienstation, die eine Bewegung des Robotersystems oder eine andere Gefährdungssituation auslösen kann, muss über eine manuell auszulösende Einrichtung zum Stillsetzen im Notfall verfügen.	Auswahl eines Kategorie 0 oder Kategorie 1 Stopps für die Funktion und Leistungsvermögen der Schaltkreise müssen anhand der Risikobeurteilung festgelegt werden.	5.3.8.2	A, B, D, E, F, G
	Die Funktion zum Stillsetzen im Notfall muss mindestens die Anforderungen nach Abschnitt 5.2.2 erfüllen.	Sofern die Risikobeurteilung nicht ergibt, dass andere Leistungskriterien angebracht sind.	5.3.8.2	E, F, G
	Die Einrichtung zum Stillsetzen im Notfall darf nicht an eine Stoppfunktion angeschlossen werden, die umgangen werden kann.		5.3.8.2	B, D, E, F, G
Sicherheitshalt	Robotersystem muss über einen Sicherheitshalt oder mehrere verfügen.	Auswahl eines Kategorie 0 oder Kategorie 1 Stopps für die Funktion und Leistungsvermögen der Schaltkreise müssen anhand der Risikobeurteilung festgelegt werden.	5.3.8.3	B, D, E, F, G
	Die Funktion für den Sicherheitshalt muss mindestens die Anforderungen nach Abschnitt 5.2.2 oder 5.2.3 erfüllen.	Sofern die Risikobeurteilung nicht ergibt, dass andere Leistungskriterien angebracht sind.	5.3.8.3	B, D, E, F, G
Abschalten zugehöriger Ausrüstung	Das Abschalten der zugehörigen Ausrüstung darf nicht zu einer Gefährdung oder einem Gefährdungszustand führen.		5.3.9	B, D, G
Anforderungen an den Endeffektor (Werkzeuge am Ende des Roboterarms)	Muss so gebaut sein, dass der Verlust der Energieversorgung nicht das Lösen der Last verursacht oder zu einem Gefährdungszustand führt.		5.3.10	A, B, D
Rückstellung im Notfall	Die Bedienungsanleitung muss genaue Anweisungen bezüglich der Rückstellung des Robotersystems nach einem Fehler enthalten.	Sind Schilder oder Kennzeichnungen erforderlich, müssen diese befestigt oder Anleitungen für deren Befestigung vorgesehen werden.	5.3.11	A, B, D
Warnzeichen	Werden Zeichen verdeckt, müssen andere gleichermaßen wirksame Warneinrichtungen vorgesehen werden.		5.3.12	A

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Punkt	Anforderung	Kommentare	Bezug Abschnitt	Validierungsverfahren
Beleuchtung	Das für die Ausführung der Aufgaben benötigte Maß an Beleuchtung muss ermittelt und in der Benutzerinformation festgelegt werden.	Maschine ist so zu konstruieren, dass sie mit geeigneter Beleuchtung ausgestattet ist, z. B. Vermeiden von Schatten, Blendung, stroboskopischen Effekten.	5.3.13	F
Gefährdungen bei der Anwendung	Die Integration des Robotersystems muss auch die Gefährdungen bei der Anwendung berücksichtigen.	(z. B. Rauche, Gase, Chemikalien, heiße Werkstoffe).	5.3.14	A, D, F, G
Gefährdungen bei der Anwendung	Bezüglich der Anforderungen an die Schnittstellen zu anderen Maschinen müssen die Hinweise des Herstellers befolgt werden, wie in der Benutzerinformation festgelegt.		5.3.14	A, D, F, G
Zustimmungseinrichtungen	Zusätzliche Zustimmungseinrichtungen und deren Integration müssen ISO 10218-1, 5.8.3 erfüllen.		5.3.15	A, B, D, F
Lichter Raum des Robotersystems	In der Risikobeurteilung müssen mögliche Fang- oder Quetschstellen innerhalb des durch den Roboter eingeschränkten Raums bestimmt werden.		5.3.16	G
Lichter Raum des Robotersystems	Ein lichter Raum von mindestens 0.5 m muss in solchen Bereichen eingehalten werden, in denen Aufgaben in der Betriebsart "manuell hohe Geschwindigkeit" durchgeführt werden müssen.		5.3.16	C, G
Eingeschränkter Raum	Der eingeschränkte Raum muss durch Einrichtungen festgelegt werden, die den Raum, den der Roboter, Endeffektor, Befestigung und Werkstück einnehmen können, begrenzen.	Anordnung sollte die Differenz zwischen dem Arbeitsraum und dem eingeschränkten Raum auf ein Mindestmaß reduzieren. Der Arbeitsraum muss ebenfalls bestimmt werden.	5.4.2	A,B,C,D,E,F
	Der eingeschränkte Raum sollte kleiner sein als der maximale Raum.		5.4.2	A,B,C,D,E,F
	Der Anhalteweg in Verbindung mit der Begrenzung von Einrichtungen muss in der Berechnung des eingeschränkten Raumes enthalten sein.		5.4.3	A,B,C,D

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Punkt	Anforderung	Kommentare	Bezug Abschnitt	Validierungsverfahren
Äußere Schutzeinrichtungen	Die äußeren Schutzeinrichtungen dürfen nicht näher an der Gefährdung eingebaut sein als der eingeschränkte Raum.	Ausnahmen, wenn die Risikobeurteilung ergibt, dass andere technische Schutzmaßnahmen geeigneter sind oder dass die äußeren Schutzeinrichtungen als Begrenzungseinrichtung konstruiert sind. ANMERKUNG Verwendung einer äußeren trennenden Schutzeinrichtung (Umzäunung) ist keine bevorzugte Begrenzungseinrichtung.	5.4.2	A,B,C,D,E,F,G
	Die äußeren Schutzeinrichtungen müssen sich an geeigneter Stelle befinden im Hinblick auf die Gefährdungen des Robotersystems und der Anordnung zugehöriger Ausrüstung.	Bediener dürfen keinen Zugang zu Gefährdungen haben oder die Gefährdungen müssen einen sicheren Zustand eingenommen haben, bevor der Bediener sie erreichen kann.	5.4.2	A,B,C,D,E,F,G
Technische Schutzmaßnahmen an der Bedienstation	Die Bedienstationen sind angemessen geschützt.	An den Bedienstationen können zusätzlich zu den äußeren Schutzeinrichtungen weitere Schutzmaßnahmen erforderlich sein	5.4.2	A,B,C,D,E,F,G
Einrichtungen zur Bewegungsbegrenzung des Roboters	Einrichtungen zur Bewegungsbegrenzung des Roboters müssen die Roboterbewegung unter der effektiven Last und der programmierten Geschwindigkeit anhalten können.		5.4.3	B,C,E,F
	Einrichtungen, die für diesen Zweck eingebaut werden, müssen die Roboterbewegung unter der effektiven Last und den programmierten Geschwindigkeitsbedingungen anhalten können.	Die Einrichtungen müssen so konstruiert sein, dass sie die Roboterbewegung anhalten, wenn sie unbeabsichtigt anschlagen.	5.4.3	A,B,C,E,F
Begrenzungseinrichtungen	Begrenzungseinrichtungen sind ordnungsgemäß eingestellt und gesichert.		5.4.3	A,B,D,G
Begrenzungseinrichtungen - Mechanische Anschläge	Mechanische Anschläge sind einstellbar und können den Roboter an jeder eingestellten Position anhalten.		5.4.3	A,B,C

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Punkt	Anforderung	Kommentare	Bezug Abschnitt	Validierungsverfahren
Begrenzungseinrichtungen - Alternative Methoden	Alternative Begrenzungseinrichtungen müssen mindestens das gleiche Sicherheitsniveau erzielen wie mechanische Anschläge.		5.4.3	A,B,C,G
Begrenzungseinrichtungen-Steuerungen	Steuerungen müssen ISO 13849-1:2006 Performance Level d, erreichen Kategorie 3 oder IEC 62061:2005 SIL 2, Fehlertoleranz = 1.		5.4.3	A,B,C,E,F
Sicherheitssteuerungen	Zugehörige Sicherheitssteuerungen müssen die Anforderungen von ISO 10218:2006 5.12 erfüllen.		5.4.3	A,B,C,E,F
Eingeschränkter Raum bei Mutingfunktion	Wird im eingeschränkten Raum die Mutingfunktion bei manuell reduzierter Geschwindigkeit angewendet, müssen die Anforderungen nach 5.12 und 5.6.4 erfüllt sein.		5.4.3	A,B,C,D,E,F.
Bedienungsanleitung	Die Bedienungsanleitung muss Informationen über die Einrichtungen enthalten, die den Roboter unter effektiver Last und einprogrammierter Geschwindigkeit nicht anhalten können.		5.4.3	A
	Bei Anwendung sicherheitsbezogener Softwareraumbegrenzungen, müssen in der Benutzerinformation die programmierten Begrenzungen festgelegt sein.		5.4.3	A
Dynamische Begrenzung	Dynamische Begrenzung ist die automatisch gesteuerte Änderung eines eingeschränkten Raums des Roboters während eines Teils des Zyklus des Robotersystems zur weiteren Begrenzung der Roboterbewegung.	Zugehörige Sicherheitssteuerungen müssen die Anforderungen von ISO 10218-1:2006, 5.4.2 erfüllen Werden sicherheitsbezogene Softwareraumbegrenzungen, die in den Roboter nach Herstellerangaben eingebaut sind, verwendet, müssen Hinweise über die einprogrammierten Begrenzungen, die diese Einrichtung bietet, in der Benutzerinformation enthalten sein.	5.4.4	A,B,C,D

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Punkt	Anforderung	Kommentare	Bezug Abschnitt	Validierungsverfahren
Äußere Schutzeinrichtungen	Maßnahmen können mit trennenden Schutzeinrichtungen oder Schutzeinrichtungen zur Anwesenheitserkennung realisiert werden.	Bei der Auswahl der nicht trennenden Schutzeinrichtung muss berücksichtigt werden: <ul style="list-style-type: none"> — die zu erwartende Betriebsbeanspruchung; — der Einfluss des zu verarbeitenden Werkstoffs; — andere relevante externe Einflussfaktoren 	5.5.1	A,B,C,D,E,F,G
Anordnung von trennenden Schutzeinrichtungen und Schutzeinrichtungen	Sicherheitsabstände müssen mit ISO 13852, ISO 13853, ISO 13855, und ISO 13855 übereinstimmen.		5.5.1	A,B,C,G
Zugang für Eingriffe	Aufgaben sollten von außerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums ausgeführt werden.		5.5.2	A,D,G
	Zugangswege dürfen die Bediener nicht gefährden.	Die Gefährdungsanalyse sollte auch Gefährdungen durch Rutschen, Stolpern, Stürzen berücksichtigen.	5.5.2	A,C,D,G
Sicherer Zugang	Es muss ein ausreichender lichter Raum zwischen dem eingeschränkten Raum und Hindernissen vorgesehen werden.	Wenn es nicht möglich ist, ausreichende lichte Räume vorzusehen, muss eine Risikobeurteilung herangezogen werden, um erforderliche zusätzliche Schutzmaßnahmen festzulegen.	5.5.2	A,B,C,G
	Das Beschicken und die Entnahme von Teilen muss bei der Anordnung des Systems berücksichtigt werden.	Durch: <ul style="list-style-type: none"> — Vorsehen von Beschickungseinrichtungen, so dass der Bediener sich dem Gefährdungsbereich nicht nähern muss, oder — Vorsehen geeigneter Schutzeinrichtungen für manuelle Tätigkeiten. 	5.5.2	A,B,C,G
	Der Zugang zu Zellen, die in unterschiedlichen Betriebsarten arbeiten, sollte vermieden werden.		5.5.2	A,B,C, D, H
	Zugangseinrichtungen sollten neben Steuerungen und Bedienteilen angeordnet sein.		5.5.2	A, B, C, H

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Punkt	Anforderung	Kommentare	Bezug Abschnitt	Validierungsverfahren
Materialbeförderung	An Stellen, an denen Material in den durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raum gelangt oder diesen verlässt, müssen Maßnahmen getroffen werden, die verhindern, dass Personen den Gefährdungsbereich unbemerkt betreten können.	Diese Maßnahmen müssen Personen entweder davor schützen, mit der Gefährdung in Berührung zu kommen oder sie müssen die Gefährdungen in einen sicheren Zustand überführt haben, bevor sie erreicht werden können.	5.5.3	A,B,C,G
Prozessbeobachtung	Kann die Prozessbeobachtung nur innerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums erfolgen, muss eine separate Steuerungsbetriebsart vorgesehen werden.	Diese Betriebsart muss auch die erforderlichen technischen Schutzmaßnahmen vorsehen, um sicherzustellen, dass Bediener, die die Prozessbeobachtung durchführen keiner Gefährdungssituation ausgesetzt sind.	5.5.4	A,B,G
	Die Prozessbeobachtung sollte von außerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums erfolgen	Geeignete Maßnahmen hierfür können Plattformen, Laufstege, Kameras, usw. sein.	5.5.4	A,D,G
	Müssen Aufgaben innerhalb der Zelle durchgeführt werden, sind ein sicherer Zugang und Position erforderlich.		5.5.4	A,B,C,D,G
Spezielle prozessbedingte Gefährdungen	Die Integration muss auch Gefährdungen durch spezielle Prozesse und Werkzeuge berücksichtigen.	Anforderungen an die Schnittstellen zu anderen Maschinen müssen gemäß den Herstellerangaben erfolgen, wie in der Betriebsanleitung festgelegt.	5.5.8	A,B,C,D,G
Risiken durch andere nicht roboterbezogene Ausrüstung	Es muss eine Risikobeurteilung durchgeführt werden, um weitere Maßnahmen festzulegen, die für Risiken getroffen werden müssen, die von anderer, nicht roboterbezogener Ausrüstung ausgeht.	Andere Ausrüstung innerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums oder der Transfer von Material in oder aus den durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raum kann weitere Gefährdungen bergen. Daher sind separate Maßnahmen zur Risikominderung erforderlich um diese Risiken zu kontrollieren.	5.6.1	A,B,C,D,E,F,G
Manuelle Betriebsart und andere Ausrüstung	Es wird empfohlen, dass in manueller Betriebsart keine Gefährdungen von anderer nicht roboterbezogene Ausrüstung ausgehen.	Dies ist eine nachdrückliche Empfehlung.	5.6.1	A,B,C,D,E,F,G

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Punkt	Anforderung	Kommentare	Bezug Abschnitt	Validierungsverfahren
Betriebsartenwahl	Betriebsartenwahl muss durch geeignete Mittel verhindert sein.	Unberechtigte oder unbeabsichtigte Betriebsartenwahl kann z. B. durch einen Schlüsselschalter, einen Zugangscode, usw. verhindert werden.	5.6.2	A,B,E
Funktionalität von Betriebsartenwahleinrichtungen	Diese Einrichtungen dürfen nur die gewählte Betriebsart ermöglichen und keinen gefährdenden Betrieb auslösen. Der Wechsel der Betriebsart darf keine Gefährdungssituation verursachen.	Um gefährdenden Betrieb auszulösen, muss eine separate Betätigung erforderlich sein.	5.6.2	A,B,D,E,F,G
Anzeige der angewählten Betriebsart	Es muss eine eindeutige Anzeige der angewählten Betriebsart vorgesehen werden.	Anzeigemöglichkeit sind z. B. die Position der Steuerung, Vorsehen einer Leuchtanzeige.	5.6.2	A,B,C
Auslösen der automatischen Betriebsart	Die automatische Betriebsart muss manuell von außerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums ausgelöst werden.		5.6.3.1	A,B,E,F
Auswahl des Automatikbetriebs	Kann der Automatikbetrieb über ein Programmierhandgerät oder eine Teach-Einrichtung ausgewählt werden, muss eine gesonderte bewusste Handlung von außerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums erforderlich sein um die automatische Betriebsart auszulösen.		5.6.3.1	A,B,E,F
	Die Auswahl des Automatikbetriebs darf den Zustand des Sicherheitshalts oder den des Stillsetzens im Notfall nicht überlagern oder zurücksetzen.		5.6.3.1	B,E,F
Abwählen des Automatikbetriebs	Das Schalten aus der automatischen Betriebsart muss einen Sicherheitshalt auslösen.		5.6.3.1	B,D,E,F
Technische Schutzmaßnahmen während automatischer Betriebsart	Das Betreten des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums im Automatikbetrieb muss einen Sicherheitshalt der gesamten Ausrüstung auslösen, die eine Gefährdung oder Gefährdungssituation darstellen könnte.		5.6.3.1	A,B,D,E,F,G

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Punkt	Anforderung	Kommentare	Bezug Abschnitt	Validierungsverfahren
Unerwarteter Anlauf	Personen müssen vor einem unerwarteten Anlauf der Roboterzelle geschützt sein, wenn sie sich innerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums aufhalten.	Siehe ISO 14118 bezüglich Anforderungen gegen unerwarteten Anlauf. Die sicherheitsbezogene Steuerungsfunktion muss die Anforderungen nach Abschnitt 5.2.2 erfüllen, sofern die Risikobeurteilung nicht ergibt, dass andere Leistungskriterien angebracht sind.	5.6.3.2	B,E,F,G
Verriegelungen für Start und Wiederanlauf	Es müssen Verriegelungen für Start und Wiederanlauf vorgesehen werden.		5.6.3.2	A,B,E,F
Verriegelungen für Start und Wiederanlauf	Start und Wiederanlauf müssen erfordern, dass entsprechende Sicherheitsfunktionen und/ oder Schutzmaßnahmen in Funktion sind.		5.6.3.2	A,B,E,F
Bedienelemente für Start und Wiederanlauf	Manuell betätigte Bedienelemente für den Start und Wiederanlauf müssen außerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums angeordnet sein und dürfen nicht von innerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums aktiviert werden können.		5.6.3.2	A,B,C,D
Position der Bedienelemente für Start und Wiederanlauf	Die Bedienelemente für Start und Wiederanlauf sollten so platziert sein, dass sie klare und ungehinderte Sicht in den durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raum ermöglichen.	Der Bediener sollte von jeder Steuerungsposition aus sicherstellen können, dass sich niemand im durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raum aufhält.	5.6.3.2	A,B,C,D
	Ist eine klare und ungehinderte Sicht in den durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raum nicht möglich, muss die Steuerung so konstruiert und gebaut sein, dass der Start durch automatische Personenerkennung innerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums verhindert ist.		5.6.3.2	A,B,D,E,F

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Punkt	Anforderung	Kommentare	Bezug Abschnitt	Validierungsverfahren
	<p>Ist sowohl eine klare und ungehinderte Sicht in den durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raum nicht möglich, und kann keine automatische Personenerkennung innerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums vorgesehen werden, muss ein akustisches und/oder optisches Warnsignal vor dem Start gegeben werden.</p> <p>Start und Wiederanlauf müssen verzögert werden, so dass die gefährdeten Personen Zeit haben, den durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raum zu verlassen oder dass ein Anlauf des Robotersystems verhindert ist durch (eine) rechtzeitig erreichbare Steuereinrichtung(en) zum Stillsetzen, die sich innerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums befinden muss. Diese Einrichtungen müssen alle Steuerbefehle für Start und Wiederanlauf überlagern.</p>		5.6.3.2	A,B,C,D,E,F
Verhindern eines Wiederanlaufs	Das Wiedereinschalten von Bewegungen oder gefährdenden Prozessen während des Aufenthalts von Personen innerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums muss durch das Vorsehen ergänzender Schutzmaßnahmen verhindert sein	Bei der Auswahl der geeigneten ergänzenden Schutzmaßnahme muss der Systemkonstrukteur nach der Rangordnung der Schutzmaßnahmen nach ISO 12100-1 vorgehen.	5.6.3.2	A,B,E,F,G

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Punkt	Anforderung	Kommentare	Bezug Abschnitt	Validierungsverfahren
Manuelles Steuern	Ist manuelles Eingreifen erforderlich, muss die manuelle Steuerung durch ein einzelnes Programmierhandgerät oder eine ähnliche Bedienstation, die die Anforderungen von ISO 10218-1:2006; 5.8 erfüllt, erfolgen.	Dies gilt für jede Einrichtung, die zur Steuerung eines Roboters von innerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums verwendet wird, während die Antriebsenergie an einer der Roboterachsen oder dem Endeffektor anliegt. Zum Beispiel Roboter mit kraftunterstütztem geführtem Teachen, unabhängig davon, ob am Roboter befestigte manuelle Steuerungen oder Haupt-/ sekundäre Teach-Steuerungen verwendet werden.	5.6.4.1	
Position manueller Steuereinrichtungen	Falls durchführbar, müssen Steuerungseinrichtungen und Steuerungspositionen so platziert sein, dass der Bediener den Arbeits- oder den Gefährdungsbereich beobachten kann.		5.6.4.1	A,B,D
Position von Steuereinrichtungen zum Stillsetzen	Eine Steuereinrichtung zum Stillsetzen muss neben jeder Anlaufsteuerung platziert sein.		5.6.4.1	A
Ausschließliche Bedienung von einer Bedienstation	Das System muss so konstruiert und gebaut sein, dass, wenn das System unter lokale Steuerung gesetzt wird, das Auslösen einer Bewegung oder eine Änderung in der Auswahl der lokalen Steuerung von jeder anderen Quelle aus verhindert ist.		5.6.4.1	A,B,E,F
Einstellung des Werkzeugarbeitspunkts (TCP) bei manuell reduzierter Geschwindigkeit	Vor dem Betrieb des Robotersystems, muss der Werkzeugarbeitspunkt TCP unter Verwendung des vom Roboterhersteller mitgelieferten off-set feature eingestellt werden.		5.6.4.2	A,B,C
Geschwindigkeit des Werkzeugarbeitspunkts bei manuell reduzierter Geschwindigkeit (TCP)	In der Betriebsart manuell reduzierte Geschwindigkeit darf die Geschwindigkeit des ausgewählten Werkzeugarbeitspunkts TCP 250 mm/s nicht überschreiten. Es sollte möglich sein, Geschwindigkeiten unter 250 mm/s auszuwählen.	Die Ergebnisse einer Risikobeurteilung müssen festlegen, ob eine maximal reduzierte Geschwindigkeit unter 250 mm/s benötigt wird und ob andere Ausrüstung im Robotersystem bei reduzierter Geschwindigkeit betrieben werden muss.	5.6.4.2	A,B,C,D,E,F,G

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Punkt	Anforderung	Kommentare	Bezug Abschnitt	Validierungsverfahren
Zustimmungsbewegung bei manuell reduzierter Geschwindigkeit	Die Bewegung des Roboters oder eines Teils des Robotersystems darf nur in Verbindung mit einer Zustimmungseinrichtung nach ISO 10218-1 Abschnitt 5.8.3 möglich sein. Falls die Vorkehrungen für reduzierte Geschwindigkeit auch 5.2 entsprechen, je nach Risiko der angetriebenen Ausrüstung (z. B. Konturen, lichter Raum) kann die reduzierte Geschwindigkeit auch ohne Zustimmungseinrichtung erfolgen.	Die Funktionalität der Zustimmungseinrichtung muss 5.2 entsprechen.	5.6.4.2	A,B,E,F
Manuell hohe Geschwindigkeit	Diese darf nur auf die Programmverifizierung beschränkt sein und darf nur in Ausnahmefällen vorgesehen werden, wenn die Anwendung dies erfordert.	Jeder manuelle Tippbetrieb muss bei reduzierter Geschwindigkeit erfolgen. Die Geschwindigkeit des ausgewählten Werkzeugarbeitspunkts (TCP) kann 250 mm/s überschreiten.	5.6.4.3	A,B,E,F
Integrität Manuell hohe Geschwindigkeit	Das Robotersystem muss ISO 10218-1:2006, 5.7.4 entsprechen und mit einem Programmierhandgerät in Übereinstimmung mit ISO 10218-1:2006, 5.8 ausgestattet sein.		5.6.4.3	A,B,E,F,G
Benutzerinformation	In der Benutzerinformation muss die Forderung enthalten sein, dass das Programmierhandgerät der Zustimmungseinrichtung auf seine ordnungsgemäße Funktion zu testen ist, bevor eine Bewegung ausgelöst wird.		5.6.4.3	A
Anzeige, dass mehrere Roboter unter gleichzeitiger Bewegungssteuerung stehen	Es muss eine Anzeige vorhanden sein, die angibt, welche(r) Roboter aktiviert ist, die für jeden innerhalb des durch Schutzeinrichtungen eingegrenzten Raums deutlich erkennbar sein muss.	Ist die vom Roboterhersteller mitgelieferte Anzeige nicht sichtbar, muss eine zusätzliche Anzeige vorgesehen werden.	5.6.4.4	A

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Punkt	Anforderung	Kommentare	Bezug Abschnitt	Validierungsverfahren
Auswahl mehrerer Roboter unter gleichzeitiger Bewegungssteuerung	Nur der (die) ausgewählte(n) Roboter (einer oder mehrere) dürfen aktiviert werden.	Jeder (alle) nicht ausgewählte(n) Roboter darf (dürfen) sich nicht bewegen und keine Gefährdungen bilden durch Einrichtungen in Übereinstimmung mit 5.2.2. Dies kann durch den Verbleib im Zustand des Sicherheitshalts erreicht werden.	5.6.4.4	A,B,E,F,G
Betriebsart bei Steuerung mehrerer Roboter – unter gleichzeitiger Bewegungssteuerung	Alle aktivierten und gemeinsam gesteuerten Roboter müssen sich in der gleichen Betriebsart befinden. (Siehe ISO 10218-1:2006, 5.7).		5.6.4.4	A,B,D,E,F
Anforderungen an handgeführte Steuerungen bei kollaborierenden Robotern	Werden handgeführte Steuerungen bei kollaborierenden Robotern verwendet, müssen diese die Anforderungen von ISO10218-1 5.10.3 erfüllen.	Roboter für den kollaborierenden Betrieb können für den kollaborierenden Teil der Aufgabe per Handführung gesteuert werden Die gleichen Steuerungen können auch für „geführtes Teachen“ verwendet werden.	5.6.4.5	A,B,C,E,F
Fernsteuerung netzwerkfähiger Roboter – Auswahl der Fernsteuerung	Fernsteuerung bei manuell reduzierter Geschwindigkeit erfordert eine separate Betriebsart, die nur von der lokalen Steuerung aus anzuwählen ist. Freigabe und Sperrung der Fernsteuerung und der Fernbedienstation dürfen nur lokal anwählbar sein.	Ein Roboter oder Robotersystem kann netzwerkfähig sein (z. B. LAN, Modem und Internet) was den Fernzugriff für Archivierung, Diagnostik, Visualisierung usw. ermöglicht.	5.6.4.6.1	A,B,C,E,F
Fernsteuerung netzwerkfähiger Roboter– ausschließliche Bedienung von einer Bedienstation	Bei der Fernsteuerung in manuell reduzierter Geschwindigkeit darf zu einem Zeitpunkt nur eine Bedienstation aktiv sein (ausschließliche Bedienung von einer Bedienstation). Dies darf die lokale Auswahl nicht überlagern oder eine lokale Gefährdungssituation verursachen. Alle Steuerungsfunktionen, die eine Gefährdung verursachen könnten, dürfen nur von einer einzigen ausgewählten Bedienstation aus erfolgen.		5.6.4.6.1	A,B,D,E,F

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Punkt	Anforderung	Kommentare	Bezug Abschnitt	Validierungsverfahren
Fernsteuerung netzwerkfähiger Roboter– andere Anforderungen	Bei der Fernsteuerung in manuell reduzierter Geschwindigkeit darf sich niemand in dem durch Schutzeinrichtungen eingegrenzten Raum aufhalten und die Schutzeinrichtungen sind aktiv (z. B. Sicherheitstüren verriegelt und quitiert). Es darf nicht möglich sein, Softwaredateien in Bezug auf die Begrenzung der Roboterbewegung mittels sicherheitsbezogener Software zur Begrenzung zu verändern, nach 5.4.3.		5.6.4.6.1	A,B,D,E,F
Fernsteuerung netzwerkfähiger Roboter– manuelles Eingreifen	Muss sich eine Person im durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raum aufhalten, darf die Bewegung nur durch Fernbedienung ausgeführt werden, wenn der lokale Bediener die Fernbedienung freigibt. Muss sich eine Person im durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raum bei „manuell hohe Geschwindigkeit aufhalten, müssen zusätzliche Maßnahmen getroffen werden.	Zum Beispiel durch Drücken der Zustimmungseinrichtung. Manuell reduzierte Geschwindigkeit ist bevorzugt. Zumindest muss sich der lokale Bediener in einer sicheren Beobachungsposition außerhalb des eingeschränkten Raums befinden.	5.6.4.6.1	A,B,C,D,E,F
Fernsteuerung netzwerkfähiger Roboter– Schulung und Benutzerinformation	Muss sich eine Person in dem durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raum aufhalten, müssen sowohl die Bediener der Fernsteuerung als auch die Bediener der lokalen Steuerung in der Ausführung ferngesteuerter Aufgaben geschult sein. Die Benutzerinformation muss entsprechende Anforderungen an diese Schulung beinhalten.		5.6.4.6.1	A,B,C
Funktionen des Programmierhandgeräts	Funktionsprüfung Programmierhandgerät Zustimmungseinrichtung.	Teach auswählen und Zustimmungsschalter freigeben. Die Ausrüstung muss stoppen.	5.7.1 5.7.2	A,B,D
	Funktionsprüfung Programmierhandgerät Zustimmungseinrichtung.	Versuch, eine Bewegung zu starten, wenn der Zustimmungsschalter nicht gedrückt ist.	5.7.1 5.7.2	A,B,D

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Punkt	Anforderung	Kommentare	Bezug Abschnitt	Validierungsverfahren
	Funktionsprüfung Programmierhandgerät Zustimmungseinrichtung.	Teach auswählen und den Zustimmungsschalter freigeben. Die Ausrüstung muss stoppen.	5.7.1 5.7.2	A,B,D
	Funktionsprüfung Programmierhandgerät Taster für das Stillsetzen im Notfall.	Den Taster für das Stillsetzen im Notfall betätigen und sicherstellen, dass der Display ein „Stillsetzen im Notfall“ Fehler anzeigt.	5.7.1 5.7.2	A,B,D
	Funktionsprüfung Programmierhandgerät Taster für das Stillsetzen im Notfall.	Den Taster für das Stillsetzen im Notfall betätigen und sicherstellen, dass alle gefährdenden Bewegungen stoppen.	5.7.1 5.7.2	A,B,D
Wartung und Reparatur	Das System muss unter Berücksichtigung von Verfahren für Inspektion und Wartung konstruiert sein.	Das Inspektions- und Wartungsprogramm muss die Herstellerempfehlungen berücksichtigen.	5.8.1	A,C
	Die Benutzerinformation muss Anforderungen für periodische Funktionsprüfungen der sicherheitsbezogenen Ausrüstungsteile enthalten um den ordnungsgemäßen Betrieb sicherzustellen.	Zum Beispiel Einrichtung für das Stillsetzen im Notfall, Zustimmungseinrichtung.	5.8.1	
Technische Schutzmaßnahmen Wartung innerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums	Es müssen lokale Einrichtungen zum Steuern und Trennen der gefährdenden Energie vorgesehen werden.	Zum Beispiel, Unterbrechung der Stromversorgung, Energietrennungssystem.	5.8.2	A,B
	Die Benutzerinformation muss Einzelheiten über Wartungstätigkeiten enthalten.	Tätigkeiten, die Steuerung und Trennung der Energie erfordern. Aufgaben, die voraussichtlich ohne Energietrennung durchgeführt werden.	5.8.2	
	Wirksame alternative Schutzmaßnahmen für das Eingreifen innerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums bei anliegender Energie.	Durch Positionierung des Roboterarms in eine vordefinierte sichere Position. Vorsehen einer alleinigen Steuerung. Vorsehen einer speziellen Betriebsart.	5.8.2	A,B,D
Allgemeines	Die Konstruktion des Robotersystems muss eine Fernsteuerung unterbinden, die gefährdende Zustände verursachen könnte.		5.9.1	B, E , F, G

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Punkt	Anforderung	Kommentare	Bezug Abschnitt	Validierungsverfahren
Handhabung Stillsetzen im Notfall	Muss über einen Schaltkreis zum Stillsetzen verfügen oder miteinander verbundene Stoppfunktionen.	Der Wirkungsbereich der Steuerung muss ISO 11161 entsprechen.	5.9.2	B, E, G
Sicherheitsausgang	Muss mindestens den Anforderungen nach Abschnitt 5.2.2 entsprechen, sofern die Risikobeurteilung nicht ergibt, dass andere Leistungskriterien angebracht sind.	Bei Verwendung als Sicherheitsfunktion.	5.9.3	B, E
Zustimmungseinrichtung	Auslösen darf keine zusätzliche(n) Gefährdung(en) verursachen oder unerwarteten Anlauf.	Für den Roboter, das Robotersystem und / oder miteinander verbundene Ausrüstung(en).	5.9.4	B, E
Betriebsartenwahl	Die Betriebsart darf nicht durch ein einzelnes Eingangssignal verändert werden können.	Für den Roboter (siehe ISO 10218-1:2006, 5.7).	5.9.5	B, E
Steuerung von Hilfsausrüstung	In manueller Betriebsart darf das Einschalten der/aller miteinander verbundenen Hilfsausrüstung keine unerwarteten Gefährdungen verursachen.	Die Risikobeurteilung muss durchgeführt und nachgeprüft werden. Alle im System verwendeten Sicherheitsausgänge müssen mindestens den Anforderungen von Abschnitt 5.2.2 entsprechen, sofern die Risikobeurteilung nicht ergibt, dass andere Leistungskriterien angebracht sind.	5.9.6	B, E, G
Bereichseinteilung	Muss in der Anordnungsphase des Robotersystems festgelegt werden und bei der Risikobeurteilung nachgeprüft werden.	Schutzmaßnahmen müssen ISO 11161 Abschnitt 8 entsprechen. Schnittstellen zwischen Bereichen müssen für den sicheren Betrieb deutlich festgelegt sein.	5.9.7	A, G
Lichter Raum/ Montagefreiraum des Robotersystems	Montagefreiraum muss mindestens 0,5 m zwischen Arbeitsraum und Robotersystemaufbauten/ Ausrüstung betragen, sofern die Risikobeurteilung keinen anderen Wert festlegt. Wird dieser Mindestmontagefreiraum nicht eingehalten, müssen eine oder mehrere zusätzliche technische Schutzmaßnahmen/ Steuerungen vorgesehen werden.	Für alle Teile des Robotersystems, die speziell die Roboterfunktion(en) unterstützen oder -aufgaben in manueller Betriebsart Für Teach- oder Testaktivitäten in entsprechender Betriebsart. Es sollten periodische Prüfungen durchgeführt werden um das Anhaltevermögen zu überprüfen.	5.9.8	A, B, C, D, G

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Punkt	Anforderung	Kommentare	Bezug Abschnitt	Validierungsverfahren
Start und Wideranlauf	<p>Start/Wideranlauf müssen eine bewusste Handlung erfordern.</p> <p>Personen müssen vor unbeabsichtigtem Start/Wideranlauf geschützt sein.</p>	<p>Für Roboter und Robotersysteme, wenn sich Personen in dem durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raum aufhalten.</p> <p>Ist keine automatische Erkennung vorhanden, müssen alternative Methoden vorgesehen werden.</p>	5.9.9	B,E,F
Allgemeines	<p>Die Risikobeurteilung legt die angemessenen Schutzeinrichtungen fest.</p>	<p>Anhand der Risikobeurteilung kann festgelegt werden, welche Art von Schutzeinrichtungen notwendig sind, unter Berücksichtigung des Bearbeitungsprozesses und der Wechselwirkung zwischen verschiedenen Maschinen (der Schnittstellen).</p> <p>Dies kann mit Hilfe von Konstruktionszeichnungen/Schaltplänen erfolgen und Messungen, eine Aktualisierung der Anordnung mit Änderungen kann erforderlich sein.</p>	5.10.1	A, C, E, G
Äußere Schutzeinrichtungen	<p>Es müssen äußere Schutzeinrichtungen oder Schutzeinrichtungen zur Anwesenheitserkennung angewendet werden.</p> <p>Das Robotersystem muss eingebaute äußere Schutzeinrichtungen haben.</p>	<p>Das Auffangen herausgeschleuderter Teile, gefährdender Werkstoffe während des Be- und Entladens von Werkstücken muss anhand praktischer Tests und lichter Raum validiert werden.</p> <p>Lärm und abstrahlende Materialien müssen durch Messungen validiert werden.</p> <p>Aktualisierung der Anordnung mit Änderungen kann erforderlich sein.</p>	5.10.2	A, B, C,D

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Punkt	Anforderung	Kommentare	Bezug Abschnitt	Validierungsverfahren
Sicherheitsabstände	Alle Schutzeinrichtungen müssen sicher eingebaut und mit einem Abstand eingebaut werden, so dass die Gefährdung nicht erreicht werden kann.	Für den Mindestabstand von der Gefährdung zu den technischen Schutzmaßnahmen ist Tabelle 1 zu beachten. Für den Mindestabstand von der Gefährdung zur Schutzeinrichtung ist Tabelle 2 zu beachten. Aktualisierung der Anordnung mit Änderungen kann erforderlich sein.	5.10.3	A, C, D
Allgemeine Anforderungen an trennende Schutzeinrichtungen	Trennende Schutzeinrichtungen und deren Position und Verriegelungseinrichtungen müssen die Anforderungen nach ISO 12100-2, ISO 14120, und ISO 14119 erfüllen.	Anforderungen prüfen für feststehende trennende Schutzeinrichtungen, bewegliche trennende Schutzeinrichtungen, bewegliche und mechanisch verriegelbare trennende Schutzeinrichtungen, bewegliche trennende Schutzeinrichtungen als äußere Schutzeinrichtungen. Aktualisierung der Anordnung mit Änderungen kann erforderlich sein.	5.10.4 5.10.4.1-4	A,B,C,
Schutzeinrichtung zur Anwesenheitserkennung	Schutzeinrichtungen zur Anwesenheitserkennung werden in der Regel ausgewählt, wenn der Maschinenbetrieb häufigen Zugang erfordert. Sie müssen die Anforderungen von ISO 13856, ISO 10218-1, ISO 13849-1, und IEC 61496 erfüllen.	Anforderungen für Schutzeinrichtungen zur Anwesenheitserkennung prüfen, die verwendet werden, um — einen Stopp zu signalisieren; — den Start zu verhindern; — die Schutzeinrichtung mit Anwesenheitsmeldung auszulösen. Zur Verifizierung des Performance Level "d" der ISO 13849-1:2006 mit Strukturkategorie 3, oder SIL 2 mit Fehlertoleranz = 1 von IEC 62061, ist eine Risikoanalyse durchzuführen und die Schaltpläne sind zu prüfen. Aktualisierung der Anordnung mit Änderungen kann erforderlich sein.	5.10.5 5.10.5.1-4	A,C,E,F

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Punkt	Anforderung	Kommentare	Bezug Abschnitt	Validierungsverfahren
Technische Schutzmaßnahmen an manuellen Be-, Entlade- und Förderstationen	Bedienstationen müssen durch Schutzeinrichtungen geschützt sein für manuelles Beladen oder für die Förderstationen. Dies ermöglicht sicheres Be- und Entladen für:	Trennung von Roboter und Person sicherstellen	5.10.6.1	A,C,D,E,G
	Nicht betretbare Stationen ohne gemeinsamen Raum zwischen Bediener und Roboter (Stationen mit Dreh- oder Zuführtischen).	Vertikaler Zwischenraum Minimum 180 mm.	5.10.6.2	A,C,D,E,H
	Nicht betretbare Stationen mit gemeinsamen Raum zwischen Bediener und Roboter.	Verriegelungsschutz, um nur wechselnden Zugang zu ermöglichen.	5.10.6.3	B,C,D,E,F,H
	Betretbare Stationen mit gemeinsamen Raum zwischen Bediener und Roboter.	Erfordert sekundäre Schutzmaßnahmen um den Zugang zum Gefährdungsbereich zu verhindern.	5.10.6.4	A,B,C,D,E,F
Feststehende trennende Schutzeinrichtungen an fördertechnischen Einrichtungen	An den Schnittstellen zu fördertechnischen Einrichtungen müssen Durchgangsmöglichkeiten verhindert sein.	Verifizieren, dass die Punkte, an denen der Bediener den Arbeitsbereich des Roboters betreten kann, mit zusätzlichen Schutzeinrichtungen geschützt ist. Verifizieren, dass der Sicherheitsabstand zum Schutz der oberen/ unteren Gliedmaßen die Anforderungen von ISO13852/ISO13853 erfüllt. Aktualisierung der Anordnung mit Änderungen kann erforderlich sein.	5.10.7	A,C,D
Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen (BWS) an fördertechnischen Einrichtungen	Wo fördertechnische Einrichtungen in den durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raum gelangen und diesen verlassen und wo die Öffnungen größer sind als die in ISO 13857 angegebenen Abmessungen für den Zugang mit dem ganzen Körper, müssen Maßnahmen getroffen werden um den Zutritt von Personen zu erkennen und ein Signal zu erzeugen zum Stillsetzen der Gefährdung.	Beim realen Arbeitsprogramm die Funktionalität der Muting- und Blankingeinrichtungen an der BWS verifizieren. Die Mutingfunktion muss die Anforderungen von ISO13849-1 erfüllen. Geht aus der Risikobeurteilung das Erfordernis für Performance Level "d" von ISO 13849-1:2006 mit Strukturkategorie 3, oder SIL 2 mit Fehler-toleranz = 1 of IEC 62061 hervor, ist eine Risikoanalyse durchzuführen und die Schaltpläne sind zu prüfen.	5.10.8	A,C,D,E

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Punkt	Anforderung	Kommentare	Bezug Abschnitt	Validierungsverfahren
Technische Schutzmaßnahmen für Zugangspunkte für die Wartung	Ist der Zugang zum geschützten Bereich für Wartungs- oder Reparaturaufgaben erforderlich, müssen die Zugangspunkte durch Schutzeinrichtungen geschützt sein.	Die Gestaltung der Anordnung muss ISO 13853 erfüllen. Werden Schutzeinrichtungen oder bewegliche verriegelte trennende Schutzeinrichtungen verwendet, müssen diese mindestens Performance Level "d" von ISO13849-1:2006 mit Strukturkategorie 3, oder SIL 2 mit Fehlertoleranz = 1 of IEC 62061 erfüllen. Werden verriegelte trennende Schutzeinrichtungen verwendet, muss die Schutzeinrichtung zur Anwesenheitserkennung die Anforderungen von Typ 2 von IEC 61496 erfüllen. Zur Verifizierung des Performance Level "d", ist eine Risikoanalyse durchzuführen und die Schaltpläne sind zu überprüfen.	5.10.9	A,C,D,E,F
Technische Schutzmaßnahmen für mehrere angrenzende Roboterzellen	Besteht ein Industrierobotersystem aus mehreren Bereichen oder Zellen, sollte ein ungehinderter Durchgang von einem Bereich zum anderen verhindert sein.	Es wird empfohlen, die Zellengestaltung zu prüfen. Aktualisierung der Anordnung mit Änderungen kann erforderlich sein.	5.10.10	A,C
Technische Schutzmaßnahmen an Werkzeugwechselsystemen	Endeffektoren müssen so konstruiert und gebaut sein, dass der Verlust oder eine Änderung in der elektrischen, hydraulischen, pneumatischen oder Vakuumenergie nicht zu einer Gefährdung führt.	Bedienerzugängliche Punkte sind zu vermeiden, an denen Energieverlust eine Gefährdung durch Werkzeuge verursachen kann. Empfohlene ergonomische Position für Werkzeugwechsel. Aktualisierung der Anordnung mit Änderungen kann erforderlich sein.	5.10.11	A,C
Muting	Muting ist die zeitlich begrenzte automatisch gesteuerte Deaktivierung der Funktion einer Schutzeinrichtung während eines Abschnitts des Systemzyklus des Roboters oder des Robotersystems.	Das Muting kann angewendet werden in Verbindung mit einer anderen Schutzeinrichtung, die einen Sicherheitshalt elektrisch anzeigt. Personen sollten auf die Warnsignale am Ende des Mutingzyklus achten.	5.10.12	A, D,F

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Punkt	Anforderung	Kommentare	Bezug Abschnitt	Validierungsverfahren
Blanking (Floating Blanking)	Das Blanking ist eine Funktion, durch die ein oder mehrere Bereiche des Erkennungsbereichs einer BWS inaktiv gemacht werden können.	Personen sollten auf den Blanking-Zustand während des normalen Betriebs achten.	5.10.13	A,D,F
Kollaborierende Roboter	Bezug Übereinstimmung.	ISO 10218-1, 5.10.	5.11.2	A,E
	Betrachtungen Risikobeurteilung.	Anordnung; Armmontage; Roboterleistung, Endeffektor; prozessbedingte Gefährdungen; druckempfindliche Ausrüstung; Bedienstation.	5.11.2	A,B,D,G,H
Kollaborationsraum	Klar festgelegt und gekennzeichnet.	Kennzeichnung am Boden, Schilder/Zeichen, Benutzerinformation.	5.11.3	A,C,D,H
Automatikbetrieb Übergangsphase	Während der Übergangsphasen darf vom Roboter keine Gefährdung ausgehen. Technische Schutzmaßnahmen müssen Abschnitt 5.8 erfüllen.	Keine Quetsch- oder Scherstellen.	5.11.4	A,B,C,D
Kollaborierende Betriebsarten	Roboter stoppt, Bediener aktiv.	Roboter stoppt sicher während sich Person im Arbeitsraum aufhält.	5.11.5.1	B,C,D
	Bedienergeführte Bewegung.	Handsteuerungen zur Führung des Roboters vorgesehen.	5.11.5.2	A,B,D
	Roboter bewegt sich automatisch.	Es halten sich keine Personen im Kollaborationsraum auf.	5.11.5.3	A,D,H
	Roboter bewegt sich selbstständig bei reduzierter Geschwindigkeit.	Roboter verlangsamt sich mindestens bis zur reduzierten Geschwindigkeit, wenn Person den Kollaborationsraum betritt. Es sind keine Scher- oder Quetschstellen vorhanden.	5.11.5.4	A,B,C,D,H
	Roboter bewegt sich in sicher reduzierter Geschwindigkeit und bewahrt Abstand zum Bediener.	Roboter ändert Geschwindigkeit wenn sich Abstand zur Person verändert. Ein sicherer Halt ist wirksam wenn der Abstand nicht eingehalten wird.	5.11.5.5	A,B,C,D,H
Technische Schutzmaßnahmen der Zelle	Personen müssen vor der weiteren Annäherung vom Kollaborationsraum in einen Gefährdungsbereich geschützt werden.	Personen werden im Kollaborationsraum überwacht.	5.11.7	A,D,H

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Punkt	Anforderung	Kommentare	Bezug Abschnitt	Validierungsverfahren
Inbetriebnahme	Provisorische Schutzeinrichtungen sind erforderlich zum Schutz gegen identifizierte Gefährdungen.	Warnschranken und zeitweilige trennende Schutzeinrichtungen werden geliefert.	5.12.2	A,D,G
Erstinbetriebnahme	Ein spezielles Verfahren ist festgelegt für den Schutz bei der Ersteinschaltung neuer Anlagen.	Verifizierung, dass notwendige Checklisten und Verfahren erfüllt sind.	5.12.3	A,D,H

6.3 Verifizierung von Schutzeinrichtungen

6.3.1 Allgemeines

Schutzeinrichtungen, die zur Abschwächung identifizierter Gefährdungen eingebaut werden, müssen dahingehend verifiziert werden, ob sie den Herstellerangaben entsprechen und ordnungsgemäß am Robotersystem(en) angewendet werden, damit

- a) Zugang zur Gefährdung verhindert ist;
- b) die Gefährdung vor dem Zugang stillgesetzt wird,
- c) die Bildung einer Gefährdung durch unbeabsichtigten Betrieb verhindert ist;
- d) Teile und Werkzeuge aufgefangen werden (z. B. lose Teile, fliegende Projektile), und
- e) andere prozessbedingte Gefährdungen kontrolliert werden (z. B. Lärm, Laser, Strahlung).

Die eingebauten Schutzeinrichtungen müssen verifiziert werden auf:

- f) Art der trennenden Schutzeinrichtungen, Maschengröße, andere Daten;
- g) Positionierung der trennenden Schutzeinrichtungen, ordnungsgemäße Sicherheitsabstände, Höhen;
- h) Arten der Schutzeinrichtungen;
- i) Die Steuerung zur Rückstellung darf nicht von innerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums betätigt werden können;
- j) Positionierung der Schutzeinrichtungen, ordnungsgemäße Sicherheitsabstände, Größen usw.; und
- k) Umgehungs- und Mutingfunktionen.

ANMERKUNG Nicht für jede Schutzeinrichtung treffen die Kriterien von a-e zu, je nach Gefährdung, die es zu schützen gilt.

6.3.2 Anforderungen an die Verifizierung

Anhand der unten aufgeführten Schritte in Form einer Checkliste, sollte bestätigt werden, dass die Schutzeinrichtungen den zu erwartenden Mindestanforderungen entsprechen.

- a) Elektrische Integration;
- b) Schutzeinrichtungen müssen in den Schaltkreis des Sicherheitshalts integriert sein;
- c) Übereinstimmung mit den Leistungsanforderungen nach 5.2;
- d) Leistungsanforderungen von feststehenden Sperrern;
- e) Sperrern müssen nach ISO 14120 gebaut und eingebaut sein. Auf folgende Einrichtungsmerkmale ist hierbei besonders zu achten, dass:
 - 1) sie so gebaut sind, dass sie den Betriebskräften und Umgebungsbedingungen standhalten;
 - 2) sie keine scharfen Kanten und Auskragungen aufweisen und selbst keine Gefährdung bilden;
 - 3) sie eine Einrichtung zur sicheren Befestigung haben.

6.3.3 Leistungsanforderungen an Verriegelungseinrichtungen

Schutzeinrichtungen, die zur Verriegelung verwendet werden, müssen ISO 14119 entsprechen und mindestens den Anforderungen von Abschnitt 5.2.2, sofern keine Risikobeurteilung durchgeführt wurde, die ergibt, dass eine andere Kategorie erforderlich ist. Besondere Aufmerksamkeit gilt folgenden Einrichtungsmerkmalen:

- a) Schlüssel, Stecker oder Betätigungseinrichtung, die nicht auf einfache Weise dupliziert werden kann;
- b) Gegen unbefugte Eingriffe gesichert und nicht absichtlich ohne Werkzeuge zu umgehen;
- c) Einrichtungen für sichere Befestigung sind vorzusehen;
- d) Bei Fehlererkennung ist Automatikbetrieb verhindert bis der Ausfall des Bauteils behoben ist; und
- e) Bei Verwendung von Zuhaltungen, ist die trennende Schutzeinrichtung geschlossen und verriegelt zu halten bis die Gefährdung beendet ist. Diese Einrichtungen:
 - 1) bieten eine Maßnahme, um die Einrichtung im Falle von Energieausfall manuell zu entriegeln, und
 - 2) bieten eine Maßnahme, den Zustand des Verriegelungsmechanismus zu überwachen.

6.3.4 Anforderungen an Schutzeinrichtungen, die einen Stopp signalisieren

Schutzeinrichtungen, die ein Stoppsignal auslösen, müssen IEC 61496 Teile 1-3 und ISO 13855/13856-1 entsprechen. Besondere Aufmerksamkeit gilt folgenden Einrichtungsmerkmalen:

- begleitende Dokumentation, in der die Normen festgelegt sind, denen das Produkt entspricht, alle Normen, die das Produkt unabhängig davon erfüllt und die Zuverlässigkeit der Sicherheitssteuerung nach ISO 10218-1:2006, 5.4;
- Einrichtung vorsehen, die unmittelbar erkennbar anzeigt, dass die Einrichtung in Funktion ist;

ANMERKUNG 1 Anzeigen sind nicht notwendigerweise an Bauteilen zur Erkennung (z. B. Schalter) erforderlich, die zur Anzeige eines Stopps verwendet werden können oder als Eingabemöglichkeit für die Mutingsteuerung.
- keine nachteiligen Auswirkungen durch Umgebungsbedingungen, für die das System vorgesehen ist;

- maximale Ansprechzeit, die nicht von Einstellungen der Empfindlichkeit des Objektes oder Umgebungsänderungen beeinflusst wird;
- Einrichtung für sichere Befestigung; und
- Einrichtung vorsehen, um unbefugte Einstellungen oder Einrichtarbeiten (Hardware/Software) zu unterbinden.

ANMERKUNG 2 Dies kann erreicht werden durch die Verwendung von schlüsselbetätigten Steuerungen, Steuerungen unter verriegelbaren Abdeckungen, Passwörtern, usw.

6.3.4.1 Sicherheitslichtvorhänge/Sicherheitslichtgitter

Sicherheitslichtvorhänge/Sicherheitslichtgitter Lichtvorhänge/Lichtgitter müssen den Anforderungen nach ISO 13855 und Typ 4 nach IEC 61496 entsprechen. Folgende Einrichtungsmerkmale müssen besonders beachtet werden:

- a) Kennzeichnung/Beschriftung mit:
 - 1) maximaler Ansprechzeit,
 - 2) effektiver Verschwenkwinkel bei maximaler Empfindlichkeit, und
 - 3) Auflösungsvermögen
- b) Schutzfeldhöhe;
- c) Anzeige, ob Blankingfunktion angewendet wird; und
- d) Maßnahmen, die vorgesehen sind, um ungewollte Reflektionen zu vermeiden oder zu erkennen (z. B. optische Kurzschlüsse).

ANMERKUNG Maßnahmen können das gesamte Strahlenmuster, den gesamten Verschwenkwinkel bei maximaler Empfindlichkeit oder ein Testverfahren zur Entdeckung des Vorfalls beinhalten.

6.3.4.2 Schutzeinrichtungen zur Bereichsabtastung

Schutzeinrichtungen zur Bereichsabtastung müssen den Anforderungen nach ISO 13855 und Typ 3 nach IEC 61496 entsprechen. Folgende Einrichtungsmerkmale müssen besonders beachtet werden:

- a) Gekennzeichnet/beschriftet mit:
 - 1) maximaler Ansprechzeit,
 - 2) maximaler Schutzreichweite,
 - 3) maximales Sichtfeld in Grad, und
 - 4) Reichweite (linear und winklig) und Ansprechzeit für Objektempfindlichkeit von 70 mm;
- b) keine Gefährdung verursachen;
- c) bekannter Messfehler zur Bestimmung der Schutzfeldgröße;
- d) Betriebsart oder Verfahren zur Überprüfung des Detektionsbereichs vorsehen; und
- e) Informationen über das Detektionsvermögen der Einrichtung in Bezug auf das Reflexionsvermögen eines Objekts gegenüber der Entfernung zum Objekt vorsehen.

6.3.4.3 Sicherheitsschaltmattensysteme

Sicherheitsschaltmattensysteme bestehen aus (einer) Sicherheitsmatte(n), der Verdrahtung von der Matte zur Mattensteuerung und einer Mattensteuerung. Sicherheitsschaltmattensysteme müssen ISO 13855 und ISO 13856-1 entsprechen. Besonders zu beachten sind folgende Einrichtungseigenschaften:

- a) Steuerungen von Sicherheitsschaltmatten müssen:
 - 1) Systemsteuerungen und Verdrahtung zwischen Steuerung und Matte verwenden, die Typ 4 nach IEC 61496, entspricht, und
 - 2) mit der maximalen Ansprechzeit gekennzeichnet/beschriftet sein.
- b) Sicherheitsschaltmatten müssen:
 - 1) Typ 2 nach IEC 61496 entsprechen,
 - 2) ein erkennbares Detektionsfeld haben,
 - 3) über eine Mindestobjektsensitivität verfügen, die 30 kg Gewicht auf einer Kreisscheibe von 80 mm Durchmesser an jedem Punkt der detektierenden Mattenoberfläche erkennt,
 - 4) über eine Einrichtung zur Wahrung der Mindestobjektsensitivität verfügen, an der Fläche, an der zwei Matten aneinander grenzen, um eine durchgehende Detektionsfläche zu bilden, wie oben gemessen, und
 - 5) so hergestellt sein, dass vernünftigerweise vorhersehbare Fehler (d. h. Oxidation der Kontaktelemente) vermieden sind, wenn ein solcher Fehler zu einem Verlust des Detektionsvermögens innerhalb des Detektionsfeldes führen würde.

6.3.4.4 Ein- und mehrstrahlige optische Schutzeinrichtungen

Ein- und mehrstrahlige optische Schutzeinrichtungen müssen den Anforderungen von ISO 13855 und IEC 61496-2 entsprechen. Besonders zu beachten sind folgende Einrichtungseigenschaften:

- a) Sie müssen gekennzeichnet/beschriftet sein mit:
 - 1) maximaler Ansprechzeit,
 - 2) effektiver Verschwenkwinkel bei maximaler Empfindlichkeit, und
 - 3) Schutzfeldhöhe und Anzahl/Position der Strahlen (nur Mehrfachsysteme mit festen Strahlabständen);
- b) Sie dürfen nur auf die vorgesehene ausgesendeten Licht- oder Signalquelle reagieren; und
- c) Es ist eine Maßnahme vorzusehen, um ungewollte Reflexionen zu vermeiden oder zu erkennen (z. B. optische Kurzschlüsse).

ANMERKUNG Maßnahmen können das gesamte Strahlenmuster, den gesamten Verschwenkwinkel bei maximaler Empfindlichkeit oder ein Testverfahren zur Entdeckung des Vorfalls beinhalten.

6.3.4.5 Zweihandschaltungen

Zweihandschaltungen, die als technische Schutzmaßnahmen verwendet werden, müssen den Anforderungen nach ISO 13851 entsprechen. Besonders zu beachten sind folgende Einrichtungseigenschaften:

- sie müssen so konstruiert sein, dass zufälliger oder unbeabsichtigter Betrieb verhindert ist;
- sie müssen über individuelle Handsteuerungen verfügen, die durch Konstruktion, Bau oder Separation so ausgelegt sind, dass beide Hände benötigt werden innerhalb 500 ms um den Zyklus des Robotersystems zu durchlaufen;
- sie müssen so konstruiert sein, dass alle Handsteuerungen freigegeben werden müssen und vor Auslösen des Roboterzyklus wieder betätigt werden müssen; und
- sie müssen so konstruiert sein, dass sie ein Stoppsignal ausgeben, wenn eine oder beide Hände von den Steuerungen weggenommen werden während des gefährdenden Teils des Maschinenzklus.

6.4 Test-Inbetriebnahme

Die Anweisungen des Herstellers für die Inbetriebnahme und die Prüfung des Roboters und/oder des Robotersystems müssen befolgt und sorgfältig dokumentiert werden. Das Verfahren bei der Erstinbetriebnahme muss folgendes umfassen, ist jedoch nicht darauf beschränkt:

a) vor Aufbringen der Energie ist zu verifizieren, dass:

- 1) der Roboter ordnungsgemäß mechanisch aufgestellt wurde und stabil ist,
- 2) die elektrischen Anschlüsse korrekt sind und die Energie (d. h. Spannung, Frequenz, Schnittstellenebenen) innerhalb der festgelegten Grenzen sind;
- 3) ordnungsgemäße elektrische Erdung vorhanden ist (Ausgleichspotential),
- 4) die Sicherheitsbezogenen Teile der Steuerung ordnungsgemäß eingebaut sind,
- 5) die anderen Versorgungsleitungen (z. B. Wasser, Luft, Gas) ordnungsgemäß angeschlossen und innerhalb der festgelegten Grenzen sind,
- 6) die äußeren Einrichtungen einschließlich Verriegelungen ordnungsgemäß angeschlossen sind,
- 7) die Begrenzungseinrichtungen, die den eingeschränkten Raum festlegen, eingebaut sind (falls verwendet),
- 8) angemessene Schutzvorrichtungen verwendet werden,
- 9) die physikalische Umgebung den Festlegungen entspricht (z. B. Beleuchtungs- und Lärmpegel, Temperatur, Feuchtigkeit, atmosphärische Verunreinigungen), und
- 10) die korrekten Versionen aller Programme vorliegen – die normale Steuerung und die sicherheitsbezogene – validiert wurden und es sich um die eingebauten Versionen handelt (Management technische Änderungen);

b) nach Einschalten der Energie ist zu verifizieren, dass:

- 1) die Steuereinrichtungen für Start, Stopp und Betriebsartenwahl (einschließlich der Schlüsselschalter zum Verriegeln) ordnungsgemäß funktionieren,
- 2) sich jede Achse bewegt und wie vorgesehen begrenzt ist,
- 3) die Schaltkreise und Einrichtungen für das Stillsetzen im Notfall und Sicherheitshalt (falls vorhanden) funktionieren,
- 4) es möglich ist, die externen Energiequellen zu unterbrechen und zu trennen,
- 5) die Einrichtungen zum Teachen und das Playback ordnungsgemäß funktionieren,
- 6) Umgebungsbedingungen für die Kompatibilität (z. B. Explosion, Korrosion, Feuchtigkeit, Staub, Temperatur, elektromagnetische Störungen (EMI), Hochfrequenzstörungen (RFI) und elektrostatische Entladungen (ESD)),
- 7) die Schutzvorrichtungen und Verriegelungsfunktionen, wie vorgesehen funktionieren,
- 8) andere technische Schutzmaßnahmen angeordnet sind (z. B. Schranken, Warneinrichtungen), und
- 9) der Roboter in reduzierter Geschwindigkeit ordnungsgemäß arbeitet und das Produkt oder Werkstück ordnungsgemäß handhabt, der Roboter im Automatikbetrieb (Normalbetrieb) ordnungsgemäß arbeitet und die vorgesehene Aufgabe bei Nenndrehzahl und -last ausführt.

ANMERKUNG Diese Prüfung sollte auch nach Wartungsarbeiten oder Systemveränderungen durchgeführt werden, die die Integrität des Robotersystems in Bezug auf Konstruktion und Einbau beeinflussen könnten.

7 Benutzerinformation

7.1 Allgemeines

Der Integrator, Lieferant oder Einbauer jedes Robotersystems muss zusätzliche Informationen zur Verfügung stellen in Bezug auf den/die Teil(e) der Maschine, der/die in das System integriert wird/werden. Werden Bauteile von anderen Lieferanten geliefert, muss die entsprechende Benutzerinformation von dieser Quelle vorhanden sein.

Die Benutzerinformation muss alle Informationen und Anleitungen enthalten, die für die Sicherstellung der sicheren und ordnungsgemäßen Verwendung des Systems erforderlich sind. Sie müssen Informationen und Warnungen über alle Restrisiken enthalten.

Sie muss aus Dokumenten, Zeichen, Signalen, Symbolen oder Diagrammen bestehen, mit denen sicherheitsrelevante Informationen an den Anwender gegeben werden.

Der Stil und der Inhalt der verschiedenen Teile der Benutzerinformation sollte dem Ausbildungsgrad, dem technischen Verständnis und der Kompetenz des angesprochenen Lesers entsprechen. Sie sollte in einer für den angesprochenen Leser angemessenen Sprache abgefasst sein.

Die Informationen müssen sowohl die bestimmungsgemäße Verwendung als auch die vorhersehbare Fehlanwendung des integrierten Systems enthalten.

Zur Minderung einer Gefährdung, muss die Information folgendes enthalten:

- Schulungsanforderungen;
- Anforderungen an die persönliche Schutzausrüstung; und
- Anforderungen für zusätzliche trennende Schutzeinrichtungen oder nicht trennende Schutzeinrichtungen (siehe ISO 12100-1:2003, Bild 1, Anmerkung 4).

Die Benutzerinformation des integrierten Systems muss ISO 12100-2: 2003, Abschnitt 6 erfüllen.

ANMERKUNG 1 Siehe auch IEC 62079 bezüglich Aufbau und Präsentation der Benutzerinformation.

ANMERKUNG 2 Siehe auch IEC 60204-1:2000, 17.3.

7.2 Betriebsanleitung

7.2.1 Allgemeines

Die Betriebsanleitung muss die verschiedenen Verwendungsphasen des Robotersystems berücksichtigen, einschließlich Transport, Montage und Einbau, Inbetriebnahme, Betrieb (einschließlich Start, Abschalten, Einrichten, Teachen/Programmieren oder Prozessumschaltung, Betrieb, Reinigung, Fehlersuche und Wartung) und, falls zutreffend, Außerbetriebnahme, Demontage und Entsorgung.

Die Betriebsanleitung muss die Schnittstellen (physikalische, mechanische, funktionelle) zwischen dem Robotersystem und vorgeschalteter und nachgeschalteter Prozesse beinhalten.

Insbesondere muss die Betriebsanleitung 7.2.1 bis 7.2.9 enthalten.

7.2.2 Handhabung

Informationen bezüglich Transport, Handhabung und Lagerung des Robotersystems, z. B.:

- a) Lagerbedingungen für die einzelnen Maschinen;
- b) Abmessungen, Masseangabe(n), Position des/der Schwerpunkts/Schwerpunkte;
- c) Handhabungsangaben (z. B. Zeichnungen für Anwendungspunkte von Hebezeugen).

7.2.3 Einbau und Inbetriebnahme

Informationen bezüglich des Einbaus und der Inbetriebnahme des Robotersystems, z. B.:

- a) Anforderungen an Befestigung/Verankerung und Vibrationsdämmung;
- b) Bedingungen für Zusammenbau und Montage;

- c) Benötigter Raum für Anwendung und Wartung;
- d) Zulässige Umgebungsbedingungen (z. B. Temperatur, Feuchtigkeit, Vibration, elektromagnetische Strahlung);
- e) Anleitungen für den Anschluss des Robotersystems an Energieversorgungen (insbesondere über Schutz gegen elektrische Überbelastung);
- f) Hinweise über Abfallbeseitigung/-entsorgung;
- g) Falls notwendig, Empfehlungen bezüglich vom Anwender zu treffende Schutzmaßnahmen; z. B. zusätzliche Schutzeinrichtungen (siehe ISO 12100-1:2003, Bild 1, Anmerkung 4), Sicherheitsabstände, Sicherheitszeichen und -signale.
- h) Anleitungen, wie Erstprüfung und Prüfungen des Robotersystems und dessen Schutzsystems vor der Erstbenutzung und der Aufnahme des Produktionsbetriebs durchgeführt werden müssen, einschließlich Funktionsprüfungen der Steuerung der reduzierten Geschwindigkeit.

7.2.4 Systeminformation

Informationen, die den Roboter selbst betreffen, z. B.:

- a) Ausführliche Systembeschreibung, seiner Befestigungen, seiner trennenden Schutzeinrichtungen und / oder nicht trennenden Schutzeinrichtungen;
- b) Umfassende Angabe der Anwendungsbereiche, für die das Robotersystem vorgesehen ist, einschließlich unerlaubter Anwendungen, falls vorhanden, Berücksichtigung von Veränderungen des ursprünglichen Robotersystems, falls angemessen;
- c) Spezifikationen der Sicherheitsanforderungen mit Beschreibung der von der Steuerung auszuführenden Sicherheitsfunktionen und deren Sicherheitsintegrität, diskrete Stoppschaltkreise, Sicherheitssteuerungen, Sicherheitssteuergeräte, sichere Kommunikation;
- d) Andere Steuergerätfunktionen, Bedientafeln, Programmierhandgeräte, Zustimmungseinrichtungen, Warnanzeigen;
- e) Diagramme (Anordnung/Layout, Steuerung, elektrisch, hydraulisch, pneumatisch, usw.);
- f) Daten über andere Gefährdungen, z. B. erzeugte Strahlung, Gase, Dämpfe, erzeugter Staub und Vibration mit Bezug auf die angewendete Meßmethode;
- g) Technische Dokumentation über die elektrische Ausrüstung (siehe IEC 60204 Serie);
- h) Es müssen Spezifikationen für Anforderungen an den Potentialausgleich (Erdung); elektrische Erdung (Ausgleichspotential) vorgesehen werden nach IEC 60204-1 8.2;
- i) Dokumente, die bestätigen, dass das Robotersystem den Pflichtanforderungen entspricht;
- j) Änderungen, die an Schutzmaßnahmen vorgenommen wurden, die ursprünglich mit den Bauteilen der Maschine geliefert wurden;
- k) Bearbeitung am Ende des Roboterarms (Endeffektor), Lastanalyse, Energieverlust, menschliches Eingreifen, Wartung.

7.2.5 Systemanwendung

Informationen bezüglich der Anwendung des integrierten Systems, z. B.:

- a) Risiken, die nicht durch konstruktive Schutzmaßnahmen des Konstrukteurs beseitigt werden können;
- b) Besondere Risiken, die von bestimmten Anwendungen ausgehen können, durch die Verwendung bestimmter Befestigungen, und über spezielle Schutzeinrichtungen, die für diese Anwendungen notwendig sind;
- c) Vernünftigerweise vorhersehbare Fehlanwendung und unerlaubte Anwendungen;
- d) Materialfluss;
- e) Bestimmungsgemäße Verwendung;
- f) Arbeitsbereiche und zugehörige Restrisiken (siehe ISO 11161);
- g) Aufgaben, Positionen und Wege zur Ausführung der Aufgaben;
- h) Wirkungsbereiche der Steuerung der verschiedenen Steuerungs- und Schutzeinrichtungen (siehe ISO 11161) (z. B. nicht trennende Schutzeinrichtungen, Rückstellung von nicht trennenden Schutzeinrichtungen, Zustimmungseinrichtungen, Einrichtungen zum Stillsetzen im Notfall, Bedienstationen, Einrichtungen zum Trennen der Energieversorgung);
- i) Beschreibung der manuellen Steuerungen (Stellteile), Zustimmungseinrichtungen, Sicherheitshalte;
- j) Einrichten und Einstellung;
- k) Arten und Einrichtungen für das Stillsetzen (insbesondere Stillsetzen im Notfall);
- l) Fehlererkennung und -position, Reparatur und Wiederanlauf nach Eingreifen;
- m) Persönliche Schutzausrüstung, die zu tragen ist und erforderliche Schulung;
- n) Anleitungen für Prüfungen oder Inspektionen, die nach Änderung von Bauteilen oder Zusatz von optionalen Ausrüstungsteilen erforderlich sind (Hardware und Software), die die Sicherheitsfunktion beeinflussen können.

7.2.6 Wartung

Informationen für die Wartung, z. B.:

- a) Art und Häufigkeit von Inspektionen für Sicherheitsfunktionen;
- b) Anleitungen zu Wartungsaufgaben, die bestimmtes technisches Wissen erfordern oder bestimmte Fähigkeiten und daher nur von entsprechend ausgebildetem Personen ausgeführt werden sollten (z. B. Wartungsteam, Spezialisten);
- c) Anleitungen zu Wartungsarbeiten (z. B. Austausch von Gebrauchsteilen), die keine besonderen Fertigkeiten erfordern und daher von Anwendern ausgeführt werden können (z. B. Bediener);
- d) Zeichnungen und Diagramme, mit denen das Wartungspersonal seine Aufgaben sachgemäß ausführen kann (insbesondere Fehlersuche).

7.2.7 Außerbetriebnahme

Informationen bezüglich Außerbetriebnahme, Demontage und Entsorgung.

7.2.8 Notfallsituationen

Informationen zu Notfallsituationen, z. B.:

- a) Art der zu verwendenden Feuerlöschschrüstung;
- b) Warnung zu möglichen Emissionen oder Austreten von Schadstoffen; und, falls möglich,
- c) Einrichtungen zur Bekämpfung der Auswirkungen.

7.2.9 Roboterspezifisch

Roboterspezifische Informationen z. B.:

- a) Informationen nach ISO 9946;
- b) Information nach ISO 10218-1;
- c) Falls anwendbar, Informationen über Hochgeschwindigkeitssteuerung über ein Programmierhandgerät;
- d) Anleitungen zum Einbau von Begrenzungseinrichtungen, einschließlich Anzahl, Position und Einstellungsgrad mechanischer Anschläge, einschließlich Anleitungen zu Anzahl, Position und Einsatz von nicht mechanischen Begrenzungseinrichtungen, und dynamisches Begrenzungsvermögen, falls vorhanden;
- e) Informationen über Anzahl und Betrieb von Zustimmungseinrichtungen und Anleitungen für den Einbau zusätzlicher Einrichtungen;
- f) Information zur Anhaltezeit und -weg oder -winkel (vom Auslösen des Stoppbefehls bei voller Nenndrehzahl, maximaler Auslenkung und maximaler Last) der drei Achsen mit der größten Auslenkung;
- g) Spezifikationen für alle Flüssigkeiten oder Schmierstoffe, die bei der Schmierung, Bremsen oder Übertragungssystemen innerhalb des Roboters verwendet werden, einschließlich Anleitungen zur korrekten Auswahl, Vorbereitung, Anwendung und Wartung prozesseigner Verbrauchsmaterialien;
- h) Informationen, die die Grenzen des Bewegungsbereichs und der Lastkapazität festlegen, einschließlich maximaler Masse, Position des Schwerpunkts des Werkstücks und Werkstückhaltevorrichtung;
- i) Informationen über zutreffende Normen, die der Roboter oder das Robotersystem erfüllt, einschließlich solche, die durch Dritte zertifiziert wurden; und
- j) falls anwendbar, Anleitung über synchronisierte Roboterbewegung und spezielle erforderliche Schulung für die Programmierer/Bediener.

7.2.10 Lärmangabe

Die Messung, Angabe und Verifizierung von Lärmemissionswerten muss nach ISO 3746 oder ISO 11202 erfolgen.

7.3 Kennzeichnung

Das Robotersystem muss sichtbar, lesbar und unauslöschbar mit mindestens folgenden Einzelheiten gekennzeichnet sein:

- Firmenname und vollständige Adresse des Herstellers und, falls möglich, sein bevollmächtigter Vertreter,
- Maschinenbezeichnung,
- Serien- oder Typenbezeichnung,
- Seriennummer, falls vorhanden,
- Baujahr, Jahr, in dem der Herstellungsprozess beendet wurde.

Anhang A (normativ)

Verzeichnis signifikanter Gefährdungen

Tabelle A.1 — Verzeichnis signifikanter Gefährdungen ¹⁾

	Beschreibung	Beispiel(e) zugehöriger Gefährdungssituationen	Zugehöriger Gefährdungsbereich	Abschnitt Bezug
1	Mechanische Gefährdungen			
1.1	Quetschen	Bewegungen (normal oder in der Singularität) eines Teils des Roboterarms (einschließlich zurück)	Eingeschränkter Raum	
		Bewegungen (normal oder in der Singularität) des Endeffektors oder eines beweglichen Teils der Roboterzelle	Um den Endeffektor oder um ein bewegliches Teil der Roboterzelle	
		Bewegungen (normal oder Singularität) der externen Achse	Um das Werkstück	
		Ausfall des Endeffektors (Ablösen)	Um den Endeffektor	
		Bewegung des Endeffektor-Werkzeugs an Serviceposition	An Serviceposition des Endeffektors	
			Im gemeinsamen Bereich zwischen Roboter und zugehöriger Maschinen	
		Unerwartete Bewegung von Maschinen oder Teilen der Roboterzelle während Förderbetrieb	Nahe an Maschinenteilen	
		Herabfallen oder Herausschleudern von Werkstoffen und Produkten	In Roboterzelle oder eingeschränktem Raum	
		Unerwartete Bewegung der Spannvorrichtungen oder des Greifers	Am Be- und Entladebereich, um Greifer (in manueller Betriebsart oder im kollaborierenden Betrieb)	
		Unerwartete Werkzeugfreigabe	Um Endeffektor und Werkzeugwechsler	
1.2	Abscheren	Bewegung der externen Achse	Um Hilfsausrüstung	
		Unerwartete Bewegung zugehöriger Maschine(n)	Im gemeinsamen Bereich zwischen Roboter und zugehöriger Maschinen	
		Manipulation von Produkten und Werkstoffen, einschließlich Herausschleudern	In eingeschränktem Raum oder innerhalb des Auswurfbereichs	
1.3	Schneiden oder Abtrennen	Bewegung oder Rotation scharfer Werkzeuge am Endeffektor	Um den Endeffektor	

1) Die Liste ist abgeleitet von ISO 14121:1999

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

	Beschreibung	Beispiel(e) zugehöriger Gefährdungssituationen	Zugehöriger Gefährdungsbereich	Abschnitt Bezug
		Unerwartete Bewegung zugehöriger Maschine(n)	Im gemeinsamen Bereich zwischen Roboter und zugehöriger Maschinen	
		Bewegung von Roboterteilen	Eingeschränkter Raum des Roboters	
		Manipulation von Produkten und Werkstoffen, einschließlich Herausschleudern	Im eingeschränkten Raum oder innerhalb des Auswurfbereichs	
		Bewegung eines vom Roboter gehaltenen Teils mit scharfen Kanten	Eingeschränkter Raum des Roboters	
1.4	Erfassen	Werkzeugrotation des Endeffektors	Um den Endeffektor	
		Rotation oder Bewegung der zugehörigen Maschine oder Werkzeugmaschine in der Roboterzelle	Um Zusatzmaschine oder Werkzeugmaschine	
		Rotationsbewegung einer der Roboterachsen		
		Lose Kleidung, lange Haare	Innerhalb Bewegungsbereichen in der Zelle	
1.5	Einziehen oder Fangen	Zwischen Roboterarm und einem festen Gegenstand	Um feste Gegenstände in der Nähe des eingeschränkten Raums	
		Zwischen Endeffektor und einem festen Gegenstand (Zaun, Balken, usw.)	Um feste Gegenstände in der Nähe des eingeschränkten Raums	
		Nicht vorhandene Möglichkeit, die Roboterzelle zu verlassen (durch Zellentür) für einen eingeschlossenen Bediener im Automatikbetrieb	Roboterzelle	
		Zwischen Befestigungen (Hineinfallen); zwischen Shuttles, Versorgungseinrichtungen	In der Nähe von festen Gegenständen oder mehreren sich bewegenden Gegenständen im eingeschränkten Raum	
1.6	Stoß	Bewegungen (normal oder in der Singularität) eines Teils des Roboterarms oder mobilen Teilen der Roboterzelle	Eingeschränkter Raum	
		Bewegungen (normal oder in der Singularität) des Endeffektors	Um den Endeffektor oder um ein mobiles Teil der Roboterzelle	
		Bewegung des Endeffektorwerkzeugs an Serviceposition	An Serviceposition des Endeffektorwerkzeugs oder an einem mobilen Teil der Roboterzelle	
		Manipulation von Produkten und Werkstoffen, einschließlich Herausschleudern	In Be- und Entladebereichen, im eingeschränkten Raum oder innerhalb des Auswurfbereichs	
		Bewegung externer Achsen	Eingeschränkter Raum	

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

	Beschreibung	Beispiel(e) zugehöriger Gefährdungssituationen	Zugehöriger Gefährdungsbereich	Abschnitt Bezug
1.7	Durchstich oder Einstich	Bewegung oder Rotation des scharfen Werkzeugs am Endeffektor oder an externen Achsen, befördertes Teil und zugehörige Ausrüstung	Um den Endeffektor, in der Nähe der zugehörigen Ausrüstung oder an einem mobilen Teil der Roboterzelle	
	Reibung, Abrieb	Unbeabsichtigte Bewegung eines Endeffektors (prozessspezifisch für Schleifscheiben, usw.)	In der Nähe des Endeffektors	
	Einspritzen/ Herausspritzen von Flüssigkeiten/ Gas unter hohem Druck	Unbeabsichtigte Bewegung oder Betätigung eines Endeffektors oder zugehöriger Ausrüstung (einschließlich robotergesteuerter externer Achsen)	Eingeschränkter Raum und in der Nähe des Endeffektors oder der zugehörigen Ausrüstung	
	Gespeicherte Energie	Unerwartetes Freisetzen potentieller Energie aus Speicherquellen	In der Nähe sich bewegender Bauteile, die Druckspeicher, Federn und andere Speicherquellen für gefährdende Energie beinhalten	
2	Elektrische Gefährdungen			
2.1	Kontakt von Personen mit spannungsführenden Teilen (direkter Kontakt)	Kontakt mit spannungsführenden Teilen oder Verbindungen	Steuerschrank, Anschlusskästen, Schaltpulte an der Maschine	
		Verwechslung von verschiedenen Spannungen innerhalb eines Systems	Steuerschranke und Anschlüsse; d.h. Antriebsenergie, Steuerenergie (24v vs 110v)	
	Kontakt von Personen mit Teilen, die aufgrund von Fehlerbedingungen spannungsführend geworden sind	Kontakt mit diskreten Bauteilen im elektrischen (elektronischen) Schaltkreis, d. h. Kondensatoren	Bei Fehlerbeseitigung im Schaltkreis	
	Annäherung an spannungsführende Teile unter Hochspannung	Gefährdung durch Lichtbogenstrahl	Schaltsschränke und nicht isolierte Leitungen innerhalb vorgeschriebener Abstände für verschiedene Spannungen	
		Arbeitsprozesse unter Hochspannung oder Hochfrequenz, d. h. elektrostatisches Lackieren Induktionserwärmung	Innerhalb des Arbeitsbereichs des Robotersystems	
		Schweißbearbeitungen unter Hochspannung	Schweißsteuerschrank, Kabel und Schweißendeffektor	

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

	Beschreibung	Beispiel(e) zugehöriger Gefährdungssituationen	Zugehöriger Gefährdungsbereich	Abschnitt Bezug
3	Gefährdung durch thermische Energie			
	Berühren von extrem kalten oder heißen festen Werkstoffen, Flüssigkeiten oder Gasen	Heiße Oberflächen in Verbindung mit dem Endeffektor; oder zugehöriger Ausrüstung oder Werkstück	In der Nähe heißer Gegenstände d. h. Schweißbrenner, heißer Werkstoffe in Schmiedepressen, Spritzgießen, in der Nähe von Schleif- und Abgratvorgängen, bei denen durch Reibung Wärme erzeugt wird	
		Kalte Oberflächen oder Gegenstände	Anwendungen, mit Tieftemperaturverfahren	
	Feuer, Explosion, Strahlung von Wärmequellen	Prozessbedingte explosionsfähige Atmosphäre, d.h. Lackieren (versprühte Partikel, Pulverbeschichten), entzündliche Lösungsmittel, Schleif- und Frässtaub	Bei Lackieranwendungen, in der Nähe von Staubabscheidersystemen, Reinigungstanks, Abdichteinrichtungen	
	Kalte oder heiße Arbeitsumgebung	Gefährdung durch prozessunterstützende extreme Temperaturen	In der Nähe von Schmiede-, Gieß-, Pressverfahren mit geschmolzenen Werkstoffen; in der Nähe von Öfen zum Kochen oder Heizen (Autoklaven); in Tiefkühlgeräten oder Kältekompressoren für Nahrungsmittel, usw.	
4.	Gefährdung durch Lärm			
	Auswirkung auf Gehör und Gleichgewicht, Bewusstsein	Gleichgewichtsverlust, Orientierungslosigkeit im Arbeitsbereich der Roboterzelle	In der Nähe von oder zwischen lärmintensiven Geräuschquellen, d.h. in der Nähe eines Roboters, der zwei Pressen bedient; in der Nähe von Pumpen und Ventilen; Bearbeitungen mit Metallbeseitigung	
			Spezielle Anwendungen, z. B. mit Wasserstrahl	
	Auswirkung auf Sprachkommunikation, Wahrnehmung akustischer Signale	Es ist nicht möglich, dass zwei Personen, die einer Aufgabe zugeteilt sind, ihre Handlungen über normale Konversation abstimmen können	Innerhalb eines Gefährdungsbereichs, d.h. im eingeschränkten Raum	
		Umgebungsgeräuschpegel sehr hoch oder unruhig, so dass das Hören oder Verstehen akustischer Warnsignale verhindert ist	In der Nähe der Zelle oder des Robotersystems, einschließlich außerhalb des geschützten oder durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums.	
	Gehörverlust	Langzeitbelastung durch erhöhte Lärmpegel	In der Nähe der Zelle oder des Robotersystems, einschließlich außerhalb des geschützten oder durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums	

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

	Beschreibung	Beispiel(e) zugehöriger Gefährdungssituationen	Zugehöriger Gefährdungsbereich	Abschnitt Bezug
5	Gefährdung durch Vibration			
		Lösen von Verbindungen, Befestigungen, Bauteilen führt zu unerwartetem Stillsetzen oder Ablösen von Teilen	Eingeschränkter Raum	
6	Gefährdung durch Strahlung			
		Störung des ordnungsgemäßen Robotersystembetriebs durch elektromotorische Kraft	Eingeschränkter Raum	
		Gefährdung durch prozessbedingte Strahlung, d.h. Lichtbogenschweißen, Laser	An oder in der Nähe der Roboterzelle (automatische und manuelle Betriebsarten)	
7	Gefährdungen durch Materialien und Substanzen			
	Kontakt mit schädlichen Flüssigkeiten	Servicetätigkeiten, Schmierung und Austausch von Bauteilen, die mit Flüssigkeit umgeben sind; Kühlschmierstoffe und Prozessfluide	In der Nähe des Robotersystems und zugehöriger Ausrüstung	
	Korrosionsrauche und -staub	Unerwarteter Ausfall an mechanischen und elektrischen Bauteilen des Robotersystems und an Schutzsystemen	Eingeschränkter Raum und Materialeingangs- und -ausgangspunkte	
8	Gefährdungen durch Missachtung ergonomischer Grundsätze bei der Gestaltung			
8.1	Ungesunde Haltungen oder extreme Anstrengungen (sich wiederholende Belastungen)	Schlecht gestaltetes Programmierhandgerät, HMI Touch Screen oder Bedientafel zu weit entfernt oder zu hoch	Programmierhandgerät, HMI Touch Screen, Bereich Bedientafel	
		Schlecht gestaltete Be- und Entladestation. Weite Entfernung zwischen Standort des Teilebehälters und des Be- und Entladebereichs.	Be- und Entladebereich(e)	
		Schlecht gestaltete Zustimmungseinrichtungen	In der Nähe des eingeschränkten Raums des Robotersystems einschließlich aller zugehöriger Achsen und Ausrüstung	
8.2	Ungenügende Beachtung der Anatomie Hand-Arm oder Fuß-Bein	Ungeeigneter Anbringungsort der Bedienelemente	An Be- und Entladepositionen von Werkstücken, Positionen für die Werkzeugmontage, das Einrichten, Schleifen oder Reinigen	

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

	Beschreibung	Beispiel(e) zugehöriger Gefährdungssituationen	Zugehöriger Gefährdungsbereich	Abschnitt Bezug
8.7	Unzureichende Gestaltung, ungeeigneter Anbringungsort oder ungeeignete Kennzeichnung von Handsteuerungen	Unbeabsichtigtes Betätigen von Bedienelementen	An oder in der Nähe der Roboterzelle, an Bedientafel(n) und / oder HMI Position	
		Schwer erreichbar, zusätzliche Gefährdungen durch ungeeigneten Anbringungsort der Bedienelemente	Bedienstation	
		Schwer erreichbar, zusätzliche Gefährdungen durch ungeeigneten Anbringungsort von Bauteilen, die Zugang für vorhersehbare Wartungstätigkeiten erfordern (Fehlerbeseitigung, Reparatur, Einstellung)	Im und um das Robotersystem	
	Unangemessene örtliche Beleuchtung	Gefährdungen und Gefährdungssituationen können aufgrund unzureichender Ausleuchtung des Bereichs nicht erkannt werden	Im und um das Robotersystem	
		Bauteile in Einbauräumen, die vorhandene Beleuchtung verdecken	Bedientafeln für Ausrüstung, Bereiche unterhalb Befestigungen und eingehauste Räume	
8.8	Ungenügende Gestaltung oder ungeeigneter Anbringungsort der optischen Anzeigeräte	HMI Einheiten sind zu hoch oder tief angebracht für angemessene Sicht	Bedienstation(en)	
9	Gefährdungen durch die Kombination verschiedener Gefährdungen			
	Höhere Gewalt	Umweltbedingte Aspekte, die sich auf die Konstruktion auswirken können; d. h. Einbau in Erdbebengebieten	Überall in der Nähe des Robotersystems, wo plötzliche Gefährdungen auftreten können aufgrund mehrerer Fehler/Situationen	
	Selbst verursachte Fehler	Fehleinschätzung des tatsächlichen Problems und der damit verbundenen Probleme durch falsche oder unnötige Handlungen	In Arbeitszelle	
	Unsicherer Reflexhandlung	Eine Handlung oder ein Fehler erhöht die Verletzungsschwere; d. h. beim Versuch eine scharfe Kante zu vermeiden, kommt man stattdessen mit einer heißen Oberfläche in Berührung	In der Nähe des Endeffektors oder Verfahrensbereichs	

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

	Beschreibung	Beispiel(e) zugehöriger Gefährdungssituationen	Zugehöriger Gefährdungsbereich	Abschnitt Bezug
10	Unerwarteter Anlauf			
10.2	Wiederkehrende Energieversorgung nach einer Unterbrechung	Unerwartete Bewegungen des Roboters oder Endeffektoren oder zugehöriger Maschine	An oder in der Nähe der Roboterzelle. Im Be- und Entladebereich	
10.3	Äußere Einflüsse auf die Energiequelle	Unvorhersehbares Verhalten der Maschinensteuerungen infolge elektromagnetischer Störungen oder Spannungstöße in der Energiequelle	An oder in der Nähe der Roboterzelle. An oder in der Nähe von zugehörigen Maschinenbereichen	
	Unerwarteter Start	Robotersystem soll von einer Person gestartet werden, dieser Vorgang wird jedoch von einer anderen Person nicht erwartet	Eingeschränkter Raum	
		Fehlinterpretation kollaborierender Roboter oder gleichzeitiger Bewegung	Eingeschränkter Raum	
11	Gefährdung durch Unmöglichkeit			
		Ausgegebener Stoppbefehl stoppt den Roboter in nicht abgeschlossenem Zyklus	Eingeschränkter Raum	
12	Gefährdung durch Änderungen in der Werkzeugdrehzahl			
		Die Geschwindigkeit des Robotersystems kann einstellbar sein, weil verschiedene Aufgaben verschiedene Geschwindigkeiten erforderlich machen	Eingeschränkter Raum	
13	Ausfall der Energieversorgung (externe Energiequellen)			
		Fehlfunktion der Steuerung mit nachfolgendem Lösen der Haltevorrichtungen am Beladetisch oder an den Endeffektoren. Durch Bewegung unter Restkräften (Trägheit, Schwerkraft, Feder-/Energiespeichermittel) Geschosswirkung	An Beladeposition oder am Endeffektor, an der das Werkstück durch Anwendung von Kraft oder Fluiddruck im sicheren Zustand verbleibt. An oder nahe zugehöriger(n) Maschinenbereiche(n)	
		Fehlfunktionen der Steuerung mit nachfolgendem Lösen der Bremse des Roboterarms. Das Lösen der Bremse bewirkt eine unerwartete Bewegung der Roboter Elemente bei Restkräften (Trägheit, Schwerkraft, Feder-/Energiespeichermittel)	An oder nahe der Roboterzelle, wo Roboter Elemente durch Anwendung von Kraft oder Fluiddruck in einem sicheren Zustand verbleiben. An oder nahe zugehöriger(n) Maschinenbereiche(n)	

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

	Beschreibung	Beispiel(e) zugehöriger Gefährdungssituationen	Zugehöriger Gefährdungsbereich	Abschnitt Bezug
14	Ausfall der Steuerung (Hardware oder Software)			
		Unerwartete Bewegungen des Roboters, der Endeffektoren, der Hilfsachse oder zugehöriger Ausrüstung(en)	An oder in der Nähe der Roboterzelle und an oder nahe der zugehörigen Ausrüstung(en)	
		Ausfall der vorgesehenen Funktion einer Schutzeinrichtung	In der Nähe der Schutzeinrichtung oder im geschützten Arbeitsbereich	
		Ausfall der vorgesehenen Funktion einer zugehörigen Maschine	In der Nähe der zugehörigen Ausrüstung	
15	Gefährdung durch fehlerhafte Befestigung			
		Lose ungesicherte Schlauchleitungen und Bauteile sondern sich ab oder schlagen umher	In der Nähe des Endeffektors, des Steuerpults oder Position von Versorgungsleitungen	
		Unsachgemäßer Einbau von Bauteilen, verursacht unerwartete Bewegung / Gefährdung	In der Nähe der Zelle des Robotersystems	
16	Gefährdung durch Bruch während des Betriebs			
		Brechen oder Lösen von Hochgeschwindigkeitsdrehteilen aus Haltevorrichtungen	Eingeschränkter Raum oder innerhalb Auswurfbereich von herausgeschleuderten Teilen	
		Überlastung des Roboterarms oder der zugehörigen Ausrüstung führt zum Bruch oder Verbiegen von mechanischen Bauteilen	Eingeschränkter Raum, insbesondere unterhalb der Z-Achse, an der Schwerkraft die Bewegung beeinflussen kann	
17	Gefährdung durch herabfallende oder herausgeschleuderte Gegenstände oder Flüssigkeiten			
		Kontakt durch prozessbezogenen Ausstoß (d. h. Punktschweißen)	An oder in der Nähe der Roboterzelle (automatische und manuelle Betriebsarten))	
		Ausfall der Haltevorrichtung für Teile	In der Nähe der Endeffektoren	
18	Stabilitätsverlust, Kippen der Maschinen			
		Nicht befestigter Roboter oder zugehöriges Maschinenteil (durch Schwerkraft in Position gehalten) fällt oder kippt	An oder in der Roboterzelle und an oder in der Nähe zugehöriger Maschinenbereiche	
		Handhabungsfehler während Inbetriebnahme oder Außerbetriebnahme	In unmittelbarer Nähe des Roboters	
		Teile können herabfallen, falls nicht ordnungsgemäß angebracht oder nicht ordnungsgemäß eingebaut		
19	Stürzen, Stolpern, Ausrutschen			
		Unzureichende Beleuchtung in Bedienbereich oder Roboterzelle	Im eingeschränkten Raum und / oder an Teilen der Roboterzelle	

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

	Beschreibung	Beispiel(e) zugehöriger Gefährdungssituationen	Zugehöriger Gefährdungsbereich	Abschnitt Bezug
		Hindernisse auf Zellenboden	Roboterzelle oder Be- und Entladebereich(e)	
		Rutschiger Boden	An oder in der Nähe der Roboterzelle	
		Ungünstige Lage von Versorgungseinrichtungen		
20	Gefährdungen in Verbindung mit besonderen Maschinenarten			
		Besondere anwendungsspezifische Gefährdungen	Arbeitszelle des Robotersystems	
^a Abschnittsreferenzen werden im FDIS Status ergänzt				

Anhang B (normativ)

Bewertung der Lärmemission

Die Lärmemission muss entweder tatsächlich für die betreffenden Maschinen gemessen oder auf der Grundlage von durchgeführten Messungen von technisch vergleichbaren Maschinen bewertet werden, die für die herzustellenden Maschinen repräsentativ sind.

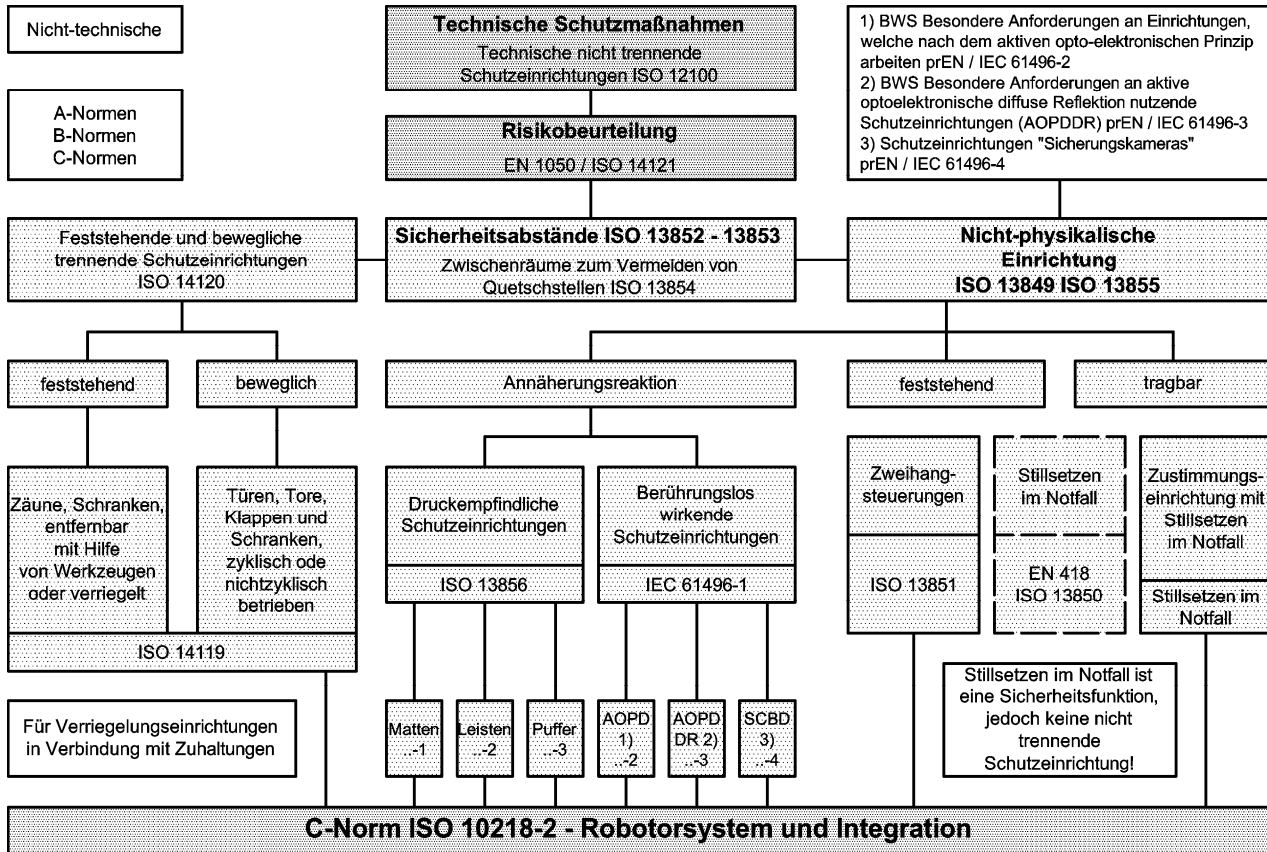
Da Robotersysteme in der Regel große Abmessungen haben, kann statt des A-bewerteten Schalleistungspegels der A-bewertete Schalldruckpegel an festgelegten Positionen um die Maschinen angegeben werden.

Die Emissionsmessung des Schalldruckpegels an der Arbeitsstation muss nach ISO 11202:1995 unter folgenden Bedingungen durchgeführt werden:

- Robotersystemprozess läuft im realen Produktionsbetrieb;
- automatische Betriebsart;
- Nennlast.

Anhang C (informativ)

Richtlinien für die Auswahl nicht trennender Schutzeinrichtungen in Anlehnung an Normen



Anhang D
(informativ)

Abmessungen von Zwischenräumen zur Verhinderung des Zugangs

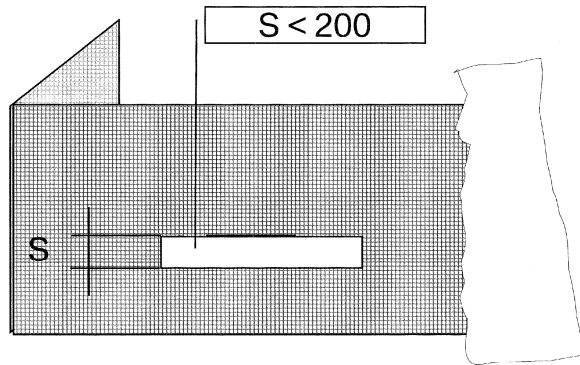


Bild D.1 — Keine zusätzlichen Schutzmaßnahmen nach ISO 13857:2008

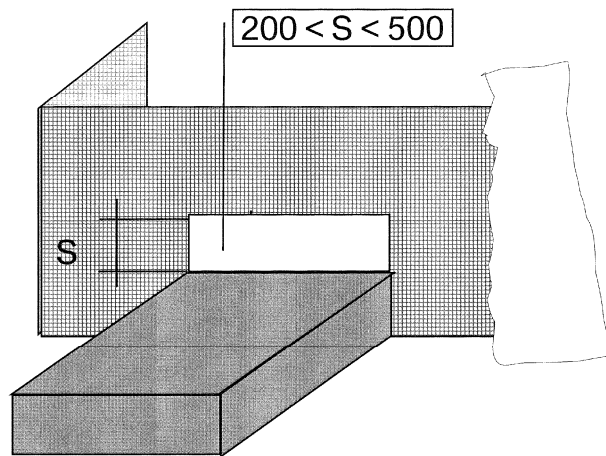


Bild D.2 — Handhabungssystem, Förderer oder Maschinenteile erweitern/verbessern den Schrankeneffekt

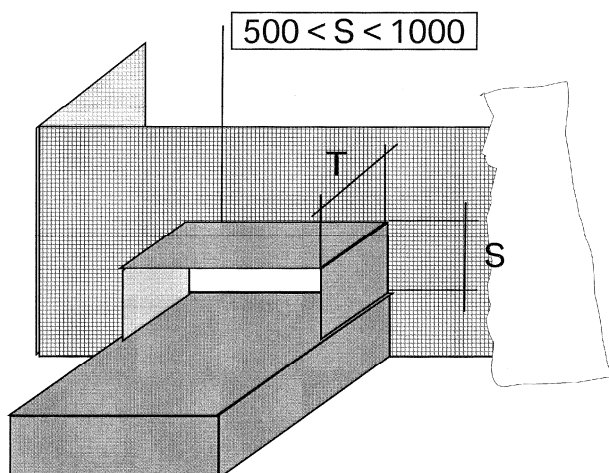


Bild D.3 — Zusätzliche trennende Schutzeinrichtung (Tunnel) erschwert leichtes Erreichen des Gefährdungsbereichs

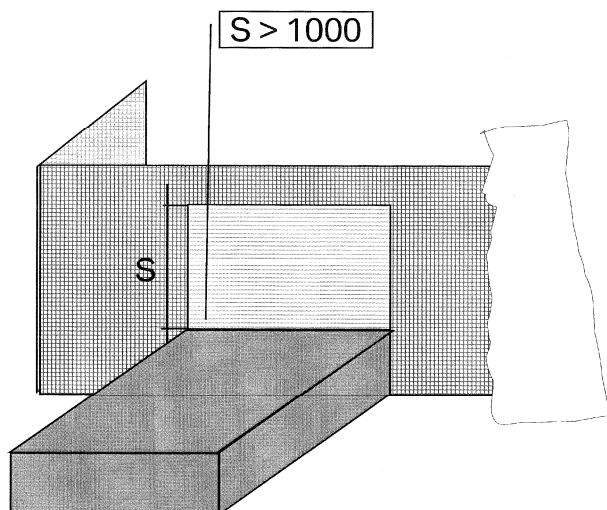


Bild D.4 — Zusätzliche BWS oder bewegliche trennende Schutzeinrichtung (Materialhandhabungssystem oder Fördereinrichtung ist zugänglich/begehrbar)

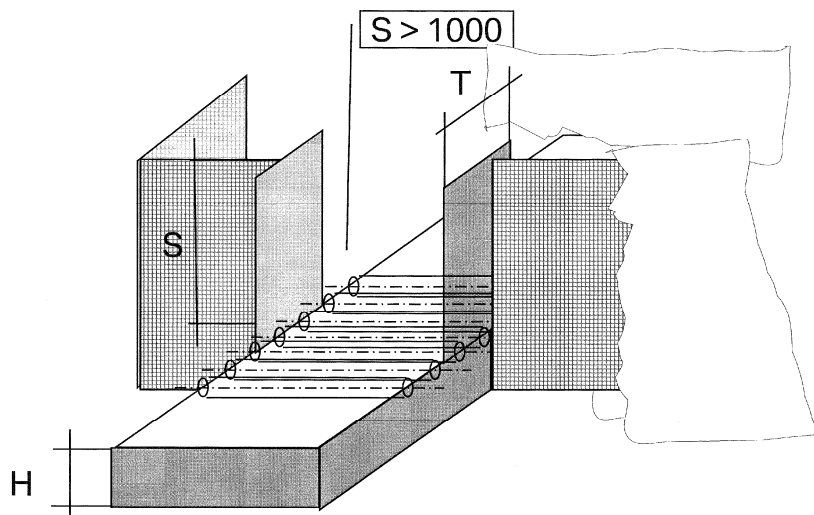


Bild D.5 — Ergänzende seitliche trennende Schutzeinrichtungen, machen Materialhandhabungssysteme oder Fördereinrichtungen unzugänglich/unbegehbar

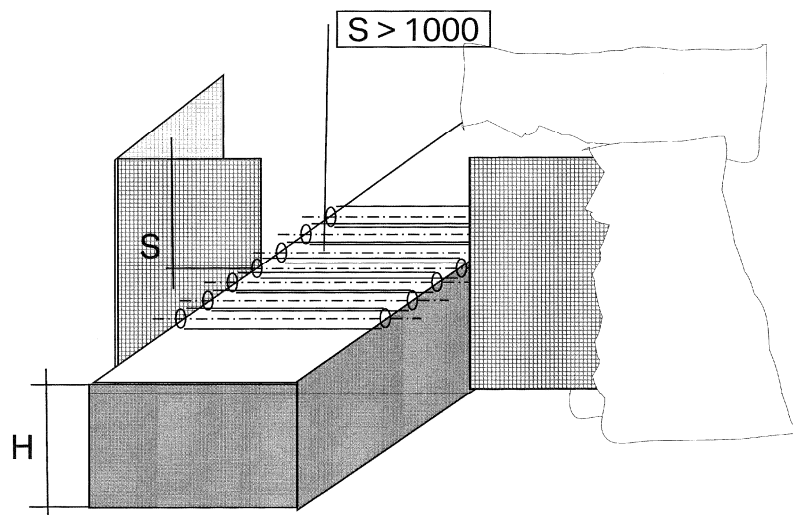


Bild D.6 — Materialhandhabungssysteme oder Fördersysteme nicht zugänglich/begehbar

Anhang E (informativ)

Dynamischer eingeschränkter Raum

Mechanische Anschläge verhindern den Roboterbetrieb zwischen 90° und 270° und ermöglichen den Betrieb zwischen 270° und 90°. Grenzschalter sind so konfiguriert, dass sie in einer diversitären redundanten ergänzenden Art arbeiten und in Bezug auf zeitliche Steuerung und ordnungsgemäßen Betrieb hin überwacht werden. Die Robotersteuerung lässt Bewegungen in eine angrenzende Bedienstation nur zu, wenn der Lichtvorhang in dieser Station klar ist. Zusätzliche Base-Begrenzungssensoren werden in der Regel zur Leistungsoptimierung des Muting verwendet, wenn sich der Roboter in einem sicheren Abstand zu den Bedienstationen befindet. Die Torverriegelung ist im Automatikbetrieb immer aktiviert (nie Muting). Mutingeinrichtungen, Anzeigen und Schaltkreise werden von der Mutingsteuerung zyklisch auf ordnungsgemäßen Betrieb überwacht oder wenn ein Statuswechsel erfolgt oder erfolgen soll.

ANMERKUNG Mutingeinrichtungen sind nicht notwendigerweise mechanische Schalter.

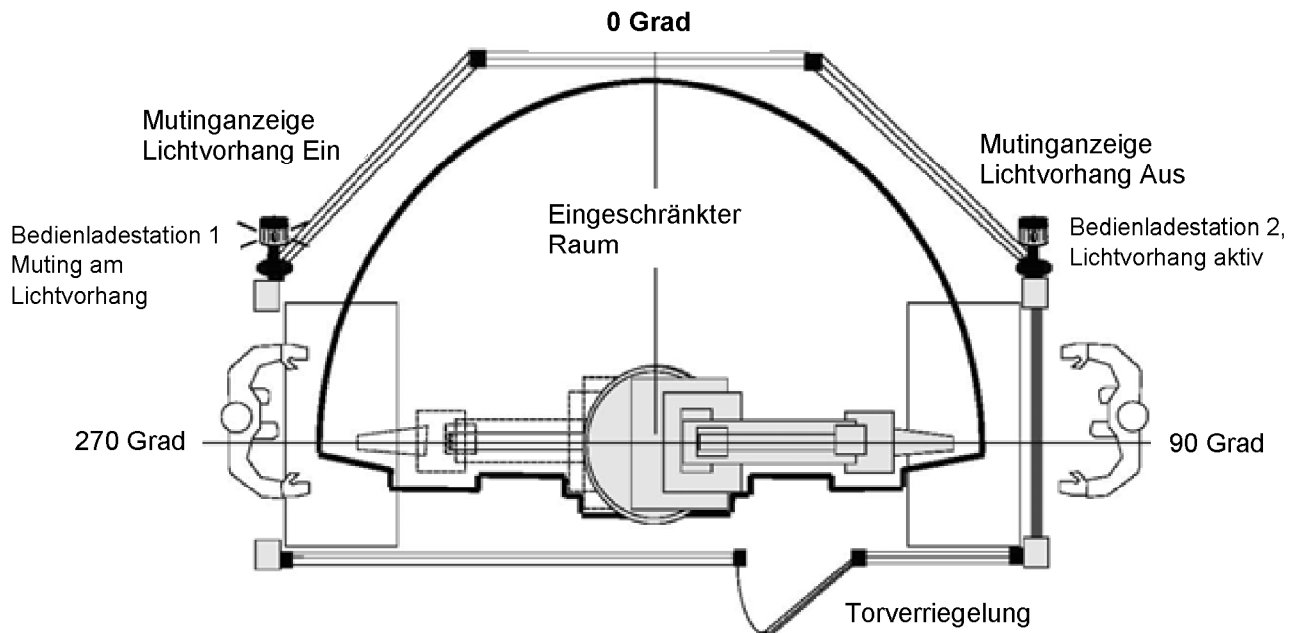


Bild E.1 — Dynamisch eingeschränkter Raum

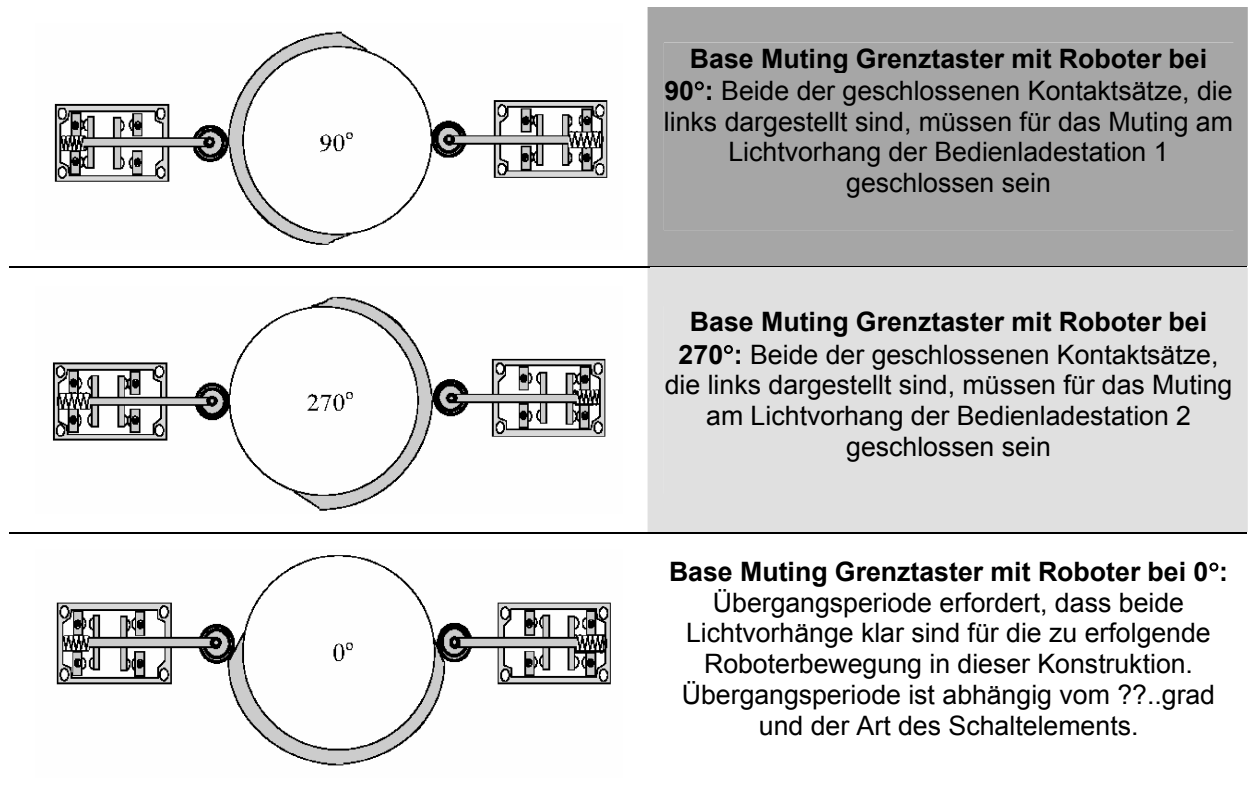
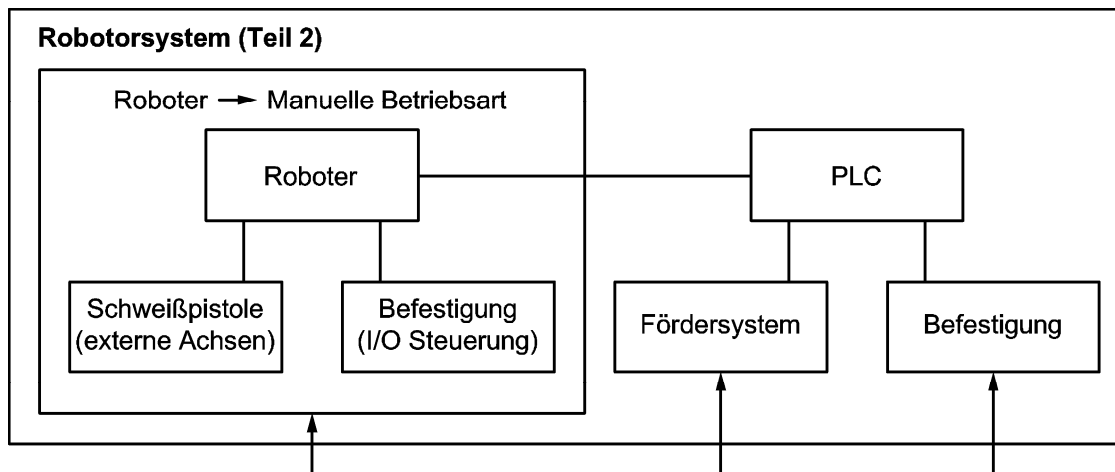


Bild E.2 — Base Muting Grenztaster

Anhang F (informativ)

Betriebsartenwahl



Anhang G
(informativ)

Betrieb von Zustimmungseinrichtungen

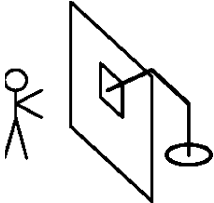
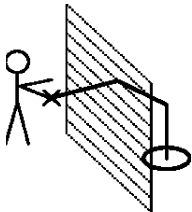
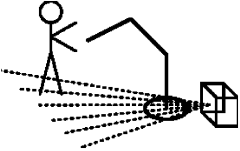
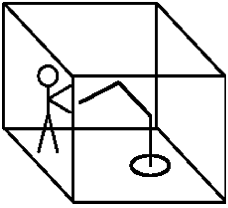
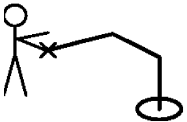
Tabelle G.1 — Wahrheitstabelle für Maschinenbetrieb und Positionen von Zustimmungseinrichtungen

		Person A		
		Position 1	Position2	Position 3
Person B	Position 1	AUS	AUS	AUS
	Position 2	AUS	EIN	AUS
	Position 3	AUS	AUS	AUS

Die Ausrüstung darf nur **EIN** sein, wenn sich **BEIDE** Zustimmungseinrichtungen in Position 2 befinden – der centre-enabled Position.

Anhang H (informativ)

Eigenschaften von kollaborierenden Robotern

Anwendungsart	Beschreibung	Schutzeinrichtungen	Ziele
 <p>Hand über Fenster</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Selbstständiger Automatikbetrieb innerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums – Roboter bewegt sich in Fenster – Keine Unterbrechung des Automatikbetriebs während des Zugangs 	<ul style="list-style-type: none"> – Feststehende oder sensitive trennende Schutzeinrichtungen um den Arbeitsraum – Reduzierte Geschwindigkeit und reduzierter Arbeitsraum neben dem Fenster (Kategorie 3 ISO 13849-1:1999) – Kein Arbeitsraum des Roboters außerhalb des Fensters – Falls untere Fensterkante unter 1m, Schutzeinrichtungen nach 6.3.2.2 	<ul style="list-style-type: none"> – Be- und Entladen – Prüfen, benching, ?? Reinigung – Service/Wartung
 <p>Schnittstelle Fenster</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Selbstständiger Automatikbetrieb innerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums – Roboter stoppt an Schnittstelle Fenster und kann dann manuell aus der Schnittstelle bewegt werden. 	<ul style="list-style-type: none"> – Feststehende oder sensitive trennende Schutzeinrichtungen um den Arbeitsraum – Reduzierte Geschwindigkeit und reduzierter Arbeitsraum außerhalb des Fensters und neben dem Fenster (Kategorie 3 ISO 13849-1:1999) – Tippschaltung (Kategorie 3 ISO 13849-1:1999) für geführte Bewegung 	<ul style="list-style-type: none"> – Automatisches Stapeln/Abstapeln – Geführte Montage – Geführtes Füllen / Un-filling ?? – Prüfen, benching, Reinigung – Service/Wartung
 <p>Kollaborationsraum</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Selbstständiger Automatikbetrieb innerhalb eines gemeinsamen Arbeitsraums – Roboter reduziert Geschwindigkeit und/oder stoppt, wenn eine Person den gemeinsamen Arbeitsraum betritt 	<ul style="list-style-type: none"> – Personenerkennungssystem (Kategorie 3 ISO 13849-1: 1999) – Reduzierte Geschwindigkeit je nach Abstand (Kategorie 3 ISO 13849-1:1999) – Roboter stoppt sicher, wenn Zugang zu untersagtem Raum erfolgt und läuft nach Herstellung des Sicherheitsabstands automatisch wieder an, 	<ul style="list-style-type: none"> – Gemeinsame Montage – Gemeinsame Handhabung – Prüfen benching, Reinigung – Service/Wartung
 <p>Prozessbeobachtung</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Selbstständiger Automatikbetrieb innerhalb des durch Schutzeinrichtungen abgegrenzten Raums – Eine Person betritt den Kollaborationsraum während der Roboter den Betrieb bei reduzierter Geschwindigkeit und reduziertem Verfahrensweg. fortsetzt 	<ul style="list-style-type: none"> – Prozessbeobachtung nur im erforderlichen Fall, nach ISO 11161 Abschnitt 8.5.2 – Feststehende oder sensitive trennende Schutzeinrichtungen um den Arbeitsraum – Personenerkennungssystem oder Zustimmungseinrichtung (Kategorie 3 ISO 13849-1:1999) – Reduzierte Geschwindigkeit und reduzierter Arbeitsraum nach Betreten des Arbeitsraums (Kategorie 3 ISO 13849-1:1999). – Maßnahmen gegen Fehlanwendung 	<ul style="list-style-type: none"> – Beobachtung und Einstellen von Prozessen, z. B. Schweißvorgang
 <p>Handgeführter Roboter</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Anwendungsspezifischer Arbeitsraum – Bewegung durch Handführung – Die Hand, die Bewegung ausführt, wird an einer Bahn entlang geführt 	<ul style="list-style-type: none"> – Reduzierte Geschwindigkeit (Kategorie 3 ISO 13849-1:1999) – Tippschaltung (Kategorie 3 ISO 13849-1:1999) – Kollaborationsraum abhängig von anwendungsspezifischen Gefährdungen 	<ul style="list-style-type: none"> – Handgeführte Montage, Lackieren, usw.

Anhang I (informativ)

Schutzeinrichtungen zur Anwesenheitserkennung – Zusätzliche Informationen

I.1 Auslösen der Schutzeinrichtung zur Anwesenheitserkennung (PSDI)

Bei bestimmten Anwendungen können die sensitiven Schutzeinrichtungen zusätzlich zu ihrer Schutzfunktion auch für das erneute Auslösen des zyklischen Maschinenbetriebs angewendet werden. Folgende Betriebsarten des erneuten Auslösens sind in IEC 61496-1 definiert:

- einfache Unterbrechung: Das Aktivieren und Deaktivieren der sensitiven Einrichtung löst den Maschinenbetrieb wieder aus
- zweifache Unterbrechung: Zwei aufeinanderfolgende Aktivierungen und Deaktivierungen der sensitiven Einrichtung lösen den Maschinenbetrieb aus.

Das Wiederauslösen des zyklischen Betriebs durch Schutzeinrichtungen zur Anwesenheitserkennung darf nur bei Einzelbedienung und Handbedienungen mit wiederholten, kurzen zyklischen Bedienvorgängen berücksichtigt werden.

Die Anwendung von wiederauslösenden Schutzeinrichtungen zur Anwesenheitserkennung muss auf Anwendungen beschränkt sein mit Typ 4 Aktive opto-elektronische Schutzeinrichtungen (AOPD), die als kombinierte Schutzeinrichtung mit Annäherungsreaktion und Einrichtung zur Anwesenheitserkennung verwendet werden.

Folgende zusätzliche Anforderungen müssen erfüllt sein:

- Wiederauslösen der Schutzeinrichtung zur Anwesenheitserkennung darf nur für Produktionsabläufe angewendet werden. Einrichten, Teachen und Wartung, usw. dürfen nicht in der Betriebsart Wiederauslösen der Schutzeinrichtungen zur Anwesenheitserkennung erfolgen;
- Es darf nicht möglich sein, dass Personen durch den Erkennungsbereich in Richtung Gefährdungsbereich gelangen und so das Wiederauslösen des Maschinenbetriebs verursachen. Dies kann die Anwendung zusätzlicher Schutzmaßnahmen erfordern. Bei Verwendung entferntbarer mechanischer trennender Schutzeinrichtungen müssen diese mit der Steuerung so verriegelt sein, dass ihr Entfernen die Maschine stoppt und ihren Wiederanlauf verhindert bis ein manueller Neustart durchgeführt wurde;
- Zugang zum Gefährdungsbereich darf nicht möglich sein ohne Auslösen der AOPD;
- Eine Start- und Wiederanlaufverriegelung muss vorgesehen werden;
- Die Schutzausrüstung darf nicht die einzige Maßnahme zum Auslösen des Maschinenbetriebs sein. Konventionelle Bedienelemente zum Starten der Maschine (z. B. Drucktaster, Fußpedale) und entsprechende Betriebsartenwahl (nur trennende Schutzeinrichtung, einfaches Auslösen Wiederauslösen, zweifaches Auslösen Wiederauslösen) der Schutzausrüstung unter Verwendung von z. B. eines schlüsselbetätigten Schalters müssen vorgesehen werden.
- Sind mehrere AOPD's zum Schutz der Maschine vorhanden, darf nur eine davon zu einem Zeitpunkt den Wiederanlauf auslösen. Nach einer Änderung, welche AOPD den Wiederanlauf des zyklischen Betriebs auslöst, darf ein Neustart nur durch eine bewusste manuelle Handlung erfolgen.

Bei Auswahl von Einzel- oder Zweifachbetätigung, müssen die Betriebsbedingungen wie folgt sein:

- der erste Maschinenzyklus muss mit Hilfe eines konventionellen Startbedienelements ausgelöst werden. Dann können weitere Abläufe ausgelöst werden, je nach Auswahl der Betätigungsart, vorausgesetzt, dass:
- der Betrieb innerhalb einer den Zykluszeiten der Maschine entsprechenden Zeit wieder ausgelöst wird; und
- wenn das Wiederauslösen nicht in der vorgesehenen Zeit erfolgt, die Schutzausrüstung eine Wiederanlaufverriegelung auslöst. Diese Zeit muss so kurz wie möglich sein, darf jedoch 30 s nicht überschreiten.
- das Wiederauslösen nur auftritt, wenn die Beätigungsdauer der Schutzausrüstung nicht weniger als 100 ms beträgt;
- keine Betätigung der Schutzausrüstung während des gefährdenden Betriebs erfolgt. Diese Betätigung muss eine Wiederanlaufverriegelung auslösen, die einen konventionellen manuellen Neustart der Maschine erfordert.

ANMERKUNG 1 Ein Funktionstest der Schutzausrüstung wird vor einem Start unter Anwendung des Wiederauslösens durch einfaches oder zweifaches Auslösen empfohlen.

Das Wiederauslösen der Schutzeinrichtung zur Anwesenheitserkennung muss Folgendes erfüllen:

- die Auswahl des Wiederanlaufs einer Schutzeinrichtung zur Anwesenheitserkennung muss eine getrennte und bewusste Handlung erfordern;
- es muss ein Timer vorgesehen werden, um den Wiederanlauf der Schutzeinrichtung zur Anwesenheitserkennung zu deaktivieren, im Falle einer Verzögerung zwischen dem Auslösen während der Produktion;
- die "part-in-place" Erkennung muss verwendet werden, so dass das Teil/Werkstück an der vorgesehenen Position ist, zum Betrieb des Wiederauslösens der Schutzeinrichtungen zur Anwesenheitserkennung;
- für das Wiederauslösen der Schutzeinrichtungen zur Anwesenheitserkennung müssen Schutzeinrichtungen auf einer Ebene vorgesehen werden, Spiegel dürfen nicht verwendet werden;
- das Mindesterkennungsvermögen der Schutzausrüstung muss 30 mm betragen (ein und ein Viertel Inch) für Handerkennung oder 50 mm für Beinerkennung oder das Erkennen des ganzen Körpers;
- ist das Erkennungsvermögen an den Benutzer anpassbar, muss das Erkennungsvermögen auf 30 mm begrenzt sein.
- wird "fixed blanking" verwendet, muss der Bereich vollständig blockiert sein;
- „floating blanking“ darf nicht angewendet werden, wenn das vergleichbare Erkennungsvermögen 30 mm überschreitet.

ANMERKUNG 2 Die Möglichkeit des Auslösens der Schutzausrüstung durch das Werkstück sollte berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 3 Besonderer Beachtung bedarf es, wenn PSDI in horizontalen Erkennungsebenen verwendet wird.

I.2 Blanking (floating blanking)

Das Blanking ist eine Funktion, mit der eine Fläche oder mehrere Flächen des Erkennungsbereiches einer BWS unwirksam gemacht werden können, damit Teile des Werkstücks oder der Maschine in den Erkennungsbereich gelangen können, ohne die Schutzausrüstung auszulösen. Während der Betätigung der Unterdrückungsfunktion folgt bei "schwebender Unterdrückung" der Unterdrückungsbereich des Schutzfeldes der Erkennung eines beweglichen Gegenstandes nach.

"Floating blanking" kann auch dazu verwendet werden, Entry-Exit Stationen zu realisieren, in denen Material mit bestimmten Formen durch die Schutzeinrichtung hindurch kann ohne ein Unterbrechungssignal auszulösen, während Personen zuverlässig erkannt werden. Aufgrund der Blanking Funktion muss der Faktor C der Eindringtiefe, der vom Hersteller der BWS angegeben wird, für die Berechnung des Sicherheitsabstands angewendet werden.

ANMERKUNG Siehe IEC 61496-1.

Anhang J (informativ)

Prozessbeobachtung ²⁾

J.1 Allgemeines

Prozessbeobachtung versteht sich als ein Sicherheitspaket bestehend aus technischen Schutzmaßnahmen und Verhaltensanforderungen, die dem Bediener größtmöglichen Schutz bieten, durch Einschränken von Geschwindigkeiten und Verfahrwegen sowie der Abschaltung unnötiger Bewegungen.

Die zeitweise Beobachtung automatischer Prozesse erfolgt bei reduzierter Schutzwirkung von Schutzeinrichtungen, soweit wie notwendig, durch die Anwendung alternativer Schutzmaßnahmen. Die technischen Schutzmaßnahmen sollten so ausgeführt sein, dass auch eine vorhersehbare Fehlanwendung verhindert ist.

Diese Vorgehensweise sollte in intensivem Kontakt zwischen dem Integrator und dem zukünftigen Betreiber stattfinden, um die Verhaltensanforderungen an den Bediener richtig analysieren und umsetzen zu können.

Ist aufgrund der vorgesehenen Produktion die zeitweise Beobachtung des automatischen Prozesses des Systems oder Teilen des Systems unausweichlich und ist im Ausnahmefall der Gebrauch des Zustimmungsschalters über einen längeren Zeitraum aus ergonomischen Gründen nicht umsetzbar, ist ein Konzept nach Bild J.1 zu erstellen.

2) abgeleitet von ISO 11161:2007

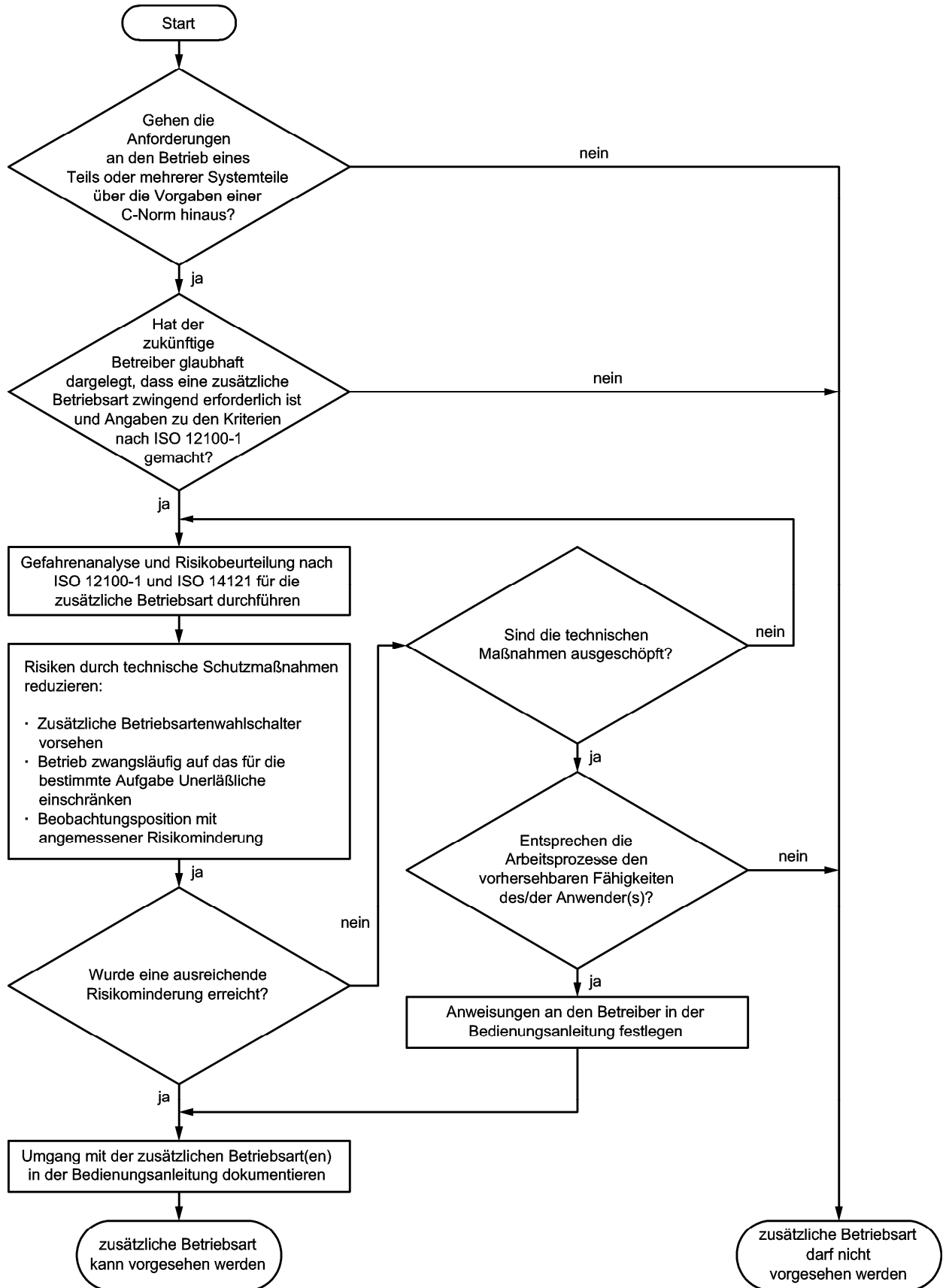


Bild J.1 — Technische Schutzmaßnahmen während Prozessbeobachtung

J.2 Kommentare zur Prozessbeobachtung (siehe Bild J.1)

- a) Besteht das Erfordernis, „näher“ an den Bearbeitungsprozess heranzukommen? Ist der Bearbeitungsprozess mit den in der zutreffenden C-Norm beschriebenen Betriebsarten zu steuern? Können zusätzliche Systeme, wie z. B. Videokamera oder Körperschallaufnehmer weiterhelfen?

Haben weitergehende Konsultationen mit dem zukünftigen Betreiber stattgefunden? Konnte der Betreiber ausreichend darlegen, dass speziell für die vorgesehene Produktion eine weitere Betriebsart unausweichlich ist (z. B. wegen: stark schwankender Toleranzen, Produktionskorrekturen, Qualitätsprüfung)?

- b) Wurden die Ergebnisse der Beratungen und insbesondere die Gründe für die weitere Betriebsart dokumentiert? Bleibt die Nutzung der zusätzlichen Betriebsart gegenüber dem Normalbetrieb auf ein notwendiges Maß im Rahmen der bestimmungsgemäßen Verwendung beschränkt?
- c) Die bestimmungsgemäße Verwendung des Robotersystems unter Verwendung der zusätzlichen Betriebsart ist genau festzulegen und in die Technische Dokumentation aufzunehmen. Für die Gefahrenanalyse und die Risikobeurteilung sollte das Sicherheitskonzept (siehe Abschnitt 4) die bestimmungsgemäße Verwendung enthalten. Auf die besonderen Bedingungen (Mensch nah am Prozess) ist einzugehen.
- d) Die höchste Priorität bei der Risikominderung hat die Vermeidung der Gefährdung durch konstruktive Maßnahmen. Da dies jedoch nur schwer zu bewerkstelligen ist, kommen insbesondere technische Schutzmaßnahmen zur Risikominderung in Betracht. Die technischen Maßnahmen sollten zum Ziel haben, einerseits die Risiken zu mindern, andererseits aber auch die zusätzliche Betriebsart weitestgehend ausschließlich auf das Nötige einzuschränken um Fehlanwendungen vorzubeugen, z. B. durch:
- 1) sichere Begrenzung der technologisch maximal notwendigen Geschwindigkeiten und Verfahrenwege,
 - 2) manueller Neustart von bewegten Teilen nach Stillstand,
 - 3) sichere Abschaltung derjenigen gefährdenden Bewegungen/Achsen, die für diese Betriebsart nicht benötigt werden,
 - 4) automatischer Werkzeugwechsel vermeiden,
 - 5) Palettenwechsel vermeiden,
 - 6) Kühlschmierstoff unter Hochdruck vermeiden,
 - 7) manuelle Quittierung der Kühlmittelfreigabe (Augenverletzung),
 - 8) leichte Erreichbarkeit von Einrichtungen zum Stillsetzen im Notfall (Stillsetzen im Notfall), und
 - 9) nur befugter Zutritt, z. B. durch Schlüsselschalter oder Passwort.
- e) Wenn durch die technischen Maßnahmen eine ausreichende Risikoreduzierung erreicht wurde, kann die weitere Betriebsart vorgesehen werden.
- f) Der iterative Prozess ist fortzusetzen, bis die technischen Maßnahmen ausgeschöpft sind.
- g) Ergibt die unter Punkt 5 erstellte Risikobeurteilung, dass das Restrisiko nicht akzeptabel ist, so hat der Integrator zu prüfen, ob der Betreiber durch zusätzliche Maßnahmen den nötigen Beitrag zur Risikominderung leisten kann wie z. B.:
- 1) besondere Qualifizierung der Mitarbeiter,
 - 2) regelmäßige Unterweisungen (schriftlicher Nachweis),
 - 3) persönliche Schutzausrüstungen, (z. B. Schutzbrille, Schutzschuhe, Tragen geeigneter Kleidung),
 - 4) Anbringen einer Betriebsanweisung zur zusätzlichen Betriebsart an der Maschine.
- h) Erhält der Integrator die Information, dass der Betreiber nicht in der Lage ist, den o. g. Beitrag zu leisten, ist keine zusätzliche Betriebsart am Robotersystem vorzusehen.

- i) Erhält der Integrator die Information, dass der Betreiber in der Lage ist, durch seine zusätzlichen Maßnahmen einen entsprechenden Beitrag zu leisten, so werden diese Maßnahmen in Abstimmung zwischen Integrator und Betreiber dokumentiert und als Anforderung in die Bedienungsanleitung aufgenommen sowie als Kennzeichnung oder Warnschild am Robotersystem.
- j) Alle mit der zusätzliche Betriebsart in Zusammenhang stehenden Informationen sollten in der Bedienungsanleitung zu dokumentieren:
 - 1) bestimmungsgemäße Verwendung,
 - 2) vorhersehbare Fehlanwendung,
 - 3) Bedienungs- und Funktionsbeschreibung,
 - 4) Maßnahmen durch den Betreiber entsprechend Schritten g) und h),
 - 5) sonstige Anforderungen hinsichtlich Wartung und Kontrolle.

Literaturhinweise

- [1] ISO 14123, *Safety of machinery — Reduction of risks to health from hazardous substances emitted by machinery*
- [2] ISO 14159, *Safety of machinery — Hygiene requirements for the design of machinery*
- [3] ISO 19353, *Safety of machinery — Fire prevention and protection*
- [4] EN 563, *Sicherheit von Maschinen — Temperaturen berührbarer Oberflächen — Ergonomische Daten zur Festlegung von Temperaturgrenzwerten für heiße Oberflächen*
- [5] EN 1093, *Sicherheit von Maschinen — Bewertung der Emission von luftgetragenen Gefahrstoffen*
- [6] EN 1127, *Explosionsfähige Atmosphäre — Explosionsschutz*
- [7] EN 12198, *Sicherheit von Maschinen — Bewertung und Verminderung des Risikos der von Maschinen emittierten Strahlung*
- [8] CEN/TR 14715, *Sicherheit von Maschinen — Von Maschinen emittierte ionisierende Strahlung — Leitfaden zur Anwendung von technischen Normen bei der Konstruktion von Maschinen um den gesetzlichen Anforderungen zu entsprechen*
- [9] IEC 60364-7-729, *Erection of low-voltage installations — Requirements for special installations or locations — Part 7-729: Operating or maintenance gangways*
- [10] IEC 61800-5-2, *Adjustable Speed Electrical Power Drive Systems*