

DIN EN ISO 10218-2

**DIN**

ICS 25.040.30

**Industrieroboter –  
Sicherheitsanforderungen –  
Teil 2: Robotersysteme und Integration (ISO 10218-2:2011);  
Deutsche Fassung EN ISO 10218-2:2011**

Robots and robotic devices –  
Safety requirements for industrial robots –  
Part 2: Robot systems and integration (ISO 10218-2:2011);  
German version EN ISO 10218-2:2011

Robots et dispositifs robotiques –  
Exigences de sécurité pour les robots industriels –  
Partie 2: Systèmes robots et intégration (ISO 10218-2:2011);  
Version allemande EN ISO 10218-2:2011

Gesamtumfang 93 Seiten

Normenausschuss Maschinenbau (NAM) im DIN



## Nationales Vorwort

Diese Norm enthält sicherheitstechnische Festlegungen.

Sie beinhaltet die Deutsche Fassung der vom Technischen Komitee ISO/TC 184 „Automation systems and integration“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 310 „Fortgeschrittene Fertigungstechniken“ im Europäischen Komitee für Normung (CEN) ausgearbeiteten EN ISO 10218-2:2011.

Die nationalen Interessen bei der Erarbeitung wurden vom Arbeitsausschuss NA 060-30-02 AA „Roboter und Robotikgeräte“ im Fachbereich „Automation und Integration“ des Normenausschusses Maschinenbau (NAM) im DIN wahrgenommen. Vertreter der Hersteller, Integratoren und Anwender von Industrierobotern sowie der Berufsgenossenschaften waren an der Erarbeitung beteiligt.

Diese Norm konkretisiert einschlägige Anforderungen von Anhang I der EU-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG an erstmals im Europäischen Wirtschaftsraum (EWR) in Verkehr gebrachte Maschinen, um den Nachweis der Übereinstimmung mit diesen Anforderungen zu erleichtern.

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

Die im Abschnitt 2 und den Literaturhinweisen zitierten Internationalen Normen sind, sofern diese gleichzeitig als Europäische Normen übernommen worden sind, als DIN EN ISO-Normen mit gleicher Zählnummer veröffentlicht.

Für die zitierten Internationalen Normen und Dokumente, sofern sie nicht als DIN ISO-Normen mit gleicher Zählnummer veröffentlicht sind, gibt es keine nationalen Entsprechungen.

Diese Norm DIN EN ISO 10218, *Industrieroboter — Sicherheitsanforderungen*, besteht aus:

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

ICS 25.040.30

Deutsche Fassung

## Industrieroboter - Sicherheitsanforderungen - Teil 2: Robotersysteme und Integration (ISO 10218-2:2011)

Robots and robotic devices - Safety requirements for  
industrial robots - Part 2: Robot systems and integration  
(ISO 10218-2:2011)

Robots et dispositifs robotiques - Exigences de sécurité  
pour les robots industriels - Partie 2: Systèmes robots et  
intégration (ISO 10218-2:2011)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 21. April 2011 angenommen.

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

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

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

# Inhalt

Seite

Vorwort .....	5
Einleitung.....	6
1 Anwendungsbereich .....	8
2 Normative Verweisungen .....	8
3 Begriffe .....	9
4 Identifizierung der Gefährdungen und Risikobeurteilung.....	11
4.1 Allgemeines .....	11
4.2 Gestaltung der Anordnung (Layout).....	12
4.3 Risikobeurteilung.....	13
4.3.1 Allgemeines .....	13
4.3.2 Grenzen des Robotersystems .....	14
4.4 Identifizierung der Gefährdungen .....	15
4.4.1 Allgemeines .....	15
4.4.2 Identifizierung von Aufgaben .....	15
4.5 Beseitigung von Gefährdungen und Risikominderung .....	16
5 Sicherheitsanforderungen und Schutzmaßnahmen .....	16
5.1 Allgemeines .....	16
5.2 Sicherheitsbezogene Leistungsfähigkeit des Steuerungssystems (Hardware/Software).....	17
5.2.1 Allgemeines .....	17
5.2.2 Leistungsanforderung.....	17
5.2.3 Andere Leistungskriterien der Steuerung.....	18
5.3 Gestaltung und Einbau .....	18
5.3.1 Umgebungsbedingungen .....	18
5.3.2 Einbauort der Steuerungselemente .....	18
5.3.3 Bedienelemente .....	18
5.3.4 Anforderungen an die Energieversorgung .....	18
5.3.5 Anforderungen an den Potentialausgleich/die Erdung .....	18
5.3.6 Trennen von Energiequellen .....	19
5.3.7 Beherrschung von gespeicherter Energie .....	19
5.3.8 Stoppfunktionen des Robotersystems und der -zelle .....	19
5.3.9 Abschalten zugehöriger Ausrüstung.....	20
5.3.10 Anforderungen an den Endeffektor (Werkzeuge am Ende des Roboterarms).....	20
5.3.11 Vorgehensweise zum Freifahren im Notfall .....	21
5.3.12 Warnzeichen.....	21
5.3.13 Beleuchtung .....	21
5.3.14 Gefährdungen durch die Anwendung .....	22
5.3.15 Zustimmungseinrichtungen .....	22
5.4 Begrenzung der Roboterbewegung.....	22
5.4.1 Allgemeines .....	22
5.4.2 Festlegung der geschützten Bereiche und der eingeschränkten Räume.....	22
5.4.3 Einrichtungen zur Bewegungsbegrenzung .....	23
5.4.4 Dynamische Begrenzung.....	24
5.5 Anordnung.....	24
5.5.1 Äußere Schutzeinrichtungen.....	24
5.5.2 Zugang für Eingriffe.....	25
5.5.3 Materialhandhabung.....	26
5.5.4 Prozessbeobachtung .....	26
5.6 Anwendung der Betriebsart des Robotersystems .....	26
5.6.1 Allgemeines .....	26
5.6.2 Auswahl .....	27
5.6.3 Betriebsart Automatik .....	27
5.6.4 Manuelle Betriebsart .....	29

5.6.5	Fernzugriff für manuelles Eingreifen.....	29
5.7	Handbediengeräte .....	30
5.7.1	Allgemeines .....	30
5.7.2	Anforderungen an kabellose oder abnehmbare Installationen / Kommunikationen .....	31
5.7.3	Steuerung von simultanen Bewegungen.....	31
5.7.4	Handführung von Robotersystemen (Kollaborierende Roboter) .....	31
5.8	Instandhaltung und Reparatur .....	32
5.8.1	Allgemeines .....	32
5.8.2	Anforderungen an technische Schutzmaßnahmen für die Instandhaltung .....	32
5.8.3	Technische Schutzmaßnahmen für Instandhaltungszugänge .....	32
5.8.4	Technische Schutzmaßnahmen für angrenzende Zellen für Instandhaltung .....	33
5.9	Schnittstelle des integrierten Fertigungssystems (IMS).....	33
5.9.1	Allgemeines .....	33
5.9.2	Not-Halt.....	33
5.9.3	Sicherheitsbezogene Teile des IMS.....	33
5.9.4	Lokale Steuerung .....	33
5.9.5	Zustimmungseinrichtung .....	34
5.9.6	Betriebsartenwahl .....	34
5.9.7	Einteilung des Arbeitsbereichs.....	34
5.10	Technische Schutzmaßnahmen.....	34
5.10.1	Allgemeines .....	34
5.10.2	Äußere Schutzeinrichtungen .....	35
5.10.3	Mindest(sicherheits)abstände.....	35
5.10.4	Anforderungen an trennende Schutzeinrichtungen .....	36
5.10.5	Sensitive Schutzeinrichtungen .....	37
5.10.6	Technische Schutzmaßnahmen an manuellen Be-, Entlade- oder Förderstationen (manuelle Stationen) .....	39
5.10.7	Technische Schutzmaßnahmen an Öffnungen für den Materialfluss.....	40
5.10.8	Technische Schutzmaßnahmen für mehrere angrenzende Roboterzellen .....	41
5.10.9	Technische Schutzmaßnahmen an Werkzeugwechselsystemen .....	42
5.10.10	Muting.....	42
5.10.11	Außerkräftsetzen von Schutzeinrichtungen .....	43
5.11	Kollaborierender Roboterbetrieb.....	43
5.11.1	Allgemeine Beschreibung der Zweckbestimmung .....	43
5.11.2	Allgemeine Anforderungen .....	44
5.11.3	Anforderungen an Kollaborationsräume .....	45
5.11.4	Wechsel zwischen autonomem Betrieb und kollaborierendem Betrieb.....	46
5.11.5	Betrieb im Kollaborationsraum.....	46
5.12	Das in Betrieb nehmen von Robotersystemen .....	47
5.12.1	Allgemeines .....	47
5.12.2	Auswahl vorläufiger Schutzeinrichtungen .....	47
5.12.3	Verfahrensplan für das erstmalige Inangangsetzen .....	48
6	Verifizierung und Validierung der Sicherheitsanforderungen und der Schutzmaßnahmen .....	48
6.1	Allgemeines .....	48
6.2	Methoden zur Verifizierung und Validierung .....	49
6.3	Erforderliche Verifizierung und Validierung .....	49
6.4	Verifizierung und Validierung von Schutzeinrichtungen .....	49
7	Benutzerinformation .....	50
7.1	Allgemeines .....	50
7.2	Betriebsanleitung .....	51
7.2.1	Allgemeines .....	51
7.2.2	Handhabung.....	51
7.2.3	Einbau und in Betrieb nehmen .....	51
7.2.4	Informationen zum Test des in Betriebnehmens oder zum Verfahren für das erstmalige Inangangsetzen.....	52
7.2.5	Systeminformation .....	53
7.2.6	Systemanwendung.....	54

7.2.7	Instandhaltung .....	55
7.2.8	Außer Betrieb nehmen .....	55
7.2.9	Notfallsituationen.....	55
7.2.10	Roboterspezifisch.....	55
7.3	Kennzeichnung .....	56
Anhang A (informativ) Liste signifikanter Gefährdungen .....		57
Anhang B (informativ) Relevante Normen bezüglich Schutzeinrichtungen.....		61
Anhang C (informativ) Technische Schutzmaßnahmen an Materialzufuhr- und entnahmestellen .....		62
C.1	Allgemeine Betrachtungen zum Schutz gegen den Zugang an Förderanlagen .....	62
C.2	Beispiel für kleine Öffnungen.....	63
C.3	Beispiel für Tunnel.....	63
C.4	Beispiel für technische Schutzmaßnahmen mittels BWS .....	64
Anhang D (informativ) Betrieb von mehr als einer Zustimmungseinrichtung .....		65
Anhang E (informativ) Schemata für Anwendungen mit kollaborierenden Robotern.....		66
Anhang F (informativ) Prozessbeobachtung.....		68
F.1	Allgemeines .....	68
F.2	Erläuterungen zur Prozessbeobachtung (siehe Bild F.1).....	68
Anhang G (normativ) Mittel zur Verifizierung der Sicherheitsanforderungen und Maßnahmen.....		71
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 2006/42/EG .....		89
Literaturhinweise .....		90

## Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 10218-2:2011) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 184 „Automation systems and integration“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 310 „Fortgeschrittene Fertigungstechniken“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Januar 2012, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Januar 2012 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

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

### Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 10218-2:2011 wurde vom CEN als EN ISO 10218-2:2011 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

## **Einleitung**

Dieser Teil der ISO 10218 wurde in Anbetracht der von Industrierobotersystemen ausgehenden besonderen Gefährdungen bei deren Integration und Einbau in Industrieroboterzellen und -linien erarbeitet.

Gefährdungen sind häufig 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 diesem Teil der ISO 10218 verständlich zu machen, wird eine Wortsyntax verwendet, um zwingende Anforderungen von empfohlener Praxis oder vorgeschlagenen Handlungen zu unterscheiden. Das Wort „muss/müssen“ wird bei Anforderungen verwendet, die für die Übereinstimmung mit diesem Teil der ISO 10218 erforderlich sind. Diese Anforderungen müssen erfüllt werden, sofern keine alternative Anleitung vorliegt, oder keine geeignete Alternative durch eine Risikobeurteilung ermittelt wurde. Das Wort „sollte“ wird bei Vorschlägen, empfohlenen Maßnahmen oder für mögliche Lösungen für die Erfüllung von Anforderungen verwendet. Alternativen sind jedoch möglich, und die vorgeschlagenen Maßnahmen sind nicht zwingend.

In Anbetracht der sich aus den Anwendungen der Industrieroboter ergebenden unterschiedlichen Gefährdungsarten, gibt dieser Teil der ISO 10218 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 Gestaltung des jeweiligen Robotersystems beeinflusst wird, ist es außerdem besonders beabsichtigt, Anleitungen für die Gestaltung, den Bau und die Benutzerinformation von Robotersystemen und -zellen zur Verfügung zu stellen. Anforderungen an den Roboterteil des Systems können der ISO 10218-1 entnommen werden.

Die Bereitstellung eines sicheren Robotersystems oder einer -zelle hängt von der Zusammenarbeit verschiedener „Interessenvertreter“ ab – eine Interessengemeinschaft, die sich die Verantwortung für das Hauptanliegen, - eine sichere Arbeitsumgebung zur Verfügung zu stellen, - teilt. Zu diesen Interessenvertretern können Hersteller, Lieferanten, Integratoren und Anwender gehören (die Gesamtheit derer, die für die Anwendung der Roboter verantwortlich ist). Alle teilen jedoch das gemeinsame Ziel einer sicheren (Roboter) Maschine. Die Anforderungen in diesem Teil der ISO 10218 treffen möglicherweise nur auf einen der Interessenvertreter zu, überschneidende Verantwortungsbereiche bei den gleichen Anforderungen können jedoch verschiedene Interessenvertreter gleichzeitig betreffen. Bei der Anwendung dieses Teils der ISO 10218 sei der Leser darauf hingewiesen, dass alle angegebenen Anforderungen auf ihn zutreffen können, auch wenn sie nicht explizit dem Aufgabenbereich eines Interessenvertreters „zugeordnet“ sind.

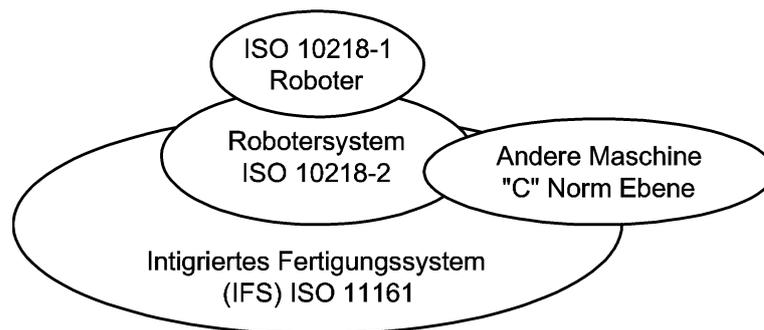
Dieser Teil der ISO 10218 versteht sich ergänzend und zusätzlich zur ISO 10218-1, welche ausschließlich den Roboter behandelt. Dieser Teil der ISO 10218 gibt zusätzliche Informationen, in Bezug auf Anforderungen in Übereinstimmung mit den internationalen Normen ISO 12100 und ISO 11161, um im Rahmen einer Typ-C Norm die besonderen 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, sind jedoch nicht darauf beschränkt: Anleitungen für die Anwendung der neuen Anforderungen in ISO 10218-1 bezüglich der sicherheitsbezogenen Leistungsfähigkeit der Steuerung; der Stoppfunktion von Robotern, Zustimmungseinrichtung; Programmverifizierung, Kriterien für drahtlose Handbediengeräte, Kriterien für kollaborierende Roboter sowie eine aktualisierte sicherheitstechnische Gestaltung.

Dieser Teil der ISO 10218 sowie die ISO 10218-1 sind Teil einer Normenreihe, die Roboter und Robotikgeräte behandeln. Die anderen Normen behandeln Themen, wie integrierte Robotersysteme, koordinierte Systeme und Achsbewegungen, allgemeine Charakteristiken, Leistungskriterien und entsprechende Prüfmethode,

Terminologie und mechanische Schnittstellen. Es ist darauf geachtet worden, dass diese Normen miteinander in Beziehung stehen und sich auch auf andere internationale Normen beziehen.

Zur besseren Lesbarkeit dieses Teils der ISO 10218 werden die Begriffe „Roboter“ und „Robotersystem“ in Bezug auf „Industrieroboter“ und „Industrierobotersystem“ angewendet, wie in ISO 10218-1 festgelegt.

Bild 1 beschreibt den Zusammenhang des Anwendungsbereichs von Maschinennormen, die bei einem Robotersystem zur Anwendung kommen. Der Roboter selbst wird in ISO 10218-1 behandelt, das System und die Zelle werden in diesem Teil der ISO 10218 behandelt. Eine Roboterzelle kann andere Maschinen beinhalten, die eigenen C-Normen unterliegen und das Robotersystem kann Teil eines integrierten Fertigungssystems sein, welches in ISO 11161 behandelt wird, die wiederum auf zutreffende B- und C-Normen Bezug nehmen kann.



**Bild 1 — Grafische Darstellung des Zusammenhangs zwischen relevanten Normen für Robotersysteme/-zellen**

## 1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der ISO 10218 legt Sicherheitsanforderungen für die Integration von Industrierobotern und Industrierobotersystemen, die in ISO 10218-1 definiert sind, sowie von Industrieroboterzellen fest. Die Integration beinhaltet Folgendes:

- a) die Gestaltung, die Herstellung, den Einbau, den Betrieb, die Instandhaltung und das außer Betrieb nehmen des Industrierobotersystems oder der -zelle;
- b) erforderliche Informationen in Bezug auf die Gestaltung, die Herstellung, den Einbau, den Betrieb, die Instandhaltung und das außer Betrieb nehmen des Industrierobotersystems oder der -zelle;
- c) Einzelgeräte des Industrierobotersystems oder -zelle.

Dieser Teil der ISO 10218 beschreibt die grundlegenden Gefährdungen und Gefährdungssituationen, die bei diesen Systemen ermittelt wurden, und enthält Anforderungen, um die mit diesen Gefährdungen verbundenen Risiken zu beseitigen oder hinreichend zu verringern. Obwohl Lärm als signifikante Gefährdung an Industrierobotersystemen erkannt ist, wird er in diesem Teil der ISO 10218 nicht behandelt. Dieser Teil der ISO 10218 legt auch Anforderungen für das Industrierobotersystem als Teil eines integrierten Fertigungssystems fest. Dieser Teil der ISO 10218 geht nicht speziell auf Gefährdungen in Verbindung mit Prozessen ein (z. B. Laserstrahlung, herausgeschleuderte Späne, Schweißrauch). Für diese prozessbedingten Gefährdungen können andere Normen anwendbar sein.

## 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 and safety requirements for systems and their components*

ISO 4414, *Pneumatic fluid power — General rules and safety requirements for systems and their components*

ISO 8995-1, *Lighting of work places — Part 1: Indoor*

ISO 9946, *Manipulating industrial robots — Presentation of characteristics*

ISO 10218-1, *Robots and robotic devices — Safety requirements for industrial robots — Part 1: Industrial robots*

ISO 11161, *Safety of machinery — Integrated manufacturing systems — Basic requirements*

ISO 12100, *Safety of machinery — General principles for design — Risk assessment and risk reduction*

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

ISO 13850, *Safety of machinery — Emergency stop — Principles for design*

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

ISO 13855, *Safety of machinery — Positioning of safeguards with respect to the approach speeds of parts of the human body*

ISO 13856 (all parts), *Safety of machinery — Pressure-sensitive protective devices*

ISO 13857, *Safety of machinery — Safety distances to prevent hazard zones being reached by upper 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 14122 (all parts), *Safety of machinery — Permanent means of access to machinery*

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

IEC 61496-1, *Safety of machinery — Electro-sensitive protective equipment — Part 1: General requirements and tests*

IEC 61800-5-2, *Adjustable speed electrical power drive systems — Part 5-2: Safety requirements — Functional*

IEC/TS 62046, *Safety of machinery — Application of protective equipment to detect the presence of persons*

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

### 3 Begriffe

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

#### 3.1

##### **Anwendung**

bestimmungsgemäße Verwendung des Robotersystems, d. h. der Prozess, die Aufgabe und der vorgesehene Zweck des Robotersystems

BEISPIEL      Punktschweißen, Lackieren, Montage, Palettieren.

#### 3.2

##### **kollaborierender Roboter**

Roboter, der für das direkte Zusammenwirken mit dem Menschen innerhalb eines festgelegten Kollaborationsraums (3.3) konstruiert ist

#### 3.3

##### **Kollaborationsraum**

Arbeitsraum innerhalb des geschützten Bereichs, in dem der Roboter und der Mensch während des Produktionsbetriebs gleichzeitig Aufgaben ausführen können

#### 3.4

##### **Bedienstation**

Teil des Robotersystems, das eine oder mehrere Steuerungseinrichtung(en) enthält, die für die Aktivierung oder Deaktivierung von Systemfunktionen oder von Teilen des Systems vorgesehen sind

ANMERKUNG    Die Bedienstation kann stationär angeordnet (z. B. Bedienpult) oder beweglich sein (z. B. Handbediengerät).

**3.5**  
**distanzierende trennende Schutzeinrichtung**  
trennende Schutzeinrichtung, die einen Gefährdungsbereich nicht vollständig umgibt, die jedoch aufgrund ihrer Abmessungen und ihres Abstands zum Gefährdungsbereich den Zugang verhindert oder einschränkt

BEISPIEL Äußere Umzäunung oder tunnelförmige trennende Schutzeinrichtung.

**3.6**  
**Integration**  
Vorgang des Zusammenführens eines Roboters mit anderer Ausrüstung oder einer anderen Maschine (einschließlich weiterer Roboter) zur Bildung eines Maschinensystems, das nützliche Arbeit ausführen kann, wie z. B. die Produktion von Teilen

ANMERKUNG Dieser Vorgang des Maschinenbaus kann auch die Anforderungen für die Installation des Systems enthalten.

**3.7**  
**Integrator**  
derjenige, der die Robotersysteme oder integrierte Fertigungssysteme gestaltet, zur Verfügung stellt, fertigt oder montiert und für die Sicherheitsstrategie, einschließlich der Schutzmaßnahmen, Steuerungsschnittstellen und gegenseitiger Verbindungen des Steuersystems verantwortlich ist

ANMERKUNG Der Integrator kann ein Hersteller, Monteur, Ingenieurbüro oder der Benutzer selbst sein.

**3.8**  
**integriertes Fertigungssystem**  
**IMS**  
(en: integrated manufacturing system)  
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]

**3.9**  
**Industrieroboterzelle**  
ein Robotersystem oder mehrere Robotersysteme einschließlich dazugehöriger Maschinen und Ausrüstung sowie dem dazugehörigen, geschützten Bereich und Schutzmaßnahmen

**3.10**  
**Industrieroboterlinie**  
mehr als eine Roboterzelle, die die gleichen oder unterschiedliche Funktionen ausführen sowie die dazugehörige Ausrüstung, in einzelnen oder miteinander verbundenen geschützten Bereichen

**3.11**  
**sicherer Zustand**  
Zustand einer Maschine oder eines Ausrüstungsteils, von dem keine drohende Gefahr ausgeht

**3.12**  
**simultane Bewegung**  
gleichzeitige Bewegung von zwei oder mehr Robotern, die von einer einzelnen Bedienstation gesteuert wird, und die koordiniert ablaufen oder synchron nach mathematischer Korrelation sein kann

**3.13**  
**Raum**  
dreidimensionaler Raum

### 3.13.1

#### **Betriebsraum**

Anteil des eingeschränkten Raumes (3.13.2), der tatsächlich während der Ausführung aller vom Anwenderprogramm vorgegebenen Bewegungen benutzt wird (programmierter Bewegungsraum)

ANMERKUNG In Anlehnung an ISO 8373:1994, Definition 4.8.3.

### 3.13.2

#### **eingeschränkter Raum**

Anteil des maximalen Raumes, der durch Begrenzungseinrichtungen eingeschränkt ist, die unüberschreitbare Grenzen darstellen

ANMERKUNG In Anlehnung an ISO 8373:1994, Definition 4.8.2.

### 3.13.3

#### **geschützter Bereich**

der durch die äußeren Schutzeinrichtungen definierte Raum

### 3.14

#### **Validierung**

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

### 3.15

#### **Verifizierung**

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

## **4 Identifizierung der Gefährdungen und Risikobeurteilung**

### **4.1 Allgemeines**

**4.1.1** Die Betriebseigenschaften von Robotern können sich wie folgt erheblich von denen anderer Maschinen und Ausrüstungen unterscheiden:

- a) Roboter können Bewegungen mit hoher Energie über einen großen Betriebsraum ausführen;
- b) das Auslösen der Bewegung und die Bahn des Roboterarms sind schwer vorher zu bestimmen und können variieren, z. B. durch geänderte betriebstechnische Anforderungen;
- c) der Betriebsraum des Roboters kann sich in Teilen mit dem Betriebsraum anderer Roboter oder den Arbeitsbereichen anderer Maschinen und zugehöriger Ausrüstung überschneiden;
- d) Bedienpersonen müssen möglicherweise in unmittelbarer Nähe des Robotersystems arbeiten, während Energie an den Antriebselementen der Maschine ansteht.

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

- a) die Gefährdungen konstruktiv beseitigen oder sie durch Substitution mindern;
- b) die Bediener vor dem Kontakt mit Gefährdungen schützen oder die Gefährdungen beherrschen, in dem ein sicherer Zustand erreicht wird, bevor die Bedienperson mit den Gefährdungen in Kontakt kommen kann;
- c) das Risiko während Eingriffen (z. B. beim Teachin) vermindern.

**4.1.3** Das Umsetzen dieser Prinzipien kann Folgendes umfassen:

- a) die Konstruktion des Robotersystems, die es ermöglicht, Aufgaben von außerhalb des geschützten Bereichs durchzuführen;
- b) die Bildung eines geschützten Bereichs und eines eingeschränkten Raums;
- c) das Vorsehen anderer Schutzeinrichtungen, wenn Eingriffe innerhalb des geschützten Bereichs erfolgen müssen.

**4.1.4** Die Art des Roboters, dessen Anwendung und dessen Verknüpfung mit anderen Maschinen und dazugehöriger Ausrüstung haben Einfluss auf die Gestaltung und die Auswahl der technischen Schutzmaßnahmen. Diese müssen für die Anwendungen geeignet sein und, falls notwendig, die sichere Ausführung von Tätigkeiten wie Teachen, Einrichten, Instandhalten, Programmverifizierung und Fehlerbeseitigung ermöglichen.

## **4.2 Gestaltung der Anordnung (Layout)**

Die Gestaltung der Anordnung des Robotersystems und der -zelle ist ein Kernprozess bei der Gefährdungs-beseitigung 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 eines Systems (integriertes Fertigungssystem):
  - 1) Maßstab und Referenzpunkt zwecks Entwurf der Anordnung in Konstruktionszeichnungen festlegen;
  - 2) Lage und Abmessungen der Bauteile innerhalb vorhandener Einrichtungen (Maßstab, Skalierung).
- b) Arbeitsräume, Zugang und Freiraum:
  - 1) den maximalen Raum des Robotersystems ermitteln, eingeschränkte Räume und Betriebsräume festlegen sowie erforderliche 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/Wartung, Reinigung, Fehlerbeseitigung und Instandhaltung;
  - 5) Leitungen / andere Gefährdungen durch Rutschen, Stolpern oder Stürzen;
  - 6) Kabeltrassen.
- c) Manuelles Eingreifen – die Anordnung sollte so gestaltet sein, dass Aufgaben, die manuellen Eingriff erfordern, von außerhalb des geschützten Bereichs durchgeführt werden können. Falls dies nicht durchführbar ist und der Eingriff kraftbetriebene Maschinenbewegungen erfordert, müssen entsprechende Zustimmungseinrichtungen vorgesehen werden.

Die Zustimmungseinrichtungen können so ausgelegt sein, dass nachfolgende Bereiche gesteuert werden können:

- 1) die gesamte Roboterzelle;
- 2) ein Bereich in der Roboterzelle;
- 3) eine ausgewählte Maschine oder Ausrüstung innerhalb der Zelle.

ANMERKUNG Für weitere Informationen, siehe ISO 12100.

d) Ergonomie und Schnittstelle Mensch/Ausrüstung:

- 1) Einsehbarkeit von Vorgängen;
- 2) Übersichtlichkeit der Bedienelemente;
- 3) klare Zuordnung der Bedienelemente zum Roboter;
- 4) regionale Gepflogenheiten bei der Gestaltung der Bedienelemente;
- 5) Position des Werkstücks im Verhältnis zur Bedienperson;
- 6) vorhersehbare Fehlanwendung;
- 7) kollaborierender Betrieb.

e) Umgebungsbedingungen:

- 1) Lüftung;
- 2) Schweißfunken.

f) Beschickung und Entnahme von Werkstücken/Werkzeugwechsel;

g) Berücksichtigung der äußeren Schutzeinrichtungen;

h) Anforderungen an und Platzierung von Not-Halt Einrichtungen und möglicher Zoneneinteilung der Zelle (z. B. lokales Stillsetzen oder Stillsetzen der gesamten Zelle);

i) Anforderungen an und Platzierung von Zustimmungseinrichtungen;

j) Beachtung der bestimmungsgemäßen Verwendung aller Bauteile.

Die Risikobeurteilung muss den zusätzlichen Raum ermitteln, der über den eingeschränkten Raum hinaus erforderlich ist, um den geschützten Bereich zu bestimmen.

## **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 Anwendung einhergehende Risiko angemessen vermindert wird. Insbesondere ist auf die Fälle zu achten, bei denen Schutzeinrichtungen von einzelnen Maschinen entfernt werden, um die Anwendung zu ermöglichen.

Die Risikobeurteilung ermöglicht die systematische Analyse und Bewertung der mit dem Robotersystem verbundenen Risiken über dessen gesamte Lebensdauer (z. B. in Betrieb nehmen, Einrichten, Produktion, Instandhaltung, Reparatur, außer Betrieb nehmen).

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

Die Risikobeurteilung umfasst:

- das Festlegen der Grenzen des Robotersystems (siehe 4.3.2);
- die Identifizierung der Gefährdung (siehe 4.4);
- die Risikoeinschätzung;
- die Risikobewertung.

#### **4.3.2 Grenzen des Robotersystems**

Die Integration eines Robotersystems beginnt mit der Festlegung seiner bestimmungsgemäßen Verwendung und der Grenzen, wie in ISO 12100, ISO 11161 und anderen zutreffenden 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 manuelles Eingreifen;
- 4) Beschreibung von Schnittstellen, Werkzeugen und Ausrüstung;

ANMERKUNG 1 Es ist ratsam, die für diese Einrichtungen betreffenden C-Normen zu berücksichtigen.

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

b) räumliche Grenzen (siehe 5.5 Beschreibung Anordnung):

- 1) erforderlicher Bewegungsraum der Maschine;
- 2) erforderlicher Raum für Einbau und Instandhaltung;
- 3) erforderlicher Raum für Bedieneraufgaben und andere Eingriffe durch den Menschen;
- 4) Rekonfigurationseigenschaften (ISO 11161);
- 5) erforderlicher Zugang (siehe 5.5.2);
- 6) Fundamente;
- 7) erforderlicher Raum für Ver- und Entsorgungseinrichtungen oder -ausrüstung.

c) zeitliche Grenzen:

- 1) vorgesehene Lebensdauer der Maschinen und die Gebrauchsdauer ihrer Bauteile (Verschleißteile, Werkzeuge, usw.);
- 2) Prozessablaufdiagramme und Zeiteinteilungen;
- 3) empfohlene Instandhaltungsintervalle.

d) andere Grenzen:

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

ANMERKUNG 2 Andere nationale Normen und lokal 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 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 das Zusammenwirken des Robotersystems mit anderen Maschinen (z. B. Quetschen, Scheren, Stoßen). Diese Gefährdungen müssen auf individueller Basis mit Hilfe einer Risikobeurteilung für die spezielle Anwendung behandelt werden.

### 4.4.2 Identifizierung von Aufgaben

Um das potentielle Auftreten von Gefährdungssituationen zu ermitteln, ist es erforderlich, die Aufgaben zu identifizieren, die von den Bedienpersonen des Robotersystems und dessen zugehöriger Ausrüstung auszuführen sind. Der Integrator muss diese Aufgaben identifizieren und dokumentieren. Der Anwender muss konsultiert werden, um sicherzustellen, dass jegliche vernünftigerweise vorhersehbare Gefährdungssituationen (Kombination von Aufgabe und Gefährdung) in Verbindung mit der Roboterzelle identifiziert sind, einschließlich indirektes Zusammenwirken (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 Folgendes, sind jedoch nicht darauf beschränkt:

- a) Prozesssteuerung und Überwachung;
- b) Werkstückbeschickung;
- c) Programmierung und Verifizierung;

- d) kurzes Eingreifen der Bedienperson ohne erforderliche Demontage;
- e) Einrichten (z. B. Wechsel der Befestigungen, Werkzeugwechsel);
- f) Fehlerbeseitigung;
- g) Beheben von Fehlfunktion(en) (z. B. klemmende Ausrüstung, herabgefallene Teile, das Freifahren und außergewöhnliche Bedingungen);
- h) Beherrschung gefährdender Energie (einschließlich Befestigungselementen, Aufspannvorrichtungen, Drehtische und anderer Ausrüstung);
- i) Instandhaltung und Reparatur;
- j) 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 getroffen 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 Bedienpersonen vor Kontakt mit Gefährdungen oder um sicherzustellen, dass die Gefährdungen in einen sicheren Zustand gebracht wurden, bevor die Bedienperson mit ihnen in Kontakt kommen kann;
- c) Vorsehen ergänzender Schutzmaßnahmen, wie Benutzerinformation, Schulung, Schilder, persönliche Schutzausrüstung usw.

Die in Abschnitt 5 enthaltenen Anforderungen sind vom iterativen Prozess der Anwendung von Maßnahmen zur Risikominderung nach ISO 12100 hinsichtlich der in Anhang A identifizierten Gefährdungen abgeleitet worden. Der Integrator muss sicherstellen, dass die in der Risikobeurteilung identifizierten Risiken durch Anwendung der Anforderungen in Abschnitt 5 angemessen vermindert werden. Werden die Risiken nicht angemessen vermindert, müssen weitere Maßnahmen zur Risikominderung getroffen werden, bis dies der Fall ist.

## **5 Sicherheitsanforderungen und Schutzmaßnahmen**

### **5.1 Allgemeines**

Die Integration von Robotersystemen und -zellen muss die Anforderungen dieses Teils der ISO 10218 erfüllen. Für entsprechende Gefährdungen, die in diesem Teil der ISO 10218 nicht ausdrücklich behandelt werden (z. B. scharfe Kanten), sind zusätzlich die Grundsätze aus ISO 12100 heranzuziehen. Die Gestaltung des Robotersystems sollte nach ergonomischen Grundsätzen erfolgen, um sicherzustellen, dass es einfach bedient und gewartet werden kann. Das Robotersystem muss so konstruiert sein, dass das Personal keinen Gefährdungen ausgesetzt ist.

**ANMERKUNG 1** So wie nicht alle der in diesem Teil der ISO 10218 identifizierten Gefährdungen auf jedes Robotersystem zutreffen, so unterscheidet sich auch der Risikograd in Verbindung mit einer bestimmten Gefährdungssituation von Robotersystem zu Robotersystem.

**ANMERKUNG 2** Empfohlene Verfahren zum Überprüfen verschiedener Anforderungen in diesem Abschnitt sind in Abschnitt 6 enthalten.

## 5.2 Sicherheitsbezogene Leistungsfähigkeit des Steuerungssystems (Hardware/Software)

### 5.2.1 Allgemeines

Sicherheitsbezogene Steuerungssysteme (elektrisch, hydraulisch, pneumatisch und Software) müssen 5.2.2 erfüllen, sofern die Ergebnisse der Risikobeurteilung nicht ergeben, dass ein anderes Leistungskriterium, wie in 5.2.3 beschrieben, geeignet ist. Die sicherheitsbezogene Leistungsfähigkeit des Steuerungssystems des Robotersystems und der mitgelieferten Ausrüstung muss deutlich in der Benutzerinformation angegeben sein.

ANMERKUNG 1 Sicherheitsbezogene Steuerungssysteme können auch als SRP/CS (en: safety-related parts of control systems) bezeichnet werden.

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

- Performance Level (PL) und Kategorien, wie in ISO 13849-1:2006, 4.5.1, beschrieben;
- Safety Integrity Level (SIL) und Anforderungen an die Hardware-Fehlertoleranz, wie in IEC 62061:2005, 5.4.2, beschrieben.

Diese beiden Normen sprechen die funktionale Sicherheit mit ähnlichen, jedoch unterschiedlichen Verfahren an. Die Anforderungen in diesen Normen sollten für die jeweiligen sicherheitsbezogenen Steuerungssysteme angewendet werden, für die sie bestimmt sind. Der Konstrukteur kann sich für die Anwendung einer der beiden Normen entscheiden. Die Daten und Kriterien, die für die Festlegung der sicherheitsbezogenen Leistungsfähigkeit des Steuerungssystems erforderlich sind, müssen in der Benutzerinformation enthalten sein.

ANMERKUNG 2 Der Vergleich zwischen ISO 13849-1 und IEC 62061 ist in ISO/TR 23849 beschrieben.

Es können auch andere Normen angewendet werden, die alternative Leistungsanforderungen bieten, wie z. B. der in Nordamerika verwendete Begriff „Control Reliability“. Werden diese alternative Normen bei der Gestaltung sicherheitsbezogener Steuerungen herangezogen, muss ein gleichwertiges Niveau an Risikominderung erreicht werden.

Ein Ausfall der sicherheitsbezogenen Steuerung muss zu einem Stopp Kategorie 0 oder 1 führen, wie in IEC 60204-1 beschrieben.

### 5.2.2 Leistungsanforderung

Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen müssen so konstruiert sein, dass sie PL = d mit Struktur Kategorie 3 erfüllen, wie in ISO 13849-1:2006 beschrieben oder, dass sie SIL 2 erfüllen mit einer Hardware-Fehlertoleranz von 1 mit einem Proof-Test-Intervall nicht unter 20 Jahren, wie in IEC 62061:2005 beschrieben.

Dies bedeutet insbesondere:

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

Die Anforderungen a) bis d) werden als gleichwertig mit Struktur Kategorie 3, wie in ISO 13849-1:2006 beschrieben, betrachtet.

**ANMERKUNG** Die Anforderung der Einfehlererkennung 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 Andere Leistungskriterien der Steuerung**

Die Ergebnisse einer umfassenden Risikobeurteilung, die für das Robotersystem und dessen bestimmungsgemäße Anwendung durchgeführt wurde, können ergeben, dass eine andere sicherheits-bezogene Leistungsfähigkeit des Steuerungssystems, 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 Benutzerinformation, die mit der betreffenden Ausrüstung geliefert wird, enthalten sein.

## **5.3 Gestaltung und Einbau**

### **5.3.1 Umgebungsbedingungen**

Das Robotersystem und die Schutzmaßnahmen der Roboterzelle müssen unter Berücksichtigung der Umgebungsbedingungen, wie Umgebungstemperatur, Feuchtigkeit, elektromagnetische Störungen, Beleuchtung, usw. gestaltet sein. Diese können Anforderungen an das Umfeld aufgrund technischer Einschränkungen mit sich bringen.

Der Roboter, das Robotersystem und die Zellenbauteile müssen so ausgewählt werden, dass sie den zu erwartenden Betriebs- und Umgebungsbedingungen standhalten.

### **5.3.2 Einbauort der Steuerungselemente**

Bedienelemente und Ausrüstung (z. B. Schweißsteuerung, pneumatische Ventile, usw.), die während des Automatikbetriebs Zugang erfordern, müssen außerhalb des geschützten Bereichs angeordnet sein, so dass die Person, die die Stellteile betätigt, gezwungen ist, sich außerhalb des geschützten Bereichs aufzuhalten. Bedienelemente und Ausrüstung sollten so platziert und gebaut sein, dass sie eine gute Einsehbarkeit in den eingeschränkten Raum des Roboters ermöglichen.

### **5.3.3 Bedienelemente**

Bedienelemente müssen die Anforderungen von IEC 60204-1 erfüllen. Die Bedienelemente müssen in Übereinstimmung mit ISO 10218-1 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 für den Roboter und andere Ausrüstungen (z. B. pneumatische, hydraulische, mechanische, elektrische) müssen die von den Maschinen- und Bauteilherstellern festgelegten Anforderungen erfüllen. Elektrische Anlagen müssen die Anforderungen von IEC 60204-1 erfüllen. Hydraulisch angetriebene Anlagen müssen die Anforderungen der ISO 4413 und pneumatisch angetriebene Anlagen müssen die Anforderungen der ISO 4414 erfüllen.

### **5.3.5 Anforderungen an den Potentialausgleich/die Erdung**

Der Schutz-Potentialausgleich und der Funktions-Potentialausgleich müssen die Anforderungen von IEC 60204-1 erfüllen.

### 5.3.6 Trennen von Energiequellen

Es müssen Einrichtungen zum Trennen gefährdender Energiequellen vorgesehen werden, ohne dass das Personal einer Gefährdung ausgesetzt wird. Diese Einrichtungen dürfen nur in der Trennstellung (im energielosen Zustand) absperbar sein und/oder anderweitig gesichert werden können.

Das Robotersystem sollte für jede Art von Energiequelle über eine einzelne Einrichtung zur Unterbrechung der Energieversorgung verfügen. Für Anlagen mit mehreren Robotern 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 Stellteils der Unterbrechungseinrichtung deutlich gekennzeichnet sein (z. B. als Text oder Symbol).

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

### 5.3.7 Beherrschung von gespeicherter Energie

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

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

ANMERKUNG 2 Eine hängende Achse kann eine signifikante Gefährdung verursachen, je nach Expositionshäufigkeit und -dauer (z. B. Aufenthalt unterhalb des Roboterarms während des Einrichtens). Es ist ratsam, die sicherheitsbezogene Leistungsfähigkeit der Steuerungssysteme für mechanisches Blockieren oder Halten, die zum Schutz von Personen beim Umgang mit gespeicherter Energie vorgesehen sind, entsprechend den Ergebnissen der Risikobeurteilung nach den Anforderungen von 5.2.2 oder 5.2.3 zu gestalten.

### 5.3.8 Stoppfunktionen des Robotersystems und der -zelle

#### 5.3.8.1 Allgemeines

Jedes Robotersystem oder jede -zelle muss über eine Sicherheitshalt-Funktion und eine unabhängige Not-Halt-Funktion verfügen. Die jeweiligen Funktionen müssen für den Anschluss zusätzlicher Einrichtungen für Sicherheitshalt oder Not-Halt ausgelegt sein.

#### 5.3.8.2 Not-Halt-Funktion

Jede Bedienstation, an der eine Bewegung oder andere gefährdende Funktionen ausgelöst werden können, muss über eine manuell auszulösende Not-Halt-Funktion verfügen, die die Anforderungen von IEC 60204-1 und ISO 13850 erfüllt.

Das Auslösen einer Not-Halt-Funktion muss alle Roboterbewegungen und andere gefährdende Funktionen in der Zelle oder an der Schnittstelle zwischen Zellen und anderen Bereichen des Arbeitsraums stillsetzen.

Robotersysteme müssen über eine Not-Halt-Funktion verfügen, die auf alle relevanten Systemteile wirkt. Im Falle größerer Systeme (z. B. mehrere Roboter oder mehrere Zellen) kann eine Trennung des Wirkungsbereichs der Steuerung erforderlich sein.

In diesem Fall muss der Wirkungsbereich der Steuerung entsprechend den Anforderungen der auszuführenden Aufgabe(n) oder entsprechend der Systemcharakteristiken (z. B. Ausrüstungsstruktur, Position der äußeren Schutzeinrichtungen) festgelegt werden. Der Wirkungsbereich der Not-Halt-Steuerung muss in der Nähe der Not-Halt-Einrichtung deutlich gekennzeichnet sein (z. B. durch Text oder Symbol).

Wenn sich die eingeschränkten Räume zweier oder mehrerer Roboter überschneiden oder sind zwei oder mehr Roboter innerhalb eines gemeinsamen geschützten Bereichs erreichbar, muss dieser Raum einen

Arbeitsraum bilden. Alle Not-Halt-Einrichtungen für einen Arbeitsraum müssen den gleichen Wirkungsbereich der Steuerung haben.

Der Wirkungsbereich der Steuerung kann mehrere Arbeitsräume umfassen. Die Benutzerinformation muss Hinweise über den Wirkungsbereich der Steuerung jeder Not-Halt-Einrichtung enthalten.

Not-Halt-Einrichtungen des Robotersystems müssen in Funktion bleiben auch wenn die Bedienstation nicht aktiviert ist.

Die Auswahl einer Stoppfunktion der Kategorie 0 oder Kategorie 1 nach IEC 60204-1 muss anhand der Risikobeurteilung festgelegt werden.

Die Not-Halt-Funktion muss mindestens die Anforderungen von 5.2.2 erfüllen, sofern die Risikobeurteilung nicht ergibt, dass ein anderes Leistungskriterium angebracht ist.

**ANMERKUNG** Einige Kreise für einen Sicherheitshalt können in manueller Betriebsart automatisch umgangen werden und sind daher für den Anschluss von Not-Halt-Einrichtungen nicht geeignet.

Wird ein Not-Halt-Ausgangssignal 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 ein Not-Halt-Signal ausgegeben werden.

### **5.3.8.3 Sicherheitshalt**

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

Stoppkategorie 2 kann angewendet werden, wenn das externe Leistungsantriebssystem IEC 61800-5-2 entspricht.

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

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

### **5.3.9 Abschalten zugehöriger Ausrüstung**

Das Robotersystem muss so installiert 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, Vakuumversorgung) nicht das Lösen der Last verursachen kann, wenn dieses zu einem Gefährdungszustand führen würde;
- b) 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;

- c) Befestigungsflansch und Anbauteile richtig zusammenpassen (richtig gekoppelt);
- d) abnehmbare Werkzeuge während ihrer Verwendung sicher befestigt sind;
- e) die Freigabe abnehmbarer Werkzeuge nur an ausgewiesenen Positionen erfolgen darf oder unter speziellen, kontrollierten Bedingungen, falls die Freigabe zu einer Gefährdungssituation führen würde;
- f) der Endeffektor den zu erwartenden Kräften während seiner vorgesehenen Lebensdauer standhält.

Falls durchführbar, kann den Endeffektoren für die Fehlerbeseitigung Energie zugeführt werden, ohne dass Antriebsenergie an den Antriebselementen des Roboters einwirkt.

ANMERKUNG Diese Eigenschaft kann eine von Roboterherstellern angebotene nützliche Option sein, sie ist jedoch keine Anforderung in ISO 10218-1.

Die Benutzerinformation muss die vorgesehene Lebensdauer von Endeffektoren beinhalten, basierend auf den zu erwartenden Bedingungen bei normalem Betrieb, falls der Ausfall eines Endeffektors zu einem potentiellen Gefährdungszustand führen könnte.

Vor dem Betrieb des Robotersystems, muss/müssen der/die Werkzeugarbeitspunkt(e) (TCP, en: tool centre point) unter Verwendung der vom Roboterhersteller mitgelieferten Offset-Funktion eingestellt werden. Es müssen Maßnahmen zur Vermeidung von Gefährdungszuständen getroffen werden (z. B. mechanisch geschützte pneumatische Schlauchleitungen oder Vakuumschlauchleitungen, selbsthaltende Einrichtungen, wie z. B. federgespeicherte zusätzliche Greifer).

#### **5.3.11 Vorgehensweise zum Freifahren im Notfall**

Die Benutzerinformation muss genaue Anleitungen enthalten bezüglich des Freifahrens der systembezogenen Roboteranrüstung in Verbindung mit den Anleitungen des Herstellers zu Bewegungen im Notfall oder außergewöhnlichen 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/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.

Das Robotersystem muss mit eingebauter Beleuchtung geliefert werden, die für die jeweiligen Arbeitsgänge geeignet ist, dort wo trotz vorhandener Umgebungsbeleuchtung von normaler Intensität eine fehlende Beleuchtung ein Risiko verursachen kann.

Das Robotersystem muss 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 Instandhaltungsbereiche müssen mit geeigneter Beleuchtung ausgestattet sein. Die Beleuchtung in Bereichen, die häufige Kontrolle oder Einstellung erfordern, muss mindestens eine Stärke von 500 lx aufweisen (siehe ISO 8995-1).

ANMERKUNG Bereiche, die bei der Beleuchtung zu berücksichtigen sind, umfassen Arbeitsstationen, Zugangsbereiche, usw.

### **5.3.14 Gefährdungen durch die Anwendung**

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

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

### **5.3.15 Zustimmungseinrichtungen**

Das Handbediengerät und zusätzliche Zustimmungseinrichtungen sowie deren Einbindung müssen ISO 10218-1 erfüllen (für zusätzliche Informationen, siehe Anhang D).

Muss mehr als eine Person innerhalb des geschützten Bereichs geschützt werden, muss für jede einzelne Person eine Zustimmungseinrichtung vorgesehen werden. Alle Zustimmungseinrichtungen, die mit einer einzelnen Robotersteuerung verbunden sind, müssen die gleiche Funktionalität (Wirkungsbereich der Steuerung) haben.

Bei Stellen, an denen Personal während des manuellen Betriebes einer Gefährdungssituation ausgesetzt sein kann, müssen die Steuerungssysteme so verriegelt sein, dass mit den Zustimmungseinrichtungen alle Gefährdungen in den Bereichen der Zelle beherrscht werden können (z. B. beim Aufenthalt im eingeschränkten Raum eines angrenzenden Roboters mit sich überschneidenden eingeschränkten Räumen während des Arbeitens an der Hilfsausrüstung oder einem anderen Roboter).

Verriegelte gefährdende Maschinenbewegungen müssen eine separate Handlung für den Neustart erfordern, nachdem die Steuerung (das Stillsetzen) durch eine Zustimmungseinrichtung erfolgt ist.

**ANMERKUNG 1** Der Wirkungsbereich einer verriegelbaren Zustimmungseinrichtung ist abhängig von der Anordnung, dem Raum und den zu erwartenden Aufgaben sowie den Arbeitspositionen, die für diese Aufgaben vorgesehen werden. Steuerungsmaßnahmen nach 5.2.2 können so gestaltet sein, dass sich überschneidende Roboter während des manuellen Betriebs nicht zur gleichen Zeit aktiv sein können.

**ANMERKUNG 2** Für die Prozessbeobachtung, siehe Anhang F.

## **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 können einen großen Wirkungsraum (maximaler Raum) einnehmen, insbesondere bei der Handhabung eines großen Werkstücks.

Das Aufstellen von äußeren trennenden Schutzeinrichtungen zum Schutz von Personen vor den vom Robotersystem ausgehenden Gefährdungen (geschützter Bereich) in diesem maximalen Umfang kann dazu führen, dass ein unnötig großer Bereich umschlossen wird, der den Raum überschreitet, den die Roboter für die Ausführung ihrer Aufgabe benötigen (Betriebsraum). Um den geschützten Bereich zu verringern, kann der maximale Raum mittels integrierter oder externer Einrichtungen begrenzt werden, die die Bewegung des Robotersystems begrenzen (eingeschränkter Raum).

### **5.4.2 Festlegung der geschützten Bereiche und der eingeschränkten Räume**

Der geschützte Bereich muss durch äußere Schutzeinrichtungen festgelegt werden. Er muss unter sorgfältiger Berücksichtigung des Orts, der Anordnung der Maschinen und unter Berücksichtigung der Gefährdungen innerhalb des geschützten Bereichs angeordnet sein.

Der eingeschränkte Raum des Robotersystems muss durch Einrichtungen festgelegt werden, die die Bewegung des Roboters, des Endeffektors, der Vorrichtung und des Werkstücks begrenzen. Der

eingeschränkte Raum sollte kleiner gestaltet sein als der maximale Raum. Der eingeschränkte Raum muss innerhalb des geschützten Bereichs liegen und sollte dem Betriebsraum so nah wie praktisch möglich sein.

Die äußeren Schutzeinrichtungen dürfen nicht näher an der Gefährdung angeordnet werden als der eingeschränkte Raum. Ist die äußere Schutzeinrichtung als Begrenzungseinrichtung nach 5.4.3 gestaltet, bildet die äußere Schutzeinrichtung einen Teil der Begrenzung sowohl für die geschützten Bereiche als auch für die eingeschränkten Räume.

Zusätzliche technische Schutzmaßnahmen können für Bedienstationen erforderlich sein (z. B. Beschickungsposition). Dynamische Begrenzung (siehe 5.4.4), verriegelte Schutzeinrichtungen und andere Schutzeinrichtungen können verwendet werden, um sicherzustellen, dass eine Bedienperson an der Bedienstation keiner Gefährdung ausgesetzt ist.

### 5.4.3 Einrichtungen zur Bewegungsbegrenzung

Die Begrenzung der Bewegung des Robotersystems kann durch Einrichtungen, die im Roboter integriert sind, erzielt werden (z. B. vom Hersteller bereitgestellte sicherheitsbewertete Software zur Achs- und Raumbegrenzung oder mechanische Anschläge), durch den Einbau externer Begrenzungseinrichtungen oder durch eine Kombination von beidem. Begrenzungseinrichtungen werden verwendet, um den Raum zu begrenzen, in dem der Roboter seine Aufgabe ausführen kann, d. h. durch die Verwendung von Begrenzungseinrichtungen wird der eingeschränkte Raum kleiner gemacht als der maximale Raum.

Begrenzungseinrichtungen werden in zwei Kategorien eingeteilt: mechanische und nicht-mechanische Begrenzungseinrichtungen. Mechanische Begrenzungseinrichtungen schränken den Roboter physisch auf festgelegte Grenzen ein. Nicht-mechanische Begrenzungseinrichtungen begrenzen selbst nicht die Roboterbewegung sondern lösen vielmehr einen Stopp über die Steuerung des Roboters aus. Nicht-mechanische Begrenzungseinrichtungen erfordern daher vom Integrator die Berücksichtigung des Anhalteweges bei der Festlegung des eingeschränkten Raums des Roboters.

Alle zugehörigen sicherheitsbezogenen Teile, die an die Robotersteuerung angeschlossen sind, müssen die Anforderungen von ISO 10218-1 erfüllen.

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

- Werden mechanische Anschläge vorgesehen, müssen diese die Anforderungen für Begrenzungseinrichtungen und, falls anwendbar, auch die Anforderungen für dynamische Begrenzungseinrichtungen nach ISO 10218-1 erfüllen.

Werden alternative Maßnahmen zur Begrenzung des Bewegungsraums vorgesehen, müssen diese so konstruiert, gebaut und installiert sein, dass sie mindestens die Anforderungen für Achsbegrenzungen nach ISO 10218-1 erfüllen. Diese Maßnahmen müssen mindestens die Anforderungen von 5.2.2 erfüllen, sofern die Risikobeurteilung nicht ergibt, dass ein anderes Leistungsniveau angemessen ist. Der Anhalteweg in Verbindung mit der Begrenzungseinrichtung muss bei jeder Berechnung des eingeschränkten Raumes berücksichtigt werden (siehe ISO 10218-1 bezüglich Informationen und Metrik zur Anhaltezeit und zum Anhalteweg).

Werden nicht-mechanische Begrenzungseinrichtungen verwendet, einschließlich sicherheitsbewertete Software zur Achs- und Raumbegrenzung (siehe ISO 10218-1), muss bei der Festlegung des eingeschränkten Raums der Roboter mit tatsächlicher Last zugrunde gelegt werden. Wird die Geschwindigkeit des Roboters durch ein 5.2.2 entsprechendes Überwachungssystem begrenzt, kann der eingeschränkte Raum auf der konfigurierten Geschwindigkeitsbegrenzung des Roboters basieren. Andernfalls muss der eingeschränkte Raum auf der maximalen Robotergeschwindigkeit beruhen.

Wird sicherheitsbewertete Software zur Achs- und Raumbegrenzung des Roboters in Übereinstimmung mit den Anleitungen des Roboterherstellers verwendet, müssen Informationen über die programmierten

Begrenzungen, die mit diesen (Software-)Möglichkeiten umgesetzt werden, in der Benutzerinformation enthalten sein.

In Fällen, in denen die äußere Schutzeinrichtung als Begrenzungseinrichtung konstruiert ist, müssen die Ergebnisse der Risikobeurteilung zur Festlegung der Anforderungen an die Gestaltung, die Festigkeit und die Verformung dieser trennenden Schutzeinrichtung herangezogen werden.

**ANMERKUNG 1** Bei Robotern mit lastabhängiger Geschwindigkeitskompensation können Maximalwerte bereits auftreten, wenn der Roboter weniger als die Nennlast trägt.

**ANMERKUNG 2** Der eingeschränkte Raum wird durch den Punkt definiert, an dem die Roboterbewegung tatsächlich anhält und nicht dadurch, wo der Stopp ausgelöst wird. Dies kann durch die Position der mechanischen Begrenzungseinrichtungen (z. B. mechanische Anschläge) konkret festgelegt werden. Die Position von nicht-mechanischen Begrenzungseinrichtungen erfordert die Berücksichtigung der Reaktionszeit dieser Einrichtungen und des Anhalteweges des Roboters. Dies umfasst auch die Konfigurationen der sicherheitsbewerteten Software zur Achs- und Raumbegrenzung.

**ANMERKUNG 3** Einrichtungen, die zum Schutz der Maschine vorgesehen sind, (z. B. Überstromschutz und Kollisionssensoren) eignen sich nicht als Begrenzungseinrichtungen; außer sie sind speziell dafür konstruiert, getestet und festgelegt, um als Schutzeinrichtung, welche ISO 10218-1 erfüllt, zum Zwecke der Bewegungsbegrenzung geeignet zu sein.

**ANMERKUNG 4** Die Verwendung einer äußeren Schutzeinrichtung als Begrenzungseinrichtung ist normalerweise nur praktikabel, wenn die Roboter keine gefährdenden Verformungen der trennenden Schutzeinrichtungen verursachen können.

#### **5.4.4 Dynamische Begrenzung**

Dynamische Begrenzung ist die automatisch gesteuerte Änderung eines eingeschränkten Raums des Roboters, die während eines Abschnitts im Robotersystemzyklus auftritt. Beispiele für Steuerungseinrichtungen, jedoch nicht auf diese beschränkt, sind nockenbetätigte Grenztaster, Lichtvorhänge oder gesteuert einziehbare mechanische Anschläge, welche für eine weitere Begrenzung der Roboterbewegung innerhalb des eingeschränkten Raums eingesetzt werden können, während der Roboter sein Anwenderprogramm ausführt. Daher müssen mechanische Begrenzungseinrichtungen die Roboterbewegung unter Nennlast- und Nenndrehzahlbedingungen anhalten können. Damit verbundene sicherheitsbezogene Steuerungssysteme müssen die Leistungsanforderungen nach 5.2 erfüllen.

Die Position der dynamischen Begrenzungsbereiche muss in der Benutzerinformation angegeben sein. Bei nicht-mechanischen Begrenzungseinrichtungen muss dies sowohl die Bereichsbegrenzung, in welcher der Stopp ausgelöst wird, als auch den Bereich, in dem der Roboter tatsächlich anhält, umfassen (eingeschränkter Raum).

**ANMERKUNG** 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.

### **5.5 Anordnung**

#### **5.5.1 Äußere Schutzeinrichtungen**

Maßnahmen für äußere Schutzeinrichtungen müssen durch die Anwendung trennender Schutzeinrichtungen oder sensitiver Schutzeinrichtungen nach 5.10 realisiert werden. Bei der Auswahl dieser Schutzeinrichtungen muss Folgendes berücksichtigt werden:

- die zu erwartende Betriebsbeanspruchung;
- der Einfluss des zu verarbeitenden Materials, insbesondere das Zuführen von Materialien in das bzw. das Abführen aus dem Robotersystem;
- andere relevante externe Einflussfaktoren (z. B. schließt eine sehr staubige Atmosphäre die Verwendung einer optoelektronischen Schutzeinrichtung aus).

Sicherheitsabstände bezüglich Über- und Durchgreifen an mechanischen Abtrennungen müssen die Anforderungen nach ISO 13857 erfüllen. Mindestabstände von verriegelten trennenden Schutzeinrichtungen und anderen Schutzeinrichtungen mit Annäherungsreaktion müssen die Anforderungen nach ISO 13855 erfüllen. Wo eine Gefährdung durch Quetschen durch Einhalten von Mindestabständen verhindert ist, müssen diese die Anforderungen nach ISO 13854 erfüllen.

### 5.5.2 Zugang für Eingriffe

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

Für Aufgaben, welche die Betriebsart „Manuell mit hoher Geschwindigkeit“ erfordern, muss ein Mindestabstand von 500 mm eingehalten werden. Dieser Abstand ist erforderlich zwischen dem berechneten Haltepunkt der bewegten Gefahrenstellen und Gebäudeteilen, Aufbauten, äußeren Schutzeinrichtungen, Versorgungseinrichtungen, anderen Maschinen und Ausrüstung, welche die Roboterfunktion nicht explizit unterstützen, jedoch eine Fang- oder Quetschstelle bilden können (siehe ISO 13854).

BEISPIEL Die Roboterfunktion kann durch Vorrichtungen, Beladestationen, Fördertechnik sowie prozessbezogene Ausrüstung unterstützt werden.

Falls durchführbar, muss die Anordnung so gestaltet sein, dass die Aufgaben der Bedienperson von außerhalb des geschützten Bereichs ausgeführt werden können. Müssen Aufgaben innerhalb des geschützten Bereichs ausgeführt werden, muss ein sicherer und geeigneter Zugang zu den Arbeitspositionen sichergestellt sein. Zugänge und Zugangsmittel dürfen die Bedienpersonen nicht gefährden, wie z. B. durch Rutschen, Stolpern und Stürzen.

Die Gestaltung für den sicheren Zugang in den geschützten Bereich muss z. B. Folgendes berücksichtigen:

- Kabelkanäle, Stolperbereiche;
- Zugangshäufigkeit für manuelles Be- und Entladen;
- physikalische Eigenschaften der Last;
- Aufenthalts- und Überwachungsbereiche;
- Instandhaltungspositionen (z. B. Kappenwechsel bei Schweißzangen);
- leichter Zugang zu Instandhaltungsstellen (z. B. außerhalb des geschützten Bereichs).

Es müssen dauerhafte Zugangsmöglichkeiten vorgesehen werden, die sowohl die Häufigkeit der auszuführenden Aufgabe und deren ergonomische Aspekte berücksichtigen.

Bedienelemente (z. B. Handbediengeräte, Roboterschaltchränke), sollten neben der Zugangseinrichtung angeordnet sein, um die Verwendung durch die Bedienpersonen zu vereinfachen. Ist elektrische Ausrüstung, die Elemente enthält, zu denen der Zugang erforderlich ist (z. B. für routinemäßige Instandhaltung) oberhalb der normalen Reichweite angeordnet (z. B. auf dem Maschinendach), muss eine Zugangsmöglichkeit vorgesehen werden (z. B. Arbeitsbühne). Im Ergebnis der Risikobeurteilung zur Festlegung einer geeigneten Zugangseinrichtung muss berücksichtigt werden, dass die relevanten Einrichtungen in einer Bediendhöhe von 400 mm bis 2 000 mm Höhe (gerechnet von der Zugangsebene aus) erreichbar sind (siehe auch IEC 60204-1).

Elektrische Gehäuse müssen so angebracht sein, dass ihre Türen vollständig geöffnet werden können und dass stets Fluchtwege vorhanden sind, auch bei geöffneten Türen. Dies ist erfüllt, wenn:

- a) Türen unter Berücksichtigung der Fluchtrichtung leicht in eine geschlossene Position zugestoßen werden können;
- b) der verbleibende Abstand nicht kleiner als 500 mm ist, wenn die Tür vollständig geöffnet ist (siehe auch IEC 60364-7-729).

Die Auswahl und Gestaltung von Arbeitsbühnen, Laufgängen, Treppen, Treppenleitern und feststehenden Leitern müssen mit den entsprechenden Teilen der ISO 14122 übereinstimmen.

Es müssen technische Schutzeinrichtungen vorgesehen werden, die entweder den Zugang der Bedienperson zwischen den Zellen verhindern oder Gefährdungen innerhalb angrenzender Zellen in einen sicheren Zustand bringen, bevor ein Bediener sie erreichen kann.

Zum Schutz der Bedienpersonen vor Risiken in Verbindung mit dem Materialfluss in und aus angrenzenden Zellen müssen technische Schutzmaßnahmen vorgesehen werden.

### **5.5.3 Materialhandhabung**

Die Gefährdungen in Verbindung mit der Materialhandhabung (z. B. Erfasst werden, herabfallendes Material und die Verbindungen zum Robotersystem) müssen in der Risikobeurteilung betrachtet werden.

An Stellen, an denen Material in den geschützten Bereich 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, ohne weitere Gefährdungen zu verursachen, die Gefährdungen in einen sicheren Zustand gebracht haben, bevor sie erreicht werden können. Die Größe der Öffnungen sollte auf das Mindestmaß beschränkt werden, das für den Materialfluss erforderlich ist (siehe 5.10.7).

### **5.5.4 Prozessbeobachtung**

Die Prozessbeobachtung sollte von außerhalb des geschützten Bereichs erfolgen. Dies kann durch das Vorsehen sicherer Aufenthalts- und Beobachtungspositionen (z. B. Arbeitsbühnen, Laufstege, Fernüberwachungskameras), wie durch die Risikobeurteilung festgelegt, erreicht werden.

Kann die Prozessbeobachtung nur innerhalb des geschützten Bereichs erfolgen, müssen die Betriebsarten gemäß 5.6.4.2 und 5.6.4.3 angewendet werden. Sind diese Betriebsarten nicht anwendbar, muss eine separate Steuerungsbetriebsart vorgesehen werden. Diese Betriebsart muss auch die erforderlichen technischen Schutzmaßnahmen vorsehen, um sicherzustellen, dass Bediener, welche die Prozessbeobachtung durchführen, keiner Gefährdungssituation ausgesetzt sind. Zusätzliche Informationen sind im Anhang F enthalten.

## **5.6 Anwendung der Betriebsart des Robotersystems**

### **5.6.1 Allgemeines**

In einer Zelle mit mehr als einem Robotersystem kann die Betriebsart individuell an jedem Robotersystem oder gemeinsam für alle verbunden Robotersysteme innerhalb der Zelle ausgewählt werden. Bei individueller Wahl der Betriebsart an jedem Robotersystem, ist es nicht erforderlich, dass alle Robotersysteme in die manuelle Betriebsart geschaltet werden. Roboter, die nicht manuell betrieben werden, müssen im sicheren Zustand verbleiben, unabhängig von der gewählten Betriebsart und dürfen keine Gefährdung verursachen.

Folgende Anforderungen gelten für ein Robotersystem oder eine Roboterzelle. Hierin nicht enthalten sind Anforderungen an die Ausrüstung innerhalb der Roboterzelle, die für die Roboterarbeiten nicht benötigt wird. Um alle weiteren Maßnahmen festzulegen, ist für die von dieser Ausrüstung ausgehenden Risiken ist eine

Risikobeurteilung durchzuführen. Wird der Roboter in manueller Betriebsart bedient, wird dringend empfohlen, die übrige Ausrüstung, die für die vom Roboter auszuführende Aufgabe nicht benötigt wird, in einen sicheren Zustand zu bringen und diesen beizubehalten.

### **5.6.2 Auswahl**

Unbefugte und/oder unbeabsichtigte Betriebsartenwahl muss durch geeignete Einrichtungen verhindert sein.

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

Es muss eine eindeutige Anzeige der gewählten Betriebsart vorhanden sein.

Das Ändern der Betriebsart darf keine Gefährdungssituation verursachen.

### **5.6.3 Betriebsart Automatik**

#### **5.6.3.1 Allgemeines**

Das Betreten des geschützten Bereichs bei Betriebsart Automatik muss einen Sicherheitshalt der gesamten Ausrüstung auslösen, die eine Gefährdung oder Gefährdungssituation darstellen könnte.

#### **5.6.3.2 Auswahl der Betriebsart Automatik**

Die Auswahl der Betriebsart Automatik am (an den) Robotersystem(en) darf den Zustand eines Sicherheitshalts oder Not-Halts nicht überlagern oder zurücksetzen.

Die Auswahl der Betriebsart Automatik muss von außerhalb des geschützten Bereichs erfolgen. Die Verwendung eines Handbediengeräts oder einer Teach-Einrichtung zur Auswahl der Betriebsart Automatik, muss eine gesonderte bewusste Handlung von außerhalb des geschützten Bereichs zur Auslösung des Automatikbetriebs erfordern.

Das Schalten aus der Betriebsart Automatik muss einen Sicherheitshalt oder einen Not-Halt bewirken.

#### **5.6.3.3 Einleiten des Automatikbetriebs**

Der Automatikbetrieb darf nur von außerhalb des geschützten Bereichs eingeleitet werden können.

Das Einleiten des Automatikbetriebs darf nur möglich sein, wenn alle zugehörigen Schutzeinrichtungen aktiviert sind.

#### **5.6.3.4 Manuelle Rückstellung, Start/Wiederanlauf und unerwarteter Anlauf**

**5.6.3.4.1** Der Start und der Wiederanlauf des Robotersystems muss ein leicht verständlicher und einfacher Vorgang sein. Start und Wiederanlauf müssen erfordern, dass die entsprechenden Sicherheitsfunktionen und/oder Schutzmaßnahmen in Funktion sind.

Sicherheitsbezogene Steuerungsfunktionen müssen mindestens die Anforderungen nach 5.2.2 erfüllen, sofern die Risikobeurteilung nicht festlegt, dass ein anderes Leistungskriterium angemessen ist.

**5.6.3.4.2** Es muss eine Startverriegelung vorgesehen werden, um den automatischen Start von gefährdenden Arbeitsgängen zu verhindern, wenn die Energieversorgung eingeschaltet oder unterbrochen und wiederhergestellt wird. Die Startverriegelung muss durch eine beabsichtigte Handlung zurückgestellt werden.

Es muss eine Wiederanlaufsperrung vorgesehen werden, die den automatischen Wiederanlauf von gefährdendem Betrieb verhindert, entweder nach:

- a) dem Auslösen einer Schutzfunktion;
- b) einem Wechsel der Betriebsart der Zelle.

Das Personal muss gegen einen Start und einen Wiederanlauf der Roboterzelle geschützt sein, wenn es sich innerhalb des geschützten Bereichs nach ISO 14118 befindet.

Bedienelemente für Start und Wiederanlauf müssen manuell betätigt werden und sich außerhalb des geschützten Bereichs befinden. Sie dürfen nicht von innerhalb des geschützten Bereichs aktiviert werden können.

Die manuelle Rückstellfunktion muss jeden der folgenden Punkte erfüllen:

- Sie muss durch ein getrenntes, manuell zu bedienendes Gerät im sicherheitsbezogenen Steuerungssystem vorgesehen werden.
- Sie darf nur möglich sein, wenn alle Sicherheitsfunktionen und Schutzeinrichtungen wirksam sind.
- Sie darf selbst keine Bewegung oder Gefährdungssituationen einleiten.
- Sie muss durch eine beabsichtigte Handlung erfolgen.
- Sie muss der Steuerung ermöglichen, einen separaten Startbefehl anzunehmen.
- Sie darf nur durch das Loslassen des Bedienelements aus dessen betätigter (Ein)Position erfolgen.

Die Bedienperson muss von jeder Steuerungsposition aus sicherstellen können, dass sich niemand im geschützten Bereich befindet. Die Bedienelemente für Start und Rückstellung sollten so platziert sein, dass sie klare und ungehinderte Sicht in den geschützten Bereich ermöglichen.

Ist dies nicht praktikabel, muss eine Anwesenheitserkennung vorgesehen werden, um Bediener innerhalb des gesamten geschützten Bereichs zu erkennen

**5.6.3.4.3** Ist eine Anwesenheitserkennung nicht praktikabel, muss der unerwartete Anlauf durch das Vorsehen anderer Schutzmaßnahmen verhindert sein. Diese Schutzmaßnahmen können umfassen:

- a) mehrere Möglichkeiten zur Trennung und Sperrung der gefährdenden Ausrüstung, die sich innerhalb des geschützten Bereichs befindet;
- b) Maßnahmen zum Sperren einer trennenden Schutzeinrichtung (Tor) im geöffneten Zustand;
- c) zusätzliche zeitlich begrenzte Rückstellungseinrichtungen, die sich innerhalb des geschützten Bereichs befinden.

Falls dies nicht möglich ist, muss ein dem Start vorausgehendes audio-visuelles Warnsignal vorgesehen werden, das

- von der Position innerhalb des geschützten Bereichs in ausreichendem Maß seh- und hörbar ist und
- mit einer Verzögerungsdauer vor dem Start ausgestattet ist, die ausreichend sein muss, um den Bedienpersonen das Verlassen des geschützten Bereichs zu ermöglichen.

Leicht erkennbare und leicht zugängliche Not-Halt-Einrichtungen müssen in ausreichender Anzahl innerhalb des geschützten Bereichs angeordnet sein, um deren Betätigung während der Verzögerung vor dem Start zu ermöglichen.

**ANMERKUNG** Bezüglich der Hierarchie bei der Auswahl von Schutzmaßnahmen siehe 4.5.

## 5.6.4 Manuelle Betriebsart

### 5.6.4.1 Allgemeines

Ist manuelles Eingreifen erforderlich, muss die lokale Steuerung durch ein einzelnes Handbediengerät oder eine ähnliche Bedienstation, die die Anforderungen nach ISO 10218-1 erfüllt, erfolgen.

**ANMERKUNG** Dies gilt für jede Einrichtung, die zur Steuerung eines Roboters von innerhalb des geschützten Bereichs verwendet wird, während Antriebsenergie an einer der Roboterachsen oder dem Endeffektor anliegt. Dies betrifft auch Roboter mit Stellteilen (Bedienelementen) zur direkten Steuerung, unabhängig davon, ob diese am Roboter direkt, an Haupt- oder an Sekundärbedienstationen angebracht sind.

Falls durchführbar, müssen Steuerungseinrichtungen und Bedienstationen so platziert sein, dass die Bedienperson den Arbeits- oder den Gefährdungsbereich beobachten kann.

Neben jeder Steuerungseinrichtung zum Starten muss eine Steuerungseinrichtung zum Stillsetzen platziert werden.

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

### 5.6.4.2 Manuell mit reduzierter Geschwindigkeit

In der Betriebsart „Manuell mit reduzierter Geschwindigkeit“, darf die Geschwindigkeit des ausgewählten Werkzeugarbeitspunkts TCP 250 mm/s nicht überschreiten. Es sollte möglich sein, Geschwindigkeiten unter 250 mm/s auszuwählen. Durch eine Risikobeurteilung muss festgelegt werden, ob eine reduzierte maximale Geschwindigkeit unter 250 mm/s benötigt wird und ob andere Ausrüstung im Robotersystem bei reduzierter Geschwindigkeit betrieben werden muss.

In der Betriebsart „Manuell mit reduzierter Geschwindigkeit“ darf die Bewegung des Roboters oder eines Teils des Robotersystems nur in Verbindung mit einer Zustimmungseinrichtung nach ISO 10218-1 möglich sein. Die sicherheitsbezogene Leistungsfähigkeit der Zustimmungsfunktion muss 5.2 entsprechen.

### 5.6.4.3 Manuell mit hoher Geschwindigkeit

Diese Betriebsart ist dafür vorgesehen, nur auf die Programmverifizierung beschränkt zu sein und darf nicht für die Produktion angewendet werden. Jeder manuelle Tippbetrieb muss bei reduzierter Geschwindigkeit erfolgen. Diese Betriebsart darf nur in Ausnahmefällen vorgesehen werden, wenn die Anwendung erfordert, dass das Robotersystem in der Betriebsart „Manuell mit hoher Geschwindigkeit“ betrieben wird.

In der Betriebsart „Manuell mit hoher Geschwindigkeit“, kann die Geschwindigkeit des ausgewählten Werkzeugarbeitspunkts TCP 250 mm/s überschreiten. Das Robotersystem muss den Anforderungen der automatischen Betriebsart nach ISO 10218-1 entsprechen und mit einem Handbediengerät in Übereinstimmung mit ISO 10218-1 ausgestattet sein. In der Benutzerinformation muss die Forderung enthalten sein, dass das Handbediengerät der Zustimmungseinrichtung auf seine ordnungsgemäße Funktion zu testen ist, bevor eine Bewegung ausgelöst wird.

## 5.6.5 Fernzugriff für manuelles Eingreifen

Ein Roboter oder Robotersystem kann netzwerkfähig sein (z. B. LAN, Modem und Internet), was den Fernzugriff für Diagnose, technische Beratung und Funktionsprüfung usw. ermöglicht.

Wird ein Robotersystem von einer Bedienperson ferngesteuert, die sich an einem anderen Ort als dem Roboterstandort aufhält, z. B. in einem entfernten Büro, ist Folgendes erforderlich:

- a) manuelle Fernsteuerung darf nur möglich sein, wenn sich der Roboter oder das Robotersystem in der manuellen Betriebsart befindet;
- b) zum gleichen Zeitpunkt darf nur eine Bedienstation aktiv sein - lokal oder fern - (ausschließliche Bedienung von einer Bedienstation);

- c) die in b) aufgeführte Steuerungsart darf die lokale Auswahl nicht überlagern und eine lokale Gefährdungssituation verursachen;
- d) die Aktivierung der Funktion der manuellen Fernsteuerung darf nur von der lokalen Steuerung aus möglich sein;
- e) alle Stellteilkfunktionen, die eine Gefährdung verursachen können (z. B. Roboterbewegung, Beeinflussen von Ausgängen, die gefährdende Ausrüstung steuern, Veränderung von Werten, die gefahrbringenden Einfluss auf den Roboter haben, Quittierung von Sicherheitsfunktionen, Tippschaltung, usw.) dürfen nur von einer einzigen ausgewählten Bedienstation aus erfolgen können;
- f) ohne eine lokale Bestätigung, dass die Änderung akzeptiert wurde und keine Gefährdung verursacht, darf es nicht möglich sein, die Parameter in Bezug auf die Begrenzung der Roboterbewegung mittels sicherheitsbewerteter Software zur Achs- und Raumbegrenzung ferngesteuert zu verändern, wie in 5.4.3 beschrieben;
- g) eine Anzeige an der lokalen Steuerung (Steuerpult, Programmierhandgerät, usw.) muss signalisieren, dass das Robotersystem ferngesteuert wird;
- h) begleiteter manueller Eingriff darf nur möglich sein, wenn das Robotersystem sich in der Betriebsart „Manuell mit reduzierte Geschwindigkeit“ befindet;
- i) wenn sich niemand im geschützten Bereich aufhält und die Schutzeinrichtungen aktiv sind, können die ferngesteuerten Funktionen ohne lokale Handlungen ausgeführt werden;
- j) muss sich eine Person im geschützten Bereich aufhalten, dürfen Steuerungsfunktionen von einem Fernbediener, die Gefährdungen verursachen können, nur ausgeführt werden können, wenn der lokale Bediener die Funktion durch Drücken einer Zustimmungseinrichtung freigibt.
- k) jegliche Ausrüstung, die für die ferngesteuerte Handlung nicht benötigt wird und eine Gefährdung verursachen könnte, muss in einem sicheren Zustand gehalten werden.

Die Benutzerinformation muss geeignete Anforderungen an die Schulung der Fernbediener und der lokalen Bediener für ferngesteuerte Aufgaben enthalten.

## **5.7 Handbediengeräte**

### **5.7.1 Allgemeines**

Handbediengeräte und Teach-Steuereinrichtungen, die innerhalb des geschützten Bereichs verwendet werden, müssen den Anforderungen von ISO 10218-1 entsprechen.

Die Not-Halt Funktion am Handbediengerät muss 5.3.8.2 erfüllen.

Bei Programmierhandgeräten, die mit einem Kabel ausgerüstet sind, muss das Kabel ausreichend lang sein, damit die Bedienperson die zu erwartenden Aufgaben sicher ausführen kann (z. B. aufgrund unzureichender Kabellänge nicht über Ausrüstung steigen, um zum Teach-Punkt zu gelangen). Das Kabel muss den zu erwartenden Umgebungsbedingungen am Einsatzort standhalten.

Die Vorkehrungen für eine ordnungsgemäße Lagerung des Handbediengeräts müssen so erfolgen, dass die Möglichkeiten für Schäden, die zu einer Gefährdung führen können, auf ein Mindestmaß reduziert sind. Die Lagerung von abgesteckten oder kabellosen Handbediengeräten muss die Möglichkeit einer Verwechslung zwischen einer inaktiven und einer aktiven Not-Halt-Einrichtung minimieren.

### 5.7.2 Anforderungen an kabellose oder abnehmbare Installationen / Kommunikationen

Bei Verwendung kabelloser oder absteckbarer Programmierhandgeräte am Robotersystem, muss Folgendes gelten:

- a) Handbediengerät(e) muss/müssen ISO 10218-1 entsprechen;
- b) die Not-Halt Funktion und die Zustimmungseinrichtung am Handbediengerät müssen die Anforderungen nach ISO 10218-1 erfüllen;
- c) die Möglichkeit der unbeabsichtigten Steuerung eines Robotersystems muss verhindert sein, durch:
  - 1) eindeutige Einrichtungen, die den im Betrieb befindlichen Roboter festlegen;
  - 2) Anschlussmittel, die die Integrität der Kommunikation sicherstellen (z. B. Login, Verschlüsselung, Firewalls);
  - 3) eindeutige Einrichtungen zur Anzeige der fortlaufenden Verbindung (z. B. Bildschirm).
- d) ein einzelnes kabelloses Handbediengerät darf nicht gleichzeitig mit mehr als einem Robotersystem verbunden sein; dieses System kann aus einem oder mehreren Robotern bestehen;
- e) in manueller Betriebsart muss ein Ausfall der Kommunikation (z. B. außer Reichweite, leere Batterie) an jedem aktiven Handbediengerät (d. h. in Verbindung mit einem Robotersystem) zu einem Sicherheitshalt oder zu einem Not-Halt für die gesamte gesteuerte Ausrüstung führen. Die Wiederherstellung der Kommunikation darf nicht zu einem Wiederanlauf führen ohne eine gesonderte und bewusste Handlung (siehe ISO 10218-1 und IEC 60204-1);
- f) es muss eine unverwechselbare Einrichtung zur Trennung der Robotersteuerung vom Handbediengerät vorhanden sein (z. B. zwangsläufige Handlung der Bedienperson). Wenn Einrichtungen abgemeldet sind, muss deutlich erkennbar sein, dass die relevanten Sicherheitsfunktionen nicht mehr aktiv sind. Es muss darauf geachtet werden, dass Verwechslungen zwischen aktiven und inaktiven Not-Halt Einrichtungen vermieden sind durch Vorsehen einer geeigneten Lagerung oder Gestaltung. Die Benutzerinformation muss eine Beschreibung der Lagerung oder der Gestaltung enthalten;
- g) das Handbediengerät muss die ausschließliche Bedienung von einer Bedienstation nach ISO 10218-1 vorsehen.

### 5.7.3 Steuerung von simultanen Bewegungen

Ein einzelnes Handbediengerät kann simultane Bewegungen eines Systems mit mehreren Robotern steuern. Jeder Roboter muss ausgewählt werden, bevor er aktiviert werden kann. Um ausgewählt werden zu können, müssen sich alle Roboter in der gleichen Betriebsart befinden (z. B. „Manuell mit reduzierter Geschwindigkeit“). Es muss eine Anzeige vorhanden sein, mit der erkennbar ist, welche Roboter aktiviert werden sollen (ausgewählt ist, um bewegt zu werden), gemäß ISO 10218-1. Nur die ausgewählten Roboter dürfen aktiviert werden. Jeder nicht ausgewählte Roboter im System darf sich nicht bewegen und darf entsprechend der in 5.2.2 festgelegten Anforderungen keine Gefährdungen darstellen.

ANMERKUNG Dies kann durch das Verbleiben im Sicherheitshalt erreicht werden

### 5.7.4 Handführung von Robotersystemen (Kollaborierende Roboter)

Robotersysteme, die für den kollaborierenden Betrieb konstruiert sind, können für den kollaborierenden Teil der Aufgabe mit handgeführten Steuerungselementen gesteuert werden. Die gleichen Steuerungselemente können auch für „geführtes Teachen“ verwendet werden. Sind diese Steuerungselemente vorgesehen, müssen diese den Anforderungen wie in ISO 10218-1 beschrieben, entsprechen.

## 5.8 Instandhaltung und Reparatur

### 5.8.1 Allgemeines

Das Robotersystem muss unter Berücksichtigung von Inspektions- und Instandhaltungsverfahren konstruiert sein, um den dauerhaften sicheren Betrieb des Roboters und des Robotersystems sicherzustellen. Das Inspektions- und Instandhaltungskonzept muss die Herstellerempfehlungen berücksichtigen.

Um den ordnungsgemäßen Betrieb sicherzustellen, muss die Benutzerinformation Anforderungen für periodische Funktionsprüfungen der sicherheitsbezogenen Ausrüstungsteile enthalten (z. B. Not-Halt-Befehlsgerät, Zustimmungseinrichtung).

### 5.8.2 Anforderungen an technische Schutzmaßnahmen für die Instandhaltung

Das Robotersystem muss so gestaltet und gebaut sein, dass ein sicherer Zugang zu allen Bereichen, in denen Eingriffe während des Betriebs, der Einstellarbeiten und der Instandhaltung erforderlich sind, möglich ist. Die Instandhaltung sollte von außerhalb des geschützten Bereichs durchgeführt werden. Ist es erforderlich, die Instandhaltung innerhalb des geschützten Bereichs durchzuführen, muss die Auswahl der bevorzugten Schutzeinrichtungen wie folgt getroffen werden:

- a) Das System muss mit lokalen Einrichtungen zum Begrenzen und Trennen gefährdender Energie ausgestattet sein (z. B. Unterbrechung der Stromversorgung, Druckentlastungseinrichtung, Steuersystem zur Energietrennung). Die Benutzerinformation muss Einzelheiten über Instandhaltungsaufgaben enthalten, welche das Begrenzen und/oder das Trennen der Energie erfordern, und solche Instandhaltungsaufgaben, bei denen vorhersehbar ist, dass gefährdende Energie erforderlich sein kann.
- b) Für vorhersehbare geringfügige Wartungsaufgaben, welche mit der Produktion einhergehen und ohne Energietrennung durchgeführt werden, müssen wirksame alternative Schutzmaßnahmen vorgesehen sein. Steuerungstechnische Maßnahmen zur Begrenzung gefährdender Energie oder zur Positionsüberwachung umfassen eine oder mehrere der folgenden Maßnahmen:
  - 1) Schutzeinrichtung zur sicheren Ausführung der Aufgabe;
  - 2) Die Ausrüstung ist in eine vorab festgelegte sichere und überwachte Position oder entsprechenden Zustand zu bringen (Abweichungen müssen zu einem Sicherheitshalt führen);
  - 3) Es ist eine alleinige Steuerungseinrichtung für Personal vorzusehen, welches den geschützten Bereich betritt. (Die Vorgehensweise dazu muss in der Benutzerinformation festgelegt und angegeben werden);
  - 4) Eine spezielle Betriebsart, die mindestens die Anforderungen von 5.2.2 für speziell festgelegte Aufgaben erfüllt, ist vorzusehen.

### 5.8.3 Technische Schutzmaßnahmen für Instandhaltungszugänge

Sind für den Zugang für Instandhaltungs- und Wartungsaufgaben trennende Schutzeinrichtungen vorgesehen, müssen diese groß genug sein, um den leichten Zugang für die erforderlichen Werkzeuge, Materialien und das Personal zu ermöglichen.

Sind für gelegentliche Instandhaltungs- und Wartungsaufgaben feststehende trennende Schutzeinrichtungen vorgesehen, dürfen diese nur mit Hilfe eines Werkzeugs entfernt werden können.

Ist für Instandhaltungsarbeiten oder routinemäßige Wartungsaufgaben ein häufiger Zugang erforderlich, müssen die Zugangspunkte durch Schutzeinrichtungen, vorzugsweise bewegliche trennende Schutzeinrichtungen, geschützt sein. Diese beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen dürfen keinen Startbefehl auslösen, wenn sie die Schutzstellung erreichen.

Wenn es möglich ist im geschützten Bereich zu bleiben, während die bewegliche trennende Schutzeinrichtung geschlossen ist, müssen zusätzliche Maßnahmen zur Verhinderung eines Wiederanlaufs getroffen werden. Diese umfassen eine Wiederanlaufsperrung (Wiederanlaufverriegelung), Anwesenheitsdetektion oder Einrichtungen um die trennende Schutzeinrichtung in offener Stellung verriegelt zu halten. Ist eine Wiederanlaufsperrung (Wiederanlaufverriegelung) in Verbindung mit Anwesenheitsdetektion vorgesehen, muss, in Abhängigkeit von der Risikobeurteilung, die Einrichtung zur Anwesenheitsdetektion mindestens die Anforderungen von Typ 2 aus IEC 61496-1 erfüllen.

#### **5.8.4 Technische Schutzmaßnahmen für angrenzende Zellen für Instandhaltung**

Werden berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen mit vertikalen Erkennungsfeldern verwendet, um den unbeabsichtigten Zugang zu angrenzenden Zellen für Instandhaltungseingriffe aus einer Zelle heraus zu verhindern, können, basierend auf der Risikobeurteilung, die Annäherungsgeschwindigkeit und der Faktor für den Eindringabstand, welche für die Berechnung des Mindestabstands (Sicherheit) angewendet werden, von denen aus ISO 13855 abweichen.

ANMERKUNG Werden statt berührungslos wirkender Schutzeinrichtungen feststehende Schutzeinrichtungen angewendet, finden sich Hinweise in 5.10.6.1

### **5.9 Schnittstelle des integrierten Fertigungssystems (IMS)**

#### **5.9.1 Allgemeines**

Andere Maschinen und Ausrüstung, die mit dem Robotersystem verbunden sind, jedoch nicht unmittelbar über das Steuerungssystem des Roboters gesteuert werden, müssen, wie in ISO 11161 dargelegt, in der Risikobeurteilung, den Bereichsanordnungen, den technischen Schutzmaßnahmen und dem Wirkungsbereich der eingesetzten Steuerungen beinhaltet sein. Andere maschinenspezifische "C"-Normen können ebenso zutreffen. Die Integration des Robotersystems muss ebenso Gefährdungen berücksichtigen, die sowohl vom Roboter gesteuert als auch nicht gesteuert werden, jedoch von zugehörigen Maschinen und Ausrüstungen, die sich innerhalb des geschützten Bereichs befinden oder in diesen gelangen oder ihn verlassen, ausgehen.

#### **5.9.2 Not-Halt**

Robotersysteme müssen über eine Not-Halt Funktion verfügen, die auf alle relevanten Teile der Maschine (Anlage) wirkt. Die Not-Halt-Funktion muss 5.3.8.2 erfüllen.

Der Wirkungsbereich dieser Steuerung kann mehrere Bereiche umfassen. Die Benutzerinformation muss Hinweise über den Wirkungsbereich der Steuerung jeder Not-Halt-Einrichtung enthalten.

#### **5.9.3 Sicherheitsbezogene Teile des IMS**

Alle sicherheitsbezogenen Steuerungsschnittstellen zwischen dem IFS und dem (den) Robotersystem(en) müssen die Anforderungen von 5.2.2 erfüllen. Nichttrennende Schutzeinrichtungen müssen gegen das Erreichen von Gefährdungen innerhalb jedes Bereiches eines IMS schützen und zusätzlich an den Schnittstellen zu angrenzenden Bereichen (z. B. Förderbänder), wenn diese gefahrbringend sind (siehe auch 5.10).

#### **5.9.4 Lokale Steuerung**

Die Notwendigkeit für eine lokale Steuerung muss sich aus den betrieblichen Anforderungen ergeben. Ist eine lokale Steuerung angewählt, muss dieser Zustand dem Steuerungssystem des IMS, welches nicht in der Lage sein darf, die lokale Steuerung zu überlagern, angezeigt werden. Die Funktionen für Not-Halt und Sicherheitshalt müssen während der lokalen Steuerung funktionstüchtig bleiben.

Mittel zur Aktivierung/Deaktivierung der lokalen Steuerung müssen in unmittelbarer Nähe zum Roboter oder zur Maschine oder Teilbaugruppe, die lokaler Steuerung unterliegen, angeordnet sein.

Maßnahmen zur Deaktivierung der lokalen Steuerung von innerhalb des geschützten Bereichs dürfen keine Gefährdungssituationen hervorrufen. Kann die lokale Steuerung von innerhalb des geschützten Bereichs heraus deaktiviert werden, muss, bevor ein gefährdender Zustand gegeben ist, eine separate Bestätigung von außerhalb des geschützten Bereichs erfolgen.

### **5.9.5 Zustimmungseinrichtung**

Sind zusätzliche Zustimmungseinrichtungen erforderlich, müssen diese 5.3.15 erfüllen. Die Funktion der Zustimmungseinrichtung muss durchgängig mit denjenigen Bereichen des IMS verriegelt sein, in welchen sich die integrierten Robotersysteme, Maschinen oder zugehörige Prozesse während des manuellen Betriebs gleichzeitig bewegen können.

### **5.9.6 Betriebsartenwahl**

Die Betriebsartenwahl muss ISO 10218-1 entsprechen.

### **5.9.7 Einteilung des Arbeitsbereichs**

Das IMS muss so gestaltet sein, dass es sichere manuelle Eingriffe einschließlich der Instandhaltung 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 Integration des Robotersystems in einen Arbeitsbereich muss nach ISO 11161 erfolgen.

## **5.10 Technische Schutzmaßnahmen**

### **5.10.1 Allgemeines**

Wenn durch die Gestaltung Gefährdungen weder beseitigt noch Risiken angemessen vermindert werden können, müssen technische Schutzmaßnahmen angewendet werden. Der Zugang zu Gefährdungsbereichen muss durch Schutzeinrichtungen, wie trennende und nichttrennende Schutzeinrichtungen, geschützt werden. Ergänzende Schutzmaßnahmen, wie z. B. persönliche Schutzausrüstung, Schulung und Benutzerinformation, können ebenfalls erforderlich sein, siehe auch 4.5.

Trennende und nichttrennende Schutzeinrichtungen können verwendet werden, um:

- das Erreichen der Gefährdung/der Gefährdungen zu verhindern;
- die Gefährdung(en) vor dem Erreichen stillzusetzen;
- unbeabsichtigtes Inangsetzen zu verhindern;
- Teile und Werkzeuge zurückzuhalten;
- andere prozessbedingte Gefährdungen zu begrenzen (Lärm, Laser, Strahlung, usw.).

Trennende und nichttrennende Schutzeinrichtungen müssen die Anforderungen nach ISO 12100 erfüllen.

ISO 12100 enthält weitere Anforderungen für die Auswahl technischer Schutzmaßnahmen und weiterer ergänzender Maßnahmen.

Anhang B zeigt eine Übersicht über einige Normen, die für Schutzmaßnahmen gelten.

### 5.10.2 Äußere Schutzeinrichtungen

Als äußere Schutzeinrichtungen müssen trennende Schutzeinrichtungen (distanzierende oder umgebende, siehe 5.10.4), oder sensitive Schutzeinrichtungen (siehe auch 5.10.5) verwendet werden.

Die Auswahl äußerer Schutzeinrichtungen muss alle Gefährdungen innerhalb des geschützten Bereichs berücksichtigen und nicht nur solche, die mit dem Robotersystem verbunden sind. Beispiele für Gefährdungen beinhalten:

- andere Maschinen, Ausrüstung und Prozesse;
- herabfallende oder herausgeschleuderte Teile;
- unregelmäßige oder übermäßige Anhaltezeit der Maschine;
- das Unvermögen der Maschine, während eines Zyklus zu stoppen;
- Gefährdungen durch Emission (z. B. Lärm, Vibration, Strahlung, gefährdende Stoffe).

Die Auswahl muss ebenfalls die Anforderungen an die Aufgabe berücksichtigen, z. B.:

- die Zugangshäufigkeit;
- das Be- und Entladen von Material;
- die Instandhaltung;
- die Qualitätsprüfung;
- die Nähe zur Gefährdung;
- die Prozessanforderungen.

### 5.10.3 Mindest(sicherheits)abstände

#### 5.10.3.1 Allgemeines

Alle Schutzeinrichtungen müssen fest eingebaut und in einem solchen Abstand platziert sein, dass die Gefährdung nicht erreicht werden kann, d. h. Personal kann nicht darüber, darunter, herum oder hindurch greifen.

#### 5.10.3.2 Mindest(sicherheits)abstände für trennende Schutzeinrichtungen

Feststehende und bewegliche trennende Schutzeinrichtungen müssen die Anforderungen von ISO 14120 erfüllen und deren Mindestabstand zu jeglicher Gefährdung muss gemäß den entsprechenden Anforderungen von ISO 13857 festgelegt werden. Wird der Zugang mittels trennender Schutzeinrichtungen verhindert, muss ISO 13857 herangezogen werden, um den Mindestsicherheitsabstand festzulegen.

Der Mindestabstand in Verbindung mit Öffnungen in trennenden Schutzeinrichtungen muss die entsprechenden Anforderungen der ISO 13857 erfüllen.

#### 5.10.3.3 Mindest(sicherheits)abstände für nichttrennende Schutzeinrichtungen

Der Mindestabstand für nichttrennende Schutzeinrichtungen mit Annäherungsfunktion (z. B. Verriegelungseinrichtungen, sensitive Schutzausrüstung, die einen Sicherheitshalt auslösen wenn sie betätigt werden), müssen nach den entsprechenden Anforderungen der ISO 13855 festgelegt werden.

Sind nichttrennende Schutzeinrichtungen mit einer Funktion zur Anwesenheitsdetektion ausgestattet, um den Start oder Wiederanlauf zu verhindern (z. B. wenn diese eine Person oder einen Teil einer Person kontinuierlich in ihrem Detektionsbereich erkennen und einen Sicherheitshalt aufrechterhalten), ist der Mindestabstand keine Anforderung, die Einrichtungen müssen jedoch 5.10.5.3 erfüllen.

ANMERKUNG Wenn Schutzeinrichtungen zur Anwesenheitsdetektion lediglich als Schutzmaßnahme gegen Gefährdungen durch Start oder Wiederanlauf dienen, sind andere technische Schutzeinrichtungen anzuwenden, um den Zugang zu verhindern oder die Gefährdung vor dem Erreichen zu beenden.

#### **5.10.3.4 Mindest(sicherheits)abstände für das Vorsehen von Freiräumen**

Wenn nichttrennende Schutzeinrichtungen mit Annäherungsfunktion zum Schutz bei fehlendem Freiraum angewendet werden (siehe 5.2.2), muss deren Mindestabstand unter Anwendung der ISO 13855 berechnet werden, wobei die Roboter- als Annäherungsgeschwindigkeit gilt (d. h.  $K$  = Roboter- geschwindigkeit).

Wenn nichttrennende Schutzeinrichtungen Anwesenheitsdetektion mit Anwesenheitsdetektion zum Schutz bei fehlendem Freiraum verwendet werden, ist der Mindestabstand nicht erforderlich, jedoch müssen die Einrichtungen 5.10.5.3 entsprechen.

#### **5.10.4 Anforderungen an trennende Schutzeinrichtungen**

##### **5.10.4.1 Allgemeines**

Alle trennenden Schutzeinrichtungen müssen die zutreffenden Anforderungen der ISO 12100 und ISO 14120 erfüllen. Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen müssen die Anforderungen der ISO 14119 erfüllen.

Feststehende trennende Schutzeinrichtungen dürfen nur mit Hilfe eines Werkzeugs entfernt werden können. Die Befestigungssysteme müssen an den trennenden Schutzeinrichtungen oder den Maschinen verbleiben, wenn die trennenden Schutzeinrichtungen entfernt werden.

Die Anforderung gilt nicht notwendigerweise für feststehende trennende Schutzeinrichtungen, die nur dann entfernt werden, wenn die Maschinen z. B. generalüberholt werden, größere Reparaturen anfallen oder für die Verlagerung an einen anderen Ort abmontiert werden.

Die äußeren Schutzeinrichtungen dürfen nicht näher an der Gefährdung installiert werden als der eingeschränkte Raum, es sei denn, dass entweder

- die äußeren Schutzeinrichtungen als Begrenzungseinrichtung nach 5.4.3 konstruiert sind oder
- die Risikobeurteilung ergibt, dass andere technische Schutzmaßnahmen geeignet sind.

##### **5.10.4.2 Allgemeine Anforderungen an feststehende distanzierende trennende Schutzeinrichtungen**

Die Öffnungen in jeder feststehenden trennenden Schutzeinrichtung dürfen nicht zulassen, dass eine Person über die trennende Schutzeinrichtung, darunter, herum oder hindurch (eine Öffnung oder Zwischenraum) greifen und eine Gefährdung erreichen kann.

Um die geeigneten Abmessungen der Öffnung zwischen der Unterkante der trennenden Schutzeinrichtung und der angrenzenden Zugangsebenen sowie jeglichen Öffnungen in den trennenden Schutzeinrichtungen festzulegen, ist ISO 13857 heranzuziehen. Bezüglich der Mindestsicherheitsabstände siehe 5.10.3.2.

Die Höhe der trennenden Schutzeinrichtung muss mindestens 1400 mm von angrenzenden Laufflächen betragen.

#### **5.10.4.3 Allgemeine Anforderungen für verriegelte bewegliche trennende Schutzeinrichtungen**

Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen müssen die Anforderungen der ISO 14119 erfüllen.

Bewegliche trennende Schutzeinrichtungen müssen in ihrer geschlossenen Position Bediener daran hindern, in die Gefährdungsbereiche zu gelangen.

Bewegliche trennende Schutzeinrichtungen müssen seitlich oder weg von der Gefährdung geöffnet werden und nicht in Richtung des geschützten Bereichs.

Bevor eine Bedienperson Zugang zur Gefährdung durch die trennende Schutzeinrichtung hindurch erlangt, müssen alle Gefährdungen durch eine Verriegelung in einen sicheren Zustand gebracht sein. Um dies zu erreichen, müssen bewegliche trennende Schutzeinrichtungen gemäß ISO 13855 (siehe auch 5.10.3.2) angeordnet sein.

Bewegliche trennende Schutzeinrichtungen, die angewendet werden, um beim Schließen einen Start auszulösen (steuernde trennende Schutzeinrichtung), müssen die Anforderungen der ISO 14120 erfüllen.

Die Verriegelungsfunktion muss mindestens den Anforderungen von 5.2.2 entsprechen. Die Stellteile für die Rückstellung müssen 5.6.3.4 entsprechen.

#### **5.10.4.4 Allgemeine Anforderungen für bewegliche trennende Schutzeinrichtungen mit Zuhaltung**

Hat die Bedienperson die Möglichkeit, eine verriegelte bewegliche trennende Schutzeinrichtung zu öffnen und den Gefährdungsbereich zu erreichen bevor die Gefährdung in einen sicheren Zustand gebracht wurde, muss zusätzlich zur Steuerungsverriegelung eine Zuhaltung vorgesehen werden.

Diese Zuhaltung muss Folgendem entsprechen:

- 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, zugehaltenen Position so lange halten, wie das Verletzungsrisiko aufgrund der gefährdenden Maschinenfunktionen existiert.

Werden Prozessparameter, wie Geschwindigkeit, als Bedingung für das Zuhalten und Entsperrern angewendet, so bildet dies einen Teil der Sicherheitsfunktion und es müssen die gleichen funktionalen Sicherheitsanforderungen erfüllt werden, die auch für die Verriegelungsfunktion gelten.

#### **5.10.4.5 Bewegliche trennende Schutzeinrichtungen, die den Zugang in den geschützten Bereich ermöglichen**

Der geschützte Bereich muss so gestaltet, gebaut oder mit einer Einrichtung ausgestattet sein, die verhindert, dass eine Person darin eingeschlossen werden kann. Dies kann z. B. erreicht werden, in dem eine manuelle Öffnungsmöglichkeit für bewegliche trennende Schutzeinrichtungen von innerhalb des geschützten Bereichs vorgesehen wird, unabhängig vom Zustand der Energieversorgung oder eine Möglichkeit Zugangstore in ihrer geöffneten Position zu sperren.

### **5.10.5 Sensitive Schutzeinrichtungen**

#### **5.10.5.1 Allgemeines**

Sensitive Schutzeinrichtungen werden normalerweise ausgewählt, wenn eine Anwendung häufigen Zugang, das Zusammenwirken von Personal mit der Maschine, gute Einsehbarkeit von Maschine oder Prozess erfordert, oder wenn das Vorsehen feststehender trennender Schutzeinrichtungen nicht ergonomisch ist.

Einige Charakteristiken von bestimmten Anwendungen bringen es jedoch mit sich, dass sensitive Schutzeinrichtungen als alleinige Schutzmaßnahme ausgeschlossen sind. Beispiele für solche Charakteristiken sind:

- a) das mögliche Herausschleudern von Material, Spänen oder Bauteilen aus der Maschine;
- b) ein Verletzungsrisiko aufgrund thermischer oder anderer Strahlung;
- c) unzumutbare Lärmpegel;
- d) eine Umgebung, die möglicherweise der Funktion der Schutzausrüstung abträglich ist;
- e) ein Material, welches verarbeitet wird und die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen beeinflusst.

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

Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen (BWS), wie Lichtvorhänge oder Laserscanner müssen die entsprechenden Anforderungen der IEC 61496-1 erfüllen.

Druckempfindliche Schutzeinrichtungen wie Schalmatten, Schallleisten, Schaltpuffer müssen die entsprechenden Anforderungen von ISO 13856 erfüllen.

Die Verwendung dieser Schutzeinrichtungen sollte im Einklang mit IEC/TS 62046 erfolgen.

#### **5.10.5.2 Sensitive Schutzeinrichtungen zur Einleitung eines Sicherheitshalts**

Wenn eine sensitive Schutzeinrichtung zum Einleiten eines Sicherheitshalts angewendet wird, muss diese in ausreichendem Abstand zu jeder Gefährdung angeordnet sein, um sicherzustellen, dass die Gefährdung beseitigt ist oder auf andere Weise einen sicheren Zustand einnehmen kann, bevor eine sich nähernde Person die Gefährdung mit einem Körperteil erreichen kann.

**ANMERKUNG 1** Gefährdungen können an verschiedenen Orten innerhalb des geschützten Bereichs existieren. Durch den Abstand muss sichergestellt sein, dass jede Gefährdung abgesichert ist.

Die sensitive Schutzeinrichtung muss fest eingebaut und so platziert sein, dass die Bedienperson den Detektionsbereich nicht umgehen (d. h. nicht über, unter, um- oder hindurchgreifen kann) und die Gefährdung erreichen kann. Folgende Funktionen müssen vorgesehen werden:

- a) es muss ein Sicherheitshalt eingeleitet werden, wenn die sensitive Schutzeinrichtung während des Ablaufs gefährdender Maschinenfunktionen ausgelöst wird;
- b) nach einer Betätigung dürfen die gefährdenden Maschinenfunktionen, welche durch die sensitive Schutzeinrichtung abgesichert werden, keine gefährdenden Bewegungen oder Situationen auslösen, bis die sensitive Schutzeinrichtung zurückgestellt ist;
- c) ist die sensitive Schutzeinrichtung zurückgestellt, können die gefährdenden Maschinenfunktionen, welche durch die sensitiven Schutzeinrichtungen abgesichert werden, ablaufen. Die Rückstellung der sensitiven Schutzeinrichtung allein darf jedoch keine gefährdenden Maschinenfunktionen auslösen.

Um den Mindestabstand von der Gefährdung (Gefährdungsbereich) zur sensitiven Schutzeinrichtung für alle Zugangsrichtungen festzulegen, ist die Formel aus ISO 13855 anzuwenden. Zur Berechnung der Mindestabstände, muss die maximale Reichweite (Auslenkung) der beweglichen Teile in Zugangsrichtung herangezogen werden.

**ANMERKUNG 2** Der Mindestwert  $K$ , der für die Berechnung der Mindestabstände nach ISO 13855 angewendet wird, beträgt 1 600 mm/s.

Kann die Bedienperson vollständig oder teilweise, im geschützten Bereich verbleiben, müssen zusätzliche Maßnahmen getroffen werden um das Auftreten von Gefährdungssituationen zu vermeiden, wie z. B. unerwarteter Anlauf. Diese Maßnahmen können z. B. umfassen:

- das Vorsehen einer Wiederanlaufsperrung;
- die Detektion der Anwesenheit eines Bedieners im geschützten Bereich [z. B. berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen (BWS) oder Schalmatten] zur Aufrechterhaltung eines Sicherheitshalts.

ANMERKUNG 3 Werden Schutzeinrichtungen mit Anwesenheitsdetektion verwendet, ist es ratsam sicherzustellen, dass Bediener den Detektionsbereich nicht umgehen können, z. B. durch Klettern auf Maschinenteile.

Ist es möglich, dass eine Bedienperson aus der Position des Stellteils für die Rückstellung der Wiederanlaufsperrung nicht erkannt wird, müssen ergänzende Schutzmaßnahmen getroffen werden, um die Rückstellung zu verhindern (z. B. zeitlich begrenzte zusätzliche Stellteile innerhalb des geschützten Bereichs). Die Rückstellung der Wiederanlaufsperrung muss durch eine bewusste Handlung einer Person ausgeführt werden, z. B. Betätigen eines manuellen Stellteils, siehe auch 5.6.3.3

### 5.10.5.3 Sensitive Schutzeinrichtungen zur Anwesenheitsdetektion zur Verhinderung des Starts

Werden sensitive Schutzeinrichtungen nur für eine Funktion zur Anwesenheitsdetektion verwendet, (d. h. diese erfassen ständig die Anwesenheit einer Person oder einen Teil einer Person in ihrem Detektionsbereich), müssen sie, falls erforderlich, in Verbindung mit anderen Schutzmaßnahmen verwendet werden (z. B. verriegelte trennende Schutzeinrichtungen), um sicherzustellen, dass die Maschine(n) einen ungefährlichen Zustand eingenommen hat (haben), bevor Gefährdungen erreicht werden können.

Der Detektionsbereich von Einrichtungen zur Anwesenheitsdetektion 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. wenn Bediener sich zwischen dem Detektionsbereich und dem Gefährdungsbereich aufhalten oder über den Detektionsbereich in den Gefährdungsbereich greifen. Beispiele für Maßnahmen, die den Verbleib von Personen zwischen dem Detektionsbereich und dem Gefährdungsbereich verhindern, sind:

- die Verwendung geeigneter Oberflächen, um den Aufenthalt auf Maschinenrahmen/Maschinengestell zu verhindern;
- Die Innenseiten von Umzäunungen dürfen keine hervorstehenden Teile, die als Steigmöglichkeit verwendet werden können, aufweisen.

### 5.10.6 Technische Schutzmaßnahmen an manuellen Be-, Entlade- oder Förderstationen (manuelle Stationen)

#### 5.10.6.1 Allgemeines

Es müssen Maßnahmen vorgesehen werden, die sicherstellen, dass Bediener, die aufgrund des Betriebs an den Schnittstellen zur manuellen Fertigung (zum Beispiel Gefährdungen durch Quetschen, Scheren, Erfassen), keinen weiteren Gefährdungen ausgesetzt sind.

Für zulässige Zwischenräume und Öffnungen müssen die Hinweise aus 5.10.4.1 befolgt werden. Die Gestaltung manueller Stationen muss sicherstellen, dass die Bedienperson Gefährdungen innerhalb des geschützten Bereichs nicht erreichen kann, [siehe nachfolgend auch a), b), c)]

ANMERKUNG 1 Anforderungen an Kollaborationsräume sind in 5.11 enthalten.

Für Höhen bis 1 400 mm, können zusätzliche Schutzmaßnahmen getroffen werden, die:

- a) verhindern, dass die Bedienerperson anwendungsbedingten Gefährdungen innerhalb des geschützten Bereichs ausgesetzt ist, z. B. durch herausgeschleuderte Teile, Schweißfunken, usw.;
- b) verhindern, dass die Bedienerperson Gefährdungen innerhalb des geschützten Bereichs erreichen kann oder diese Gefährdungen innerhalb des geschützten Bereichs in einen sicheren Zustand bringen, bevor sie erreicht werden können;
- c) sicherstellen, dass dort, wo ein Robotersystem und eine Bedienerperson Zugang zum gleichen (gemeinsamen) Arbeitsraum haben, kein gemeinsamer gleichzeitiger Aufenthalt erfolgen kann. Dies kann erreicht werden, indem:
  - 1) verhindert wird, dass irgendein Teil des Robotersystems in einen Arbeitsraum eindringt, in dem sich eine Bedienerperson befindet oder in dem das Robotersystem in einen sicheren Zustand gebracht wird, bevor es die Bedienerperson erreichen kann; und
  - 2) der Zugang der Bedienerperson zum Arbeitsraum verhindert wird, wenn irgendein Teil des Robotersystems sich dort befindet oder in dem das Robotersystem in einen sicheren Zustand gebracht wird, bevor die Bedienerperson dieses erreichen kann.

ANMERKUNG 2 Aus ergonomischen Gründen, können Höhen zwischen 1 000 mm und 1 400 mm vertretbar sein, je nach Schutzwirkung durch die Form der Barriere und die Ergebnisse der Risikobeurteilung.

#### **5.10.6.2 Zusätzliche Anforderungen an bewegliche manuelle Stationen**

Bewegliche manuelle Stationen (z. B. Drehtische, verschiebbare Spannvorrichtungen) können ihrerseits gefahrbringend sein. Es müssen Maßnahmen vorgesehen werden, die den Bediener davor schützen, sich diesen Gefährdungen zu nähern oder welche die Gefährdungen in einen sicheren Zustand bringen, bevor sie erreicht werden können.

Der Zwischenraum zwischen der beweglichen Station und festen Elementen (z. B. Maschinenteile, trennende Schutzeinrichtungen) einschließlich zusätzlicher Schutzmaßnahmen darf 120 mm nicht überschreiten. Es können zusätzliche Maßnahmen erforderlich sein, um Gefährdungen durch Scheren und Fangen zu verhindern.

#### **5.10.6.3 Zusätzliche Anforderungen an manuelle Stationen mit gemeinsamen Arbeitsraum**

Wird Anwesenheitsdetektion zur Erkennung der Bedienerperson im gemeinsamen Arbeitsraum verwendet, muss der Detektionsbereich der Einrichtung den gesamten Bereich des gemeinsamen Arbeitsraums abdecken.

Ist Anwesenheitsdetektion nicht anwendbar, muss eine Wiederanlaufsperrung vorgesehen werden. Andere Maßnahmen müssen vorgesehen werden, die das unbeabsichtigte Rückstellen der Wiederanlaufsperrung verhindern und somit vermeiden, dass das Robotersystem sich in den Arbeitsraum hinein bewegt, während sich die Bedienerperson im Arbeitsraum aufhält. Diese Maßnahmen können das Vorsehen einer separaten manuellen Rückstellung umfassen.

Wird eine manuelle Rückstellung vorgesehen, muss der gesamte gemeinsame Arbeitsraum von der Rückstelleinrichtung aus einsehbar sein. Falls dies nicht möglich ist, müssen andere Maßnahmen angewendet werden, z. B. ein Stellteil für eine zeitlich begrenzte Rückstellung innerhalb des geschützten Bereichs.

#### **5.10.7 Technische Schutzmaßnahmen an Öffnungen für den Materialfluss**

Öffnungen in den geschützten Bereich hinein für die Materialzu- und -abführung dürfen nur die Mindestabmessungen haben, die erforderlich sind, um den Materialfluss zu ermöglichen. Mögliche Quetsch-

und Schergefahren zwischen dem Material und den Seiten der Öffnungen müssen vermieden sein oder es müssen zusätzliche Schutzmaßnahmen getroffen werden (z. B. durch Verwendung verriegelter Pendeltüren/-klappen).

Ist der Zugang zu einer Gefährdung möglich, müssen Maßnahmen in Abhängigkeit von der Risikobeurteilung getroffen werden, um den Zugang zu verhindern oder das Eindringen einer Person oder Teilen einer Person zu erkennen und die Gefährdung in einen sicheren Zustand zu bringen, bevor diese erreicht werden kann (siehe ISO 13857 für das Eindringen von Körperteilen sowie Anhang C dieser Norm).

Werden Öffnungen für die Materialzu- und -abführung durch die Verwendung einer berührungslos wirkenden Schutzeinrichtung (BWS) geschützt, muss die BWS den Durchfluss des Materials durch eine der folgenden Funktionen ermöglichen. Der Zugang zum geschützten Bereich muss durch das Material selbst oder durch eine andere Maßnahme verhindert sein (siehe auch IEC/TS 62046):

- a) eine Mutingfunktion, die zeitweise die Funktion der BWS außer Kraft setzt und so den Materialfluss zulässt (Eingang/Ausgang);
- b) ein Wechsel des Schutzbereiches (z. B. Blanking), der den Materialdurchfluss ermöglicht; in diesem Fall muss der vom Hersteller angegebene Mindestabstand der BWS eingehalten werden, siehe (IEC/TS 62046).

Die Mutingfunktion muss die Anforderungen von ISO 13849-1 erfüllen. Der Performance Level der Muting- und Blankingfunktionen darf den Performance Level der Sicherheitsfunktionen, der in der Risikobeurteilung für die berührungslos wirkenden Schutzeinrichtungen festgelegt wurde, nicht nachteilig beeinflussen, siehe auch 5.10.10.

#### **5.10.8 Technische Schutzmaßnahmen für mehrere angrenzende Roboterzellen**

Es müssen Maßnahmen vorgesehen werden, die sicherstellen, dass Bediener in einer Zelle keinen Gefährdungen, die von angrenzenden Zellen ausgehen, ausgesetzt sind.

Es müssen Maßnahmen vorgesehen werden, die entweder den Zugang der Bedienperson von innerhalb der Zelle zu angrenzenden Zellen verhindern oder die Gefährdungen innerhalb angrenzender Zellen in einen sicheren Zustand bringen, bevor die Bedienperson Gefährdungen in angrenzenden Zellen oder Gefährdungen, die durch angrenzende Zellen verursacht werden, ausgesetzt ist.

Werden für diesen Zweck feststehende trennende Schutzeinrichtungen verwendet, ist die erforderliche Höhe abhängig von den Gefährdungen in beiden Zellen (da der Zugang von jeder Zelle zur anderen erfolgen kann), sie müssen jedoch eine Mindesthöhe von 1 400 mm haben.

Außer feststehenden trennenden Schutzeinrichtungen können andere Maßnahmen zutreffen, z. B.:

- berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen;
- Schalmatten;
- simultanes Abschalten angrenzender Zellen.

Die Auswahl der geeigneten Maßnahmen muss nach 4.5 erfolgen.

Werden nichttrennende Schutzeinrichtungen für Produktionsabläufe unterdrückt, muss das funktionale Sicherheitsniveau für das Muting mindestens das gleiche Niveau haben wie das funktionale Sicherheitsniveau, das in der Risikobeurteilung festgelegt ist.

### **5.10.9 Technische Schutzmaßnahmen an Werkzeugwechselsystemen**

Endeffektoren und Werkzeugwechselsysteme müssen so ausgewählt oder gestaltet sein, dass der Verlust oder die Wiederherstellung der Energieversorgung nicht zu einer Gefährdung führt. Ist dies nicht möglich, müssen andere Maßnahmen zur Minderung von Gefährdungen getroffen werden.

Bei Verwendung eines Werkzeugwechselsystems, muss durch dessen Gestaltung sichergestellt sein, dass eine Fehlanwendung nicht zu einer Gefährdungssituation führt. Die Freigabe oder Trennung des (der) Endeffektors(en) unter Anwendung der Werkzeugwechselfunktion muss an den Positionen verhindert sein, an denen eine Freigabe zu einer Gefährdung führen kann.

Das Werkzeugwechselsystem muss den zu erwartenden statischen und dynamischen Anforderungen standhalten (z. B. Not-Halt-Situationen, Energieverlust).

### **5.10.10 Muting**

Muting ist die zeitlich begrenzte automatisch gesteuerte Unterdrückung der Schutzfunktion während eines Zyklusabschnitts des Robotersystems.

Muting darf nur dann vorgesehen werden, wenn es für den an der Maschine durchzuführenden Prozess notwendig ist. Es muss so umgesetzt werden, dass eine Person nicht unerkannt im Gefährdungsbereich verbleiben kann, wenn das Muting abgeschlossen ist.

Muting kann in Verbindung mit jeder Schutzeinrichtung angewendet werden, die einen Sicherheitshalt elektrisch auslöst.

Muting ist zulässig, wenn mindestens eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:

- a) die Sicherheit bleibt durch andere Maßnahmen erhalten (z. B. der Zugang zum Gefährdungsbereich ist durch das durchfließende Material blockiert);
- b) das Personal ist keiner Gefährdung ausgesetzt;
- c) die Gefährdung kann nicht erreicht werden, ohne dass ein Stopp ausgelöst wird.

Die Mutingfunktion muss automatisch eingeleitet und beendet werden. Dies kann durch die Anwendung entsprechend ausgewählter und angeordneter Signalgeber erreicht werden oder, in einigen Fällen, durch Signale der sicherheitsbezogenen Steuerung (dies kann sicherheitsbewertete Software zur Achs- und Raumbegrenzung gemäß ISO 10218-1 umfassen).

Fehlerhafte Signale, Ablauffolgen oder fehlerhaftes Zeitverhalten der Mutingsignalgeber oder -signale dürfen keinen Mutingzustand ermöglichen (siehe IEC 61496-1).

Die Mutingfunktion muss ein gleichwertiges Niveau an sicherheitsbezogener Leistungsfähigkeit des Steuerungssystems erreichen, wie es in der Risikobeurteilung für die dem Muting unterzogene Schutzfunktion festgelegt ist. Der Performance Level der Mutingfunktion darf sich nicht nachteilig auf den der Schutzfunktion auswirken. Im Falle eines Ausfalls muss ein nachfolgendes Muting so lange verhindert sein, bis der Ausfall behoben ist.

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

Informationen zum Muting, einschließlich der Mittel/Maßnahmen, Orte, Bereiche und Funktionalität müssen in der Benutzerinformation enthalten sein.

### 5.10.11 Außerkräftsetzen von Schutzeinrichtungen

Aufgaben, die ein Außerkräftsetzen von Schutzeinrichtungen erfordern, z. B. das Teachen von Robotern, müssen über eine hierfür zugeordnete Betriebsart verfügen, die automatisch die entsprechenden Schutzeinrichtungen für diese Aufgabe auswählt, wie dies in der Risikobeurteilung für die Aufgabe festgelegt ist.

Die Auswahl der Betriebsart muss anhand sicherbarer Mittel erfolgen (z. B. durch abschließbare Wahleinrichtung, Passwort, Zugangscode) und die Anforderungen von 5.2.2 erfüllen.

Folgende Anforderungen müssen erfüllt sein:

- a) es darf nicht möglich sein, den Automatikbetrieb wieder aufzunehmen, wenn eine andere Betriebsart aktiviert ist;
- b) der Automatikbetrieb darf nur von außerhalb des geschützten Bereichs eingeleitet werden können;
- c) die Funktion der Steuerungsbetriebsart muss ein gleichwertiges Leistungsniveau aufweisen, wie die aufgehobenen Schutzfunktionen;
- d) im Falle eines Fehlers der Funktion zum Außerkräftsetzen, muss ein nachfolgendes Außerkräftsetzen verhindert sein, bis der Fehler korrigiert ist;
- e) es muss eine optische Anzeige an der Betriebsartenwahleinrichtung, dem/den Zelleneingang/-gängen und allen betroffenen Bedienstationen vorgesehen werden, die anzeigt, dass Schutzeinrichtungen außer Kraft gesetzt sind;
- f) es müssen alternative Schutzmaßnahmen aktiviert werden, um alle Gefährdungen abzusichern; diese alternativen Schutzmaßnahmen müssen ein gleichwertiges Schutzniveau aufweisen.

Sind Schutzeinrichtungen außer Kraft zu setzen, muss Folgendes vorgesehen werden:

- Maschinen und Einrichtungen, die für die Aufgabe nicht benötigt werden, müssen sich im Zustand des Sicherheitshalts befinden;
- Maschinen und Einrichtungen, die für die Aufgabe benötigt werden, müssen der direkten Steuerung durch die Bedienperson unterstehen.

Der Integrator muss für kritische Situationen Benutzerinformationen vorsehen, falls es erforderlich ist, Schutzeinrichtungen manuell außer Kraft zu setzen, z. B. Fehlerbeseitigung und Austausch einer Schutzeinrichtung.

## 5.11 Kollaborierender Roboterbetrieb

### 5.11.1 Allgemeine Beschreibung der Zweckbestimmung

Die Kollaboration ist eine spezielle Art von Betrieb zwischen einer Person und einem Roboter, die sich einen gemeinsamen Arbeitsraum teilen. Sie:

- wird nur angewendet für vorher festgelegte Aufgaben;
- ist nur möglich, wenn alle erforderlichen Schutzmaßnahmen aktiv sind;
- gilt nur für Roboter mit Eigenschaften, die speziell für den kollaborierenden Betrieb konstruiert sind und ISO 10218-1 entsprechen.

ANMERKUNG Für Anwendungsbeispiele siehe Anhang E.

Der Integrator muss in der Benutzerinformation die Schutzeinrichtungen und die Betriebsartenwahl, welche für den kollaborierenden Betrieb erforderlich sind, angeben.

### **5.11.2 Allgemeine Anforderungen**

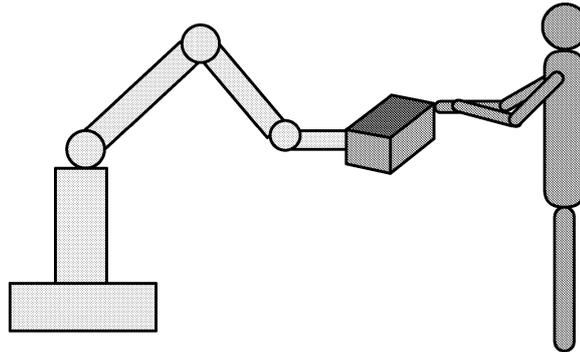
Aufgrund der potentiellen Verringerung der räumlichen Trennung von Mensch und Roboter im Kollaborationsraum, kann während des Betriebs ein physischer Kontakt zwischen Mensch und Roboter auftreten. Es müssen Schutzmaßnahmen vorgesehen werden, die sicherstellen, dass die Bedienperson zu jedem Zeitpunkt geschützt ist.

Folgende Anforderungen müssen erfüllt sein:

- a) Der Integrator muss eine Risikobeurteilung, wie in 4.3 beschrieben, durchführen (siehe Anhang E für Anwendungsbeispiele). Die Risikobeurteilung muss die gesamte gemeinsam durchzuführende Aufgabe (Kollaborationsaufgabe) und den Arbeitsraum berücksichtigen, darunter mindestens Folgendes:
  - 1) die Robotereigenschaften (z. B. Last, Geschwindigkeit, Kraft, Energie);
  - 2) die Gefährdungen durch die Endeffektoren einschließlich des Werkstücks (z. B. ergonomische Gestaltung, scharfe Kanten, überstehende Teile, Arbeiten mit Werkzeugwechsler);
  - 3) die Anordnung des Robotersystems;
  - 4) die Position des Bedieners im Hinblick auf die Nähe zum Roboterarm (z. B. Arbeiten unter dem Roboter verhindern);
  - 5) die Position des Bedieners und Verfahrensweg im Hinblick auf die Positionierung von Teilen, Orientierung zu Aufbauten (z. B. Befestigungen, tragende Gebäudeteile, Wände) und Lage von Gefährdungen an Befestigungen;
  - 6) die Gestaltung der Befestigungen, Platzierung und Betrieb der Spannvorrichtungen, andere verbundene Gefährdungen;
  - 7) die Gestaltung und Position aller manuell gesteuerten Roboterführungseinrichtungen (z. B. Erreichbarkeit, Ergonomie, usw.);
  - 8) die anwendungsspezifischen Gefährdungen (z. B. Temperatur, herausgeschleuderte Teile, Schweißfunken);
  - 9) die Einschränkungen aufgrund der Anwendung erforderlicher persönlicher Schutzausrüstung;
  - 10) die Umgebungsbedingungen (z. B. chemisch, Funkfrequenz, Strahlung, usw.);
  - 11) die Leistungskriterien der verbundenen Sicherheitsfunktionen.
- b) Roboter, die in einen Kollaborationsraum integriert werden, müssen die Anforderungen nach ISO 10218-1 erfüllen;
- c) Nichttrennende Schutzeinrichtungen, die für die Anwesenheitserkennung verwendet werden, müssen die Anforderungen von 5.2.2 erfüllen;
- d) Zusätzliche nichttrennende Schutzmaßeinrichtungen, die in einem Kollaborationsraum verwendet werden, müssen die Anforderungen von 5.2 erfüllen;
- e) Die technischen Schutzmaßnahmen müssen so konstruiert sein, dass sie die fortschreitende Annäherung einer Person in den geschützten Bereich, über den Kollaborationsraum hinaus, verhindern oder erkennen. Das Eindringen in den geschützten Bereich über den Kollaborationsraum hinaus muss dazu führen, dass der Roboter stoppt und alle gefahrbringenden Maschinenfunktionen beendet werden;

- f) Die äußeren Schutzeinrichtungen müssen den Zugang von Personen in den Teil des geschützten Bereichs verhindern oder erkennen, der nicht für den kollaborierenden Betrieb vorgesehen ist;
- g) Befinden sich andere Maschinen, die an das Robotersystem angeschlossen oder an diesem befestigt sind und eine potentielle Gefährdung bilden, im Kollaborationsraum selbst, müssen die sicherheitsbezogenen Funktionen dieser Maschinen mindestens die Anforderungen von 5.2 erfüllen.

Roboter, die für den kollaborierenden Betrieb konfiguriert sind, sollten mit dem in Bild 2 dargestellten Symbol gekennzeichnet sein.



**Bild 2 — Vorschlag für die Gestaltung der Kennzeichnung**

### 5.11.3 Anforderungen an Kollaborationsräume

Der Kollaborationsraum, in dem die Bedienperson(en) unmittelbar mit dem Roboter zusammenwirkt/zusammenwirken, muss klar festgelegt sein (z. B. Kennzeichnung am Boden, Schilder, usw.).

Personen/Bedienpersonen müssen durch eine Kombination von nichttrennenden Schutzeinrichtungen und der Einhaltung von Roboterparametern, wie nach ISO 10218-1 zulässig, geschützt sein, mit denen alle Gefährdungen und Bewegungen nach 5.2.2 zum Stillstand kommen.

In jedem Fall, in dem mehr als eine Person (Bedienperson) am kollaborierenden Betrieb beteiligt ist, muss jede Person über individuelle Steuerungselemente nach 5.2.2 geschützt sein.

Die Gestaltung des Kollaborationsraums muss derart sein, dass die Bedienperson alle Aufgaben leicht ausführen kann und die Position der Ausrüstung und der Maschinen keine zusätzlichen Gefährdungen mit sich bringt. Sicherheitsgerichtete Software zur Achs- und Raumbegrenzung sollte, falls immer dies möglich ist, den Radius der möglichen freien Bewegungen reduzieren.

Das Robotersystem sollte so eingebaut sein, dass vom Bedienraum des Roboters (einschließlich Arm, jeder angebrachten Befestigung und des Werkstücks) zu Gebäudebereichen, Aufbauten, Versorgungsanlagen, anderen Maschinen und Einrichtungen, die den Zugang mit dem ganzen Körper ermöglichen und eine Fang- oder Quetschstelle bilden können, ein Freiraum von mindestens 500 mm (20 in) gegeben ist. Wird der Mindestfreiraum nicht vorgesehen, müssen andere zusätzliche Schutzmaßnahmen zum Stoppen der Roboterbewegung getroffen werden, um dem Personal, welches sich innerhalb 500 mm von einer Fang- oder Quetschgefahr in einer festen Umgebung befindet, Schutz zu bieten. Bei dynamischer Bewegung (z. B. synchrone Bewegung von Robotern und Förderbändern (line tracking)), sind besondere Überlegungen erforderlich (siehe ISO 13854).

**ANMERKUNG** Diese Parameter können für Systeme, die für Übereinstimmung mit 5.11.5.4 und 5.11.5.5 konstruiert wurden, unterschiedlich sein.

#### **5.11.4 Wechsel zwischen autonomem Betrieb und kollaborierendem Betrieb**

Der Übergangspunkt zwischen autonomem Betrieb und kollaborierendem Betrieb ist ein besonders kritischer Teil der kollaborierenden Anwendung. Dieser Übergang muss so gestaltet sein, dass der Roboter beim Wechsel vom autonomen Betrieb zum kollaborierenden Betrieb und wieder zurück zum autonomen Betrieb kein Personal gefährden kann.

#### **5.11.5 Betrieb im Kollaborationsraum**

##### **5.11.5.1 Allgemeines**

Bei der Gestaltung eines kollaborierenden Betriebs müssen ein oder mehrere Sicherheitsmerkmale in 5.11.5.2 bis 5.11.5.5 angemessen ausgewählt werden, um eine sichere Arbeitsumgebung für sämtliches Personal sicherzustellen, welches potentiellen Gefährdungen in der Arbeitszelle ausgesetzt ist. ISO 10218-1 enthält Anforderungen und Leistungsmerkmale für Roboter, die im kollaborierenden Betrieb angewendet werden, wie in 5.11.5.2 bis 5.11.5.5 beschrieben.

Jeder erkannte Ausfall der ausgewählten Sicherheitsmerkmale des kollaborierenden Betriebs muss einen Sicherheitshalt zur Folge haben, gemäß 5.3.8.3. Der autonome Betrieb darf nach einem solchen Stopp nicht wiederaufgenommen werden, bis er durch eine bewusste Handlung zum Neustart außerhalb des Kollaborationsraums zurückgesetzt wird.

##### **5.11.5.2 Sicherheitsbewerteter überwachter Halt**

Hält sich keine Person im Kollaborationsraum auf, arbeitet der Roboter autonom. Betritt eine Person den Kollaborationsraum, muss der Roboter seine Bewegung stoppen und einen sicherheitsbewerteten überwachten Halt nach ISO 10218-1 aufrechterhalten, um ein direktes Zusammenwirken einer Bedienperson und des Roboters zu ermöglichen (z. B. Bestückung des Endeffektors mit einem Werkstück).

##### **5.11.5.3 Handführung**

Handgeführter Betrieb muss zulässig sein, wenn folgende Anforderungen erfüllt sind:

- a) wenn der Roboter die Übergabeposition erreicht, wird ein sicherheitsbewerteter überwachter Halt nach ISO 10218-1 ausgegeben;
- b) die Bedienperson muss über eine Führungseinrichtung verfügen, die die Anforderungen der ISO 10218-1 erfüllt, um den Roboter in die vorgesehene Position zu bringen;
- c) die Bedienperson muss klare Sicht auf den gesamten Kollaborationsraum haben;
- d) wenn die Bedienperson die Führungseinrichtung freigibt, wird ein sicherheitsbewerteter überwachter Halt nach ISO 10218-1 ausgelöst.

##### **5.11.5.4 Geschwindigkeits- und Abstandsüberwachung**

In Robotersystemen, die so gestaltet sind, dass sie einen sicheren Abstand zwischen dem Bediener und dem Roboter in dynamischer Weise aufrechterhalten, müssen Roboter verwendet werden, die ISO 10218-1 entsprechen.

Die Robotergeschwindigkeit, der festgelegte Mindestabstand und andere Parameter müssen durch die Risikobeurteilung festgelegt werden.

**ANMERKUNG** Zusätzliche Informationen und Hinweise für den Betrieb von kollaborierenden Robotern werden in ISO/TS 15066 gegeben (zurzeit in Vorbereitung).

### 5.11.5.5 Leistungs- und Kraftbegrenzung durch inhärente Konstruktion oder durch die Steuerung

In Robotersystemen, die gestaltet sind, um Gefährdungen durch Energie- oder Kraftbegrenzung zu kontrollieren/steuern, müssen Roboter verwendet werden, die ISO 10218-1 entsprechen.

Die Parameter für Leistung, Kraft und Ergonomie müssen durch die Risikobeurteilung festgelegt werden.

ANMERKUNG Zusätzliche Informationen und Hinweise für den Betrieb von kollaborierenden Robotern werden in ISO/TS 15066 gegeben (zurzeit in Vorbereitung).

## 5.12 Das in Betrieb nehmen von Robotersystemen

### 5.12.1 Allgemeines

Ein Konzept für das in Betrieb nehmen muss Informationen über Schutzmaßnahmen für Personen während des in Betriebnehmens von Robotersystemen enthalten. Diese Maßnahmen können auch nach wesentlichen Änderungen oder Instandhaltungsarbeiten an Robotersystemen, die den sicheren Betrieb beeinflussen können, zutreffen.

### 5.12.2 Auswahl vorläufiger Schutzeinrichtungen

Vorläufige Schutzeinrichtungen müssen das Personal 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 eingerichtet sein.

ANMERKUNG Während der erstmaligen Montage einer Roboterzelle sind möglicherweise noch Schutzmaßnahmen erforderlich, bevor alle endgültigen Schutzeinrichtungen eingebaut sind. Daher sollten alternative Schutzeinrichtungen, wie z. B. Ketten oder transportable Wände eingesetzt werden, um dem Personal während des Erstanlaufs der Einrichtungen einen wirksamen Schutz zu bieten. Faktoren, die bei der Auswahl alternativer Schutzeinrichtungen zu berücksichtigen sind, können umfassen: Ausbildungsniveau des beteiligten Personals, Dauer dieser Übergangszeit, Zugänglichkeit dieser Zelle für anderes Personal, Art der betriebenen Ausrüstung, welche 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 bestimmen.

Alle vorläufigen Schutzeinrichtungen müssen in der Information zum in Betrieb nehmen und der Benutzerinformation bezeichnet sein.

Vorläufige Schutzeinrichtungen und Schutzmaßnahmen können umfassen:

- a) die gleichen Einrichtungen, wie für das fertige System, jedoch übergangsweise eingebaut;
- b) unterschiedliche Einrichtungen, die wahlweise angewendet werden;
- c) temporäre Sperren;
- d) spezielle schriftliche Verfahrens- und Verhaltensbestimmungen;
- e) Warneinrichtungen;
- f) spezielle Schulung.

### 5.12.3 Verfahrensplan für das erstmalige Ingangsetzen

Es muss ein Verfahren für das erstmalige Ingangsetzen festgelegt werden, welches Folgendes berücksichtigen muss, jedoch nicht darauf beschränkt ist:

- a) vor dem Einschalten ist sicherzustellen, dass Folgendes wie vorgesehen installiert wurde:
  - 1) die mechanische Befestigung und Stabilität;
  - 2) die elektrischen Verbindungen;
  - 3) die Versorgungsanschlüsse;
  - 4) die Kommunikationsverbindungen;
  - 5) die periphere Ausrüstung und Systeme;
  - 6) die Begrenzungseinrichtungen zur Begrenzung des maximalen Raumes.
- b) Es müssen Anleitungen vorgesehen werden, nach denen alle Personen den geschützten Bereich vor Einschalten der Antriebsenergie verlassen haben müssen.
- c) Nach Einschalten der Energie ist sicherzustellen, dass:
  - 1) die Schaltkreise und Einrichtungen für die Not-Halt Funktion funktionsfähig sind;
  - 2) sich jede Achse bewegt und wie vorgesehen eingeschränkt ist;
  - 3) der Roboter, wie vorgesehen, auf grundlegende Bewegungsbefehle des Betriebssystems anspricht;
  - 4) die Warneinrichtungen (akustisch/optisch) wie vorgesehen funktionieren;
  - 5) alle Schutzeinrichtungen oder vorläufigen Schutzeinrichtungen wie vorgesehen funktionieren;
  - 6) die Steuerung der reduzierten Geschwindigkeit aktiviert ist und wie vorgesehen funktioniert.

ANMERKUNG Dies ist besonders kritisch bei der Ersteinrichtung 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 der Schutzmaßnahmen

### 6.1 Allgemeines

Der Hersteller oder Integrator des Robotersystems muss Vorkehrungen für die Verifizierung und Validierung der Gestaltung und des Aufbaus des Robotersystems treffen, einschließlich geeigneter Schutzeinrichtungen, nach den in den Abschnitten 4 und 5 beschriebenen Grundsätzen.

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

ANMERKUNG Nicht alle der in Anhang A identifizierten Gefährdungen treffen auf jedes Robotersystem 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.

## 6.2 Methoden zur Verifizierung und Validierung

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

- A Sichtprüfung;
- B Praktische Prüfungen;
- C Messungen;
- D Beobachtung während des Betriebs;
- E Prüfung von anwendungsspezifischen Schemata, Schaltplänen und Konstruktionsdokumente;
- F Prüfung der sicherheitsbezogenen Anwendungs-Software und/oder Software Dokumentation;
- G Überprüfung der aufgabenbasierten Risikobeurteilung;
- H Prüfung der Anordnungszeichnungen und Dokumente;
- I Überprüfung von Spezifikationen und Benutzerinformation.

Siehe Tabelle G.1.

## 6.3 Erforderliche Verifizierung und Validierung

Anhang G listet spezielle Leistungsanforderungen auf, die für die Sicherheit eines Robotersystems als wesentlich erachtet werden und die verifiziert oder validiert werden müssen. Unter Anwendung geeigneter Methoden müssen die Anforderungen bewertet werden, um festzustellen, ob sie durch Gestaltung und Bau des Systems angemessen erfüllt wurden.

ANMERKUNG 1 Nicht alle der in Tabelle G.1 aufgeführten Punkte treffen unbedingt auf alle Robotersysteme zu. Es können Fälle auftreten, in denen es unmöglich wird, bestimmte Punkte zu verifizieren und/oder zu validieren.

ANMERKUNG 2 Tabelle G.1 ist weder vollständig noch beschränkt. Es mag zusätzliche Anforderungen an die Verifizierung geben, je nach spezifischer Gestaltung des Robotersystems.

ANMERKUNG 3 Es liegt in der Verantwortung des Integrators, sicherzustellen, dass alle anwendbaren Punkte verifiziert und/oder validiert werden.

ANMERKUNG 4 Wenn Tabelle G.1 als Checkliste verwendet wird, ist der Inhalt dahingehend zu überprüfen und einzuschränken, dass er die tatsächliche Anordnung des Robotersystems widerspiegelt, die bewertet werden soll sowie die dazugehörigen Bewertungsmethoden.

## 6.4 Verifizierung und Validierung von Schutzeinrichtungen

Schutzeinrichtungen, die zur Minderung identifizierter Gefährdungen eingebaut werden, müssen dahingehend verifiziert werden, ob sie den Herstelleranleitungen entsprechen und ordnungsgemäß am (an den) Robotersystem(en) angewendet werden.

- a) Das Erreichen der Gefährdung muss verhindert werden, indem:
  - 1) die Gefährdung vor dem Erreichen stillgesetzt wird;
  - 2) eine durch unbeabsichtigten Betrieb hervorgerufene Gefährdung verhindert wird;

- 3) Teile und Werkzeuge zurückgehalten werden (z. B. lose Teile, fliegende Projektile);
  - 4) andere prozessbedingte Gefährdungen beherrscht werden (z. B. Lärm, Laser, Strahlung).
- b) Die eingebauten Schutzeinrichtungen müssen verifiziert werden im Hinblick auf:
- 1) die Art der trennenden Schutzeinrichtungen, Öffnungsgrößen, Positionierung der trennenden Schutzeinrichtungen, ordnungsgemäße Sicherheitsabstände, Höhen;
  - 2) das Stellteil für die Rückstellung, das nicht von innerhalb des geschützten Bereichs betätigt werden kann;
  - 3) die Arten von nichttrennenden Schutzeinrichtungen, Detektionsvermögen, Positionierung von nichttrennenden Schutzeinrichtungen, ordnungsgemäße Sicherheitsabstände, Größen, usw.; sowie
  - 4) die Funktionen zum Umgehen und zum Muting.
- c) Es muss verifiziert werden, dass ergänzende Schutzmaßnahmen vorgesehen sind:
- 1) Anleitungen;
  - 2) Schulungsmaterial;
  - 3) Warnungen;
  - 4) Persönliche Schutzausrüstung;
  - 5) Verfahren;
  - 6) andere geeignete Maßnahmen.

**ANMERKUNG** Nicht für jede Schutzmaßnahme treffen die Kriterien von a) bis c) zu, je nach Gefährdung, vor der es zu schützen gilt.

## **7 Benutzerinformation**

### **7.1 Allgemeines**

Die Benutzerinformation muss die Informationen und Anleitungen enthalten, die für die sichere und ordnungsgemäße Verwendung des Systems erforderlich sind. Sie muss für den Benutzer Informationen und Warnungen über alle Restrisiken vorsehen. Die Benutzerinformation von Herstellern von Einzelmaschinen muss ebenfalls enthalten sein.

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

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

Die Information muss sowohl die bestimmungsgemäße Verwendung als auch die vorhersehbare Fehlanwendung des integrierten Systems enthalten.

Zur Minderung einer Gefährdung, muss die Benutzerinformation Folgendes enthalten:

- Schulungsanforderungen;
- Anforderungen an die persönliche Schutzausrüstung, und
- Anforderungen für zusätzliche trennende Schutzeinrichtungen oder nichttrennende Schutzeinrichtungen (siehe ISO 12100).

Die Benutzerinformation des integrierten Robotersystems muss den Anforderungen von ISO 12100, entsprechen.

ANMERKUNG 1 Siehe auch IEC 62079 bezüglich Aufbau und Darstellung der Benutzerinformation

ANMERKUNG 2 Siehe auch IEC 60204-1.

## **7.2 Betriebsanleitung**

### **7.2.1 Allgemeines**

Die Betriebsanleitung muss die verschiedenen Verwendungsphasen des Robotersystems berücksichtigen, einschließlich Transport, Montage und Einbau, das in Betrieb nehmen, Benutzung (einschließlich Start, Abschalten, Einrichten, Teachen/Programmieren oder Prozessumschaltung, Betrieb, Reinigung, Fehlersuche und Instandhaltung) und, falls zutreffend, das außer Betrieb nehmen, Demontage und Entsorgung.

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

Insbesondere muss die Betriebsanleitung die Informationen in 7.2.2 bis 7.2.10 enthalten.

### **7.2.2 Handhabung**

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

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

### **7.2.3 Einbau und in Betrieb nehmen**

Informationen bezüglich des Einbaus und des in Betriebnehmens des Robotersystems müssen z. B. enthalten:

- a) die Anforderungen an Befestigung/Verankerung und Vibrationsdämmung;
- b) die Bedingungen für Zusammenbau und Montage;
- c) den benötigten Raum für Anwendung und Instandhaltung;
- d) die zulässigen Umgebungsbedingungen (z. B. Temperatur, Feuchtigkeit, Vibration, elektromagnetische Strahlung);
- e) die Anleitungen für den Anschluss des Robotersystems an Energieversorgungen (insbesondere über Schutz gegen elektrische Überbelastung);

- f) die Hinweise über Abfallbeseitigung/-entsorgung;
- g) Falls notwendig, Empfehlungen bezüglich vom Anwender zu treffende Schutzmaßnahmen; [z. B. zusätzliche oder vorläufige Schutzeinrichtungen (siehe ISO 12100), Sicherheitsabstände, Sicherheitszeichen und -signale];
- h) die Anleitungen, wie Erstprüfung und Prüfungen des Robotersystems und dessen Schutzsystem vor der Erstbenutzung und der Aufnahme des Produktionsbetriebs durchgeführt werden müssen, einschließlich Funktionsprüfungen der Steuerung der reduzierten Geschwindigkeit.

#### **7.2.4 Informationen zum Test des in Betriebnehmens oder zum Verfahren für das erstmalige Ingangsetzen**

Diese Information muss mindestens Folgendes enthalten:

- a) vor Zuschalten der Energie ist zu verifizieren, dass:
  - 1) der Roboter mechanisch ordnungsgemäß aufgestellt wurde und standfest ist;
  - 2) die elektrischen Anschlüsse korrekt ausgeführt sind und die Energie (d. h. Spannung, Frequenz, Störpegel) sich innerhalb der festgelegten Grenzen befindet;
  - 3) eine ordnungsgemäße elektrische Erdung vorhanden ist (Potentialausgleich);
  - 4) die sicherheitsbezogenen Teile der Steuerung ordnungsgemäß eingebaut sind;
  - 5) die anderen Versorgungsleitungen (z. B. Wasser, Luft, Gas) ordnungsgemäß angeschlossen sind und die Medien sich innerhalb der festgelegten Grenzen befinden;
  - 6) die periphere Ausrüstung, einschließlich der Verriegelungen, ordnungsgemäß angeschlossen ist;
  - 7) die Begrenzungseinrichtungen, die den eingeschränkten Raum (falls vorhanden) festlegen, eingebaut sind;
  - 8) angemessene Schutzeinrichtungen verwendet werden;
  - 9) die physikalischen Umgebungsbedingungen den Festlegungen entsprechen (z. B. Beleuchtung und Lärmpegel, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, atmosphärische Verunreinigungen);
  - 10) die korrekten Versionen aller Programme, der normalen Steuerung und der sicherheitsbezogenen Steuerung, vorliegen und validiert wurden, und es sich dabei auch um die installierten Versionen handelt (Änderungsmanagement).
- b) nach Einschalten der Energie ist zu verifizieren, dass:
  - 1) die Steuereinrichtungen für Start, Stopp und Betriebsartenwahl (einschließlich der Schlüsselschalter zum Verriegeln) wie vorgesehen funktionieren;
  - 2) sich jede Achse bewegt und wie vorgesehen begrenzt ist;
  - 3) die Schaltkreise und Einrichtungen für den Not-Halt und den Sicherheitshalt (falls vorhanden) betriebsfähig sind;
  - 4) es möglich ist, die externen Energiequellen zu trennen und zu sichern;
  - 5) die Möglichkeiten zum Teachen (Einlernen) und für das Playback (Wiedergabe) ordnungsgemäß funktionieren;

- 6) die Umgebungsbedingungen (z. B. Explosion, Korrosion, Luftfeuchtigkeit, Staub, Temperatur, elektromagnetische Störungen (EMI, en: electromagnetic interference), Hochfrequenzstörungen (RFI, en: radio frequency interference) und elektrostatische Entladungen (ESD, en: electrostatic discharge)) berücksichtigt sind;
- 7) alle trennenden und nichttrennenden Schutzeinrichtungen, Zustimmungseinrichtungen und Verriegelungen wie vorgesehen funktionieren;
- 8) alle anderen technischen Schutzmaßnahmen angeordnet sind (z. B. Schranken, Warneinrichtungen);
- 9) der Roboter in der manuellen Betriebsart ordnungsgemäß arbeitet und für die Handhabung des Produkts oder Werkstücks geeignet ist;
- 10) der Roboter im Automatikbetrieb (Normalbetrieb) ordnungsgemäß arbeitet und die vorgesehene Aufgabe bei Nenngeschwindigkeit und -last ausführt.

Der Test des in Betriebnehmens oder die Verfahren für das erstmalige Inangangsetzen sollten auch nach Abschluss von Instandhaltungsarbeiten oder Systemveränderungen durchgeführt werden, welche die vorgesehene Funktionstüchtigkeit des Robotersystems/der Robotersysteme beeinflussen könnten.

### 7.2.5 Systeminformation

Informationen, die das Robotersystem selbst betreffen, müssen z. B. enthalten:

- a) die ausführliche Beschreibung des Systems, der Einbauten sowie der trennenden und/oder nicht-trennenden Schutzeinrichtungen;
- b) die umfassende Angabe der Anwendungsbereiche, für die bestimmungsgemäße Verwendung des Robotersystems, einschließlich der vernünftigerweise vorhersehbaren Fehlanwendung, unter Berücksichtigung von Veränderungen des ursprünglichen Robotersystems, falls angemessen;
- c) die Spezifikationen der Sicherheitsanforderungen mit Beschreibung der von der Steuerung ausgeführten Sicherheitsfunktionen und deren Sicherheitsintegrität, der Beschreibung der diskreten Stoppschaltkreise, der Sicherheitssteuerungen und der sicheren Kommunikation;
- d) die Funktionsweise anderer Steuergeräte, Bedientafeln, Programmierhandgeräte, Zustimmungseinrichtungen und Warnanzeigen;
- e) Pläne (Anordnung/Layout, Steuerung, elektrisch, hydraulisch, pneumatisch, usw.);
- f) Daten zu anderen 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 alle Teile);
- h) Spezifikationen für die Erdung und den Potentialausgleich (siehe IEC 60204-1);
- i) Dokumente, die bestätigen, dass das Robotersystem den Vorschriften entspricht;
- j) vorgenommene Änderungen an Schutzmaßnahmen, welche ursprünglich mit den Einzelmaschinen geliefert wurden;
- k) die Lastanalyse des Endeffektors (Werkzeugbestückung am Ende des Roboterarms), Angaben zum Verhalten bei Energieverlust, zum menschlichen Eingreifen, zur Instandhaltung und zur vorgesehenen Gebrauchsdauer;
- l) Anforderungen an die Schnittstellen zu anderen Maschinen;
- m) Position dynamischer Begrenzungsbereiche;
- n) vorgesehene Gebrauchsdauer des Systems.

### **7.2.6 Systemanwendung**

Informationen bezüglich der Anwendung des integrierten Robotersystems müssen z. B. Angaben enthalten zu:

- a) Restrisiko, Risiken, die nicht durch konstruktive Schutzmaßnahmen des Konstrukteurs beseitigt werden können;
- b) besonderen Risiken, die von bestimmten Anwendungen oder der Verwendung bestimmter Befestigungen ausgehen, und Angaben zu speziellen Schutzeinrichtungen, die für diese Fälle notwendig sind;
- c) vernünftigerweise vorhersehbaren Fehlanwendung und unerlaubten Anwendungen;
- d) Materialfluss;
- e) der bestimmungsgemäßen Verwendung;
- f) Arbeitsbereichen und zugehörigen Restrisiken (siehe ISO 11161);
- g) Aufgaben der Bedienperson, Positionen und Wege zur Ausführung der Aufgaben;
- h) Wirkungsbereichen der Steuerung der verschiedenen Steuerungseinrichtungen und nichttrennenden Schutzeinrichtungen (siehe ISO 11161) (z. B. nichttrennende Schutzeinrichtungen, Rückstellung von nichttrennenden Schutzeinrichtungen, Zustimmungseinrichtungen, Not-Halt-Einrichtungen, Bedienstationen, Einrichtungen zum Trennen der Energieversorgung);
- i) der Beschreibung der Stellteile (Bedienteile), Zustimmungseinrichtungen, Sicherheitshalte;
- j) Einrichten und Einstellung;
- k) den Modalitäten und Einrichtungen für das Stillsetzen (insbesondere Not-Halt);
- l) der Fehlererkennung und -position, Reparatur und Wiederanlauf nach Eingreifen;
- m) der persönlichen Schutzausrüstung, die zu tragen ist und erforderliche Schulung;
- n) den Prüfungen oder Inspektionen, die nach Änderung von Bauteilen oder Zusatz von optionalen Ausrüstungsteilen erforderlich sind (Hardware und Software), die die Sicherheitsfunktionen beeinflussen können;
- o) den Anleitungen, dass abgesteckte Handbediengeräte für den Zugriff entfernt werden müssen;
- p) den Anleitungen für das Freifahren der Systemausrüstung nach einem Fehler und im Notfall;
- q) den Schulungsanforderungen für Fernbedienungen;
- r) den Lagerorten oder der Gestaltung nicht verwendeter kabelloser Handbediengeräte, um die Anwendung eines inaktiven Not-Halts zu vermeiden;
- s) den Anforderungen an periodische Funktionsprüfungen von sicherheitsbezogener Ausrüstung;
- t) den Hinweisen zur ordnungsgemäßen Auswahl, Vorbereitung, Anwendung und Instandhaltung prozessspezifischer Verbrauchsmaterialien.

### 7.2.7 Instandhaltung

Informationen für die Instandhaltung müssen z. B. enthalten:

- a) die Art und Häufigkeit von Inspektionen für Sicherheitsfunktionen;
- b) die Anleitungen zu Instandhaltungsaufgaben, die bestimmtes technisches Wissen erfordern oder bestimmte Fähigkeiten und daher nur von entsprechend ausgebildetem Personen ausgeführt werden sollten (z. B. Instandhaltungsteam, Spezialisten);
- c) die Anleitungen zu Instandhaltungsarbeiten (z. B. Austausch von Verschleißteilen), die keine besonderen Fertigkeiten erfordern und daher von Anwendern ausgeführt werden können (z. B. Bediener);
- d) die Zeichnungen und Diagramme, mit denen das Instandhaltungspersonal seine Aufgaben sachgemäß ausführen kann (insbesondere Fehlersuche);
- e) die Informationen für den Austausch sicherheitsbezogener Teile (z. B. Teilenummer des Herstellers, Teilespezifikation);
- f) die Kontaktinformation über den/die Hersteller, um den Teileaustausch zu ermöglichen;
- g) die Arbeiten, welche die Beherrschung und die Trennung von Energie erfordern;
- h) sichere Arbeitsverfahren bei manuellem Außerkraftsetzen der Schutzeinrichtungen.

### 7.2.8 Außer Betrieb nehmen

Es müssen Informationen bezüglich des außer Betriebnehmens, der Demontage und Entsorgung enthalten sein.

### 7.2.9 Notfallsituationen

Informationen zu Notfallsituationen müssen z. B. enthalten:

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

### 7.2.10 Roboterspezifisch

Roboterspezifische Informationen müssen z. B. enthalten:

- a) Information nach ISO 9946;
- b) Information nach ISO 10218-1;
- c) Falls anwendbar, Informationen über die Steuerung unter Verwendung des Handbediengeräts bei „Manuell mit hoher Geschwindigkeit“;
- d) Anleitungen zum Einbau von Begrenzungseinrichtungen, einschließlich Anzahl, Position und Einstellungsgrad mechanischer Anschlüsse, einschließlich Anleitungen zu Anzahl, Position und Einsatz aller nicht mechanischen Begrenzungseinrichtungen und Anleitungen zu dynamischem Begrenzungsvermögen, falls dieses vorhanden ist;

- e) Informationen über Anzahl und Betrieb von Zustimmungseinrichtungen und Anleitungen für den Einbau zusätzlicher Einrichtungen;
- f) Information zur Anhaltezeit und -weg oder -winkel der drei Achsen mit der größten Auslenkung;
- g) Spezifikationen für alle Flüssigkeiten oder Schmierstoffe, die bei der Schmierung, Bremsen oder in Übertragungssystemen innerhalb des Roboters verwendet werden;
- 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 solcher, die durch Dritte zertifiziert wurden;
- j) falls anwendbar, Anleitungen über synchronisierte Roboterbewegung und spezielle erforderliche Schulung für die Programmierer/Bedienpersonen;
- k) Anleitungen für Bewegung des Roboters im Notfall oder außergewöhnliche Bewegung ohne Antriebsenergie;
- l) Programmierte Begrenzungen durch die Anwendung sicherheitsbewerteter Software zur Achs- und Raumbegrenzung;
- m) Bei Robotersystemen, die für den Kollaborationsbetrieb konstruiert sind, eine Erklärung, dass der Roboter zur Integration als kollaborierender Roboter geeignet ist, mit Bezug auf 5.11, welche die erfüllten Anforderungen und Bedienungsarten bezeichnen.

### **7.3 Kennzeichnung**

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

- dem Firmennamen und der vollständigen Adresse des Herstellers und, falls möglich, seinen bevollmächtigten Vertreter;
- der Maschinenbezeichnung;
- der Serien- oder Typenbezeichnung;
- ggf. der Seriennummer;
- dem Baujahr, bzw. das Jahr, in dem der Herstellungsprozess beendet wurde;
- der Angabe, ob Maschinen für die Verwendung in explosionsgefährdetem Bereich konstruiert und gebaut sind; diese müssen entsprechend gekennzeichnet sein.

## Anhang A (informativ)

### Liste signifikanter Gefährdungen

Tabelle A.1 enthält eine Liste signifikanter Gefährdungen für Roboter und Robotersysteme

ANMERKUNG Die Liste in Tabelle A.1 ist abgeleitet von ISO 12100.

**Tabelle A.1 — Liste signifikanter Gefährdungen**

Nr.	Art oder Gruppe	Gefährdungsbeispiele		Abschnitt Bezug
		Ursprung	Mögliche Auswirkungen	
1	<b>Mechanische Gefährdungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Bewegungen jedes Teils des Roboterarms (einschließlich zurück), des Endeffektors oder beweglichen Teilen der Roboterzelle</li> <li>— Bewegungen der externen Achse (einschließlich Endeffektorwerkzeug in der Wartungsposition)</li> <li>— Bewegung oder Rotation eines scharfen Werkzeugs am Endeffektor oder an externen Achsen</li> <li>— eines zu handhabenden Teils von zugehöriger Ausrüstung</li> <li>— Rotationsbewegung aller Roboterachsen</li> <li>— herabfallende oder herausgeschleuderte Materialien oder Produkte</li> <li>— Ausfall des Endeffektors (Verlust)</li> <li>— lose Kleidung, lange Haare</li> <li>— zwischen Roboterarm und jedem festen Gegenstand</li> <li>— zwischen Endeffektor und jedem festen Gegenstand (Zaun, Balken, usw.)</li> <li>— zwischen Befestigungen (Hineinfallen); zwischen Shuttles, Versorgungseinrichtungen</li> <li>— nicht vorhandene Möglichkeit, die Roboterzelle zu verlassen (durch Zellentür) für einen eingeschlossenen Bediener in der Betriebsart Automatik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Quetschen</li> <li>— Scheren</li> <li>— Schneiden oder Abtrennen</li> <li>— Erfassen</li> <li>— Einziehen oder Fangen</li> <li>— Stoß</li> <li>— Durchstich oder Einstich</li> <li>— Reibung, Abrieb</li> <li>— Einspritzen oder Herausspritzen von Flüssigkeiten / Gas unter hohem Druck</li> </ul>	<p>4.1; 4.2; 4.2 d) 6); 4.2 (f); 4.3; 4.4; 4.4.1; 4.4.2 d); 4.4.2 f); 4.5; 5.2; 5.2.1; 5.2.2; 5.2.3; 5.3; 5.3.2; 5.3.6; 5.3.7; 5.3.8.2; 5.3.9; 5.3.10; 5.5.1; 5.5.2; 5.5.3; 5.5.4; 5.6.4; 5.8; 5.9; 5.10.2; 5.10.3; 5.10.6.1; 5.10.6.2; 5.10.6.4; 5.10.7; 5.11; 5.11.4; 5.11.5.4</p>

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

Nr.	Art oder Gruppe	Gefährdungsbeispiele		Abschnitt Bezug
		Ursprung	Mögliche Auswirkungen	
1	<b>Mechanische Gefährdungen</b> (fortgesetzt)	<ul style="list-style-type: none"> <li>— unerwartete Bewegung der Spannvorrichtungen oder des Greifers</li> <li>— unerwartete Werkzeugfreigabe</li> <li>— unerwartete Bewegung von Maschinen oder Teilen der Roboterzelle während Handhabungsvorgängen</li> <li>— unbeabsichtigte Bewegung oder Betätigung eines Endeffektors oder zugehöriger Ausrüstung (einschließlich robotergesteuerter externer Achsen, prozessspezifisch für Schleifscheiben, usw.)</li> <li>— unerwartetes Freisetzen potentieller Energie aus Speicherquellen</li> </ul>		
2	<b>Elektrische Gefährdungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Kontakt mit spannungsführenden Teilen oder Verbindungen (Steuerschrank, Anschlusskästen, Schaltpulte an der Maschine)</li> <li>— Verwechslung von verschiedenen Spannungen innerhalb eines Systems, Steuerschrank und Anschlüsse; d. h. Antriebsenergie, Steuerenergie (24 V vs 110 V)</li> <li>— Kontakt mit diskreten Bauteilen im elektrischen (elektronischen) Schaltkreis, d. h. Kondensatoren</li> <li>— Exposition gegenüber Lichtbogenstrahl</li> <li>— Arbeitsprozesse unter Hochspannung oder Hochfrequenz, d. h. elektrostatisches Lackieren</li> <li>— Induktionserwärmung</li> <li>— Schweißen mit Hochspannung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— tödlicher Stromschlag</li> <li>— Schlag</li> <li>— Verbrennung</li> <li>— freiliegende geschmolzener Partikel</li> </ul>	4.4.1; 5.3.2; 5.3.6; 5.3.7; 5.8.2; 5.10.6.1; 5.10.6.2; 5.10.7

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

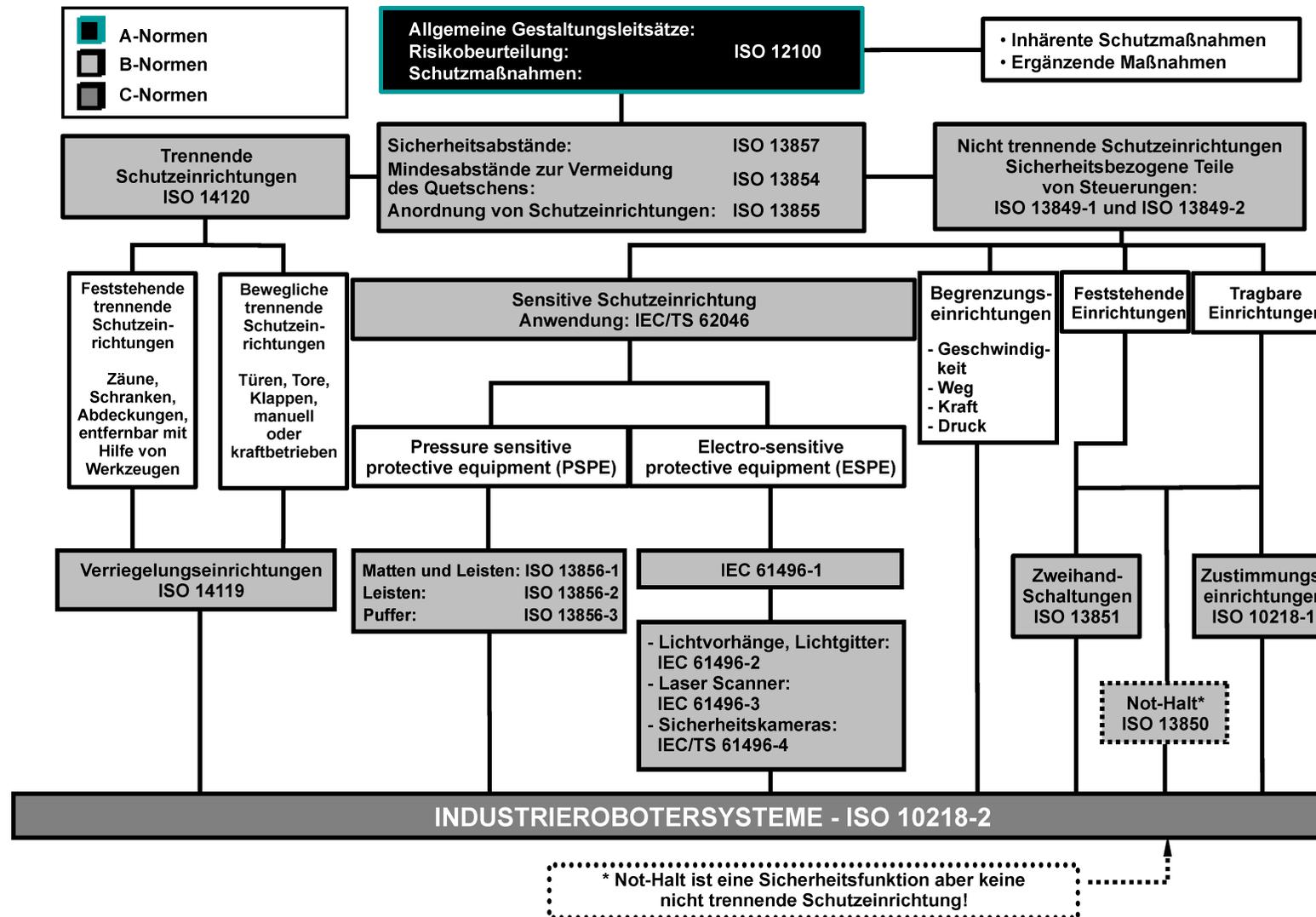
Nr.	Art oder Gruppe	Gefährdungsbeispiele		Abschnitt Bezug
		Ursprung	Mögliche Auswirkungen	
3	<b>Thermische Gefährdungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— heiße Oberflächen in Verbindung mit dem Endeffektor; oder zugehöriger Ausrüstung oder Werkstück (z. B. Schweißbrenner, heiße Werkstoffe in Schmiedepressen, Spritzgießen, Schleif- und Abgratvorgänge)</li> <li>— kalte Oberflächen oder Gegenstände (Tiefemperaturverfahren)</li> <li>— prozessbedingte explosionsfähige Atmosphäre, d.h. Lackieren (versprühte Partikel, Pulverbeschichten), entzündliche Lösungsmittel, Schleif- und Frässtaub</li> <li>— prozessunterstützende extreme Temperaturen (geschmolzene Werkstoffe; Öfen zum Kochen oder Heizen (Autoklaven); Tiefkühlgeräte oder Kältekompressoren, usw.)</li> <li>— brennbare Stoffe (in Staubabscheidersystemen, Reinigungstanks, Dichtstoffapplikatoren)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Verbrennung (heiß oder kalt)</li> <li>— Strahlungsverletzung</li> </ul>	5.3; 5.5.2; 5.5.4
4	<b>Gefährdungen durch Lärm</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— spezielle, sehr lärmintensive Anwendungen (z. B. Wasserstrahlschneider, Prägepressen, Pumpen und Ventile; Bearbeitungen mit Metallbeseitigung)</li> <li>— Lärmpegel verhindert das Hören oder Verstehen akustischer Warnsignale; ferner ist es Personen nicht möglich, ihre Handlungen über normale Konversation abzustimmen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Hörverlust</li> <li>— Gleichgewichtsverlust</li> <li>— Bewusstseinsverlust, -trübung</li> <li>— andere (z. B. mechanisch) als Auswirkung von Umgebungsbedingungen oder Ablenkung</li> </ul>	Lärm ist vom Anwendungsbe- reich dieses Teils der ISO 10218 ausge- schlossen
5	<b>Gefährdungen durch Vibration</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— direkter Kontakt mit der Quelle</li> <li>— Lösen von Verbindungen, Befestigungen,</li> <li>— falsche Anbringung von Bauteilen oder Teilen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Ermüdung</li> <li>— neurologische Schäden</li> <li>— Gefäßerkrankung</li> <li>— Stöße</li> </ul>	4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 5.5.2, 5.5.9
6	<b>Gefährdungen durch Strahlung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Störung des ordnungsgemäßen Robotersystembetriebs durch elektromagnetische Beeinflussung</li> <li>— Exposition gegenüber prozessbedingter Strahlung, d. h. Lichtbogenschweißen, Laser</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Verbrennung</li> <li>— Schäden an Augen und Haut</li> <li>— damit verbundene Erkrankung</li> </ul>	4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 5.5.2, 5.5.9
7	<b>Gefährdungen durch Materialien und Substanzen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Kontakt mit Bauteilen, die mit schädlichen Flüssigkeiten behaftet sind</li> <li>— Ausfälle mechanischer und elektrischer Bauteile</li> <li>— ätzende Dämpfe und Stäube</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Sensibilisierung</li> <li>— Brand</li> <li>— chemische Verbrennung</li> <li>— Erkrankung durch Einatmen</li> </ul>	4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 5.5.2, 5.5.3

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

Nr.	Art oder Gruppe	Gefährdungsbeispiele		Abschnitt Bezug
		Ursprung	Mögliche Auswirkungen	
8	<b>Ergonomische Gefährdungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— unzureichend gestaltetes Programmierhandgerät (HMI), Touch Screen oder Bedientafel (zu weit entfernt oder zu hoch)</li> <li>— unzureichend gestaltete Be- und Entladestation (z. B. weite Entfernung zwischen Standort des Teilebehälters und des Be- und Entladebereichs)</li> <li>— unzureichend gestaltete Zustimmungseinrichtungen</li> <li>— ungeeigneter Ort oder ungeeignete Markierung der Steuerungselemente (z. B. schwer zu erreichen)</li> <li>— ungeeigneter Ort für Bauteile, die Zugang erfordern (Fehlerbeseitigung, Reparatur, Einstellung)</li> <li>— verborgene Gefährdungen, ungenügende oder blockierte örtliche Beleuchtung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— ungesunde Körperhaltung oder übermäßige Anstrengung (Dauerbelastung)</li> <li>— Ermüdung</li> </ul>	4.2 d); 4.3; 4.4; 4.5; 5.3.2; 5.3.13; 5.5; 5.5.2; 5.5.3; 5.9
9	<b>Gefährdungen in Zusammenhang mit der Einsatzumgebung der Maschine</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Einbau in Erdbebengebieten</li> <li>— elektromagnetische Störung oder Spannungsstöße in der Energiequelle</li> <li>— Feuchtigkeit</li> <li>— Temperatur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Verbrennung</li> <li>— Erkrankung oder (chronische) Krankheit</li> <li>— Ausrutschen, Stürzen</li> <li>— Schädigung der Atemwege</li> </ul>	4.1; 4.2; 5.2; 5.3; 5.5
10	<b>Kombinationen von Gefährdungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Robotersystem soll von einer Person gestartet werden, dieser Vorgang wird jedoch von einer anderen Person nicht erwartet</li> <li>— Gefährdungen aufgrund mehrfacher Ausfälle/Situationen</li> <li>— Fehlinterpretation des tatsächlichen Problems und dadurch weiteres Problem durch falsche oder unnötige Handlungen</li> <li>— Handlung erhöht die Schwere der Verletzung; z. B. in der Absicht, eine scharfe Kante zu vermeiden, kommt es stattdessen zu Kontakt mit einer heißen Oberfläche</li> <li>— unbeabsichtigtes Lösen von Halteeinrichtungen, die Bewegung unter Restkräften ermöglicht (Trägheit, Schwerkraft, Feder/Energiespeichermittel)</li> <li>— Ausfall einer Schutzeinrichtung im Hinblick auf ihre erwartete Funktion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— jede andere Auswirkung einer Kombination von Gefährdungen und Gefährdungssituationen</li> </ul>	4.2; 4.3; 4.4; 4.5; 5.2; 5.3.10; 5.6.3.3; 5.8; 5.9; 5.9.1;

## Anhang B (informativ)

### Relevante Normen bezüglich Schutzeinrichtungen



## Anhang C (informativ)

### Technische Schutzmaßnahmen an Materialzufuhr- und entnahmestellen

#### C.1 Allgemeine Betrachtungen zum Schutz gegen den Zugang an Förderanlagen

Materialfördersysteme können einen integrierten Bestandteil eines Robotersystems bilden, in dem sie Materialien in den und aus dem geschützten Bereich befördern. Normalerweise beinhalten sie alle Arten von Förderanlagen (z. B. Förderbänder, angetriebene und nicht angetriebene Rollenbahnen, Plattenbandförderer, usw.). Aufgrund ihrer Vielfältigkeit ist es unmöglich, alle unterschiedlichen Sicherheitsanforderungen zu beschreiben. Es muss stets eine Risikobeurteilung durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass alle Gefährdungen identifiziert, bewertet und entsprechend beherrscht werden. Folgendes sollte berücksichtigt werden:

- Maßnahmen für den sicheren Zugang (z. B. verriegelte Tür) sollten so praktisch wie ausgeführt sein, um das Personal vor dem Zugang über das Materialfördersystem abzuhalten;
- Materialfördersysteme sollten keine offenen Bereiche haben, welche den Zugang zu einer Gefährdung ermöglichen;
- das Zugangsrisiko entlang der Förderanlage (z. B. verhindert durch geneigte/abgeschrägte Oberflächen);
- das Risiko des Überschreitens oder Zugang mit dem ganzen Körper (z. B. verhindert durch seitliche trennende Schutzeinrichtungen, Höhe der Förderanlage, BWS);
- das Risiko des Zugangs über die Förderanlage durch Festhaltungsmöglichkeiten.

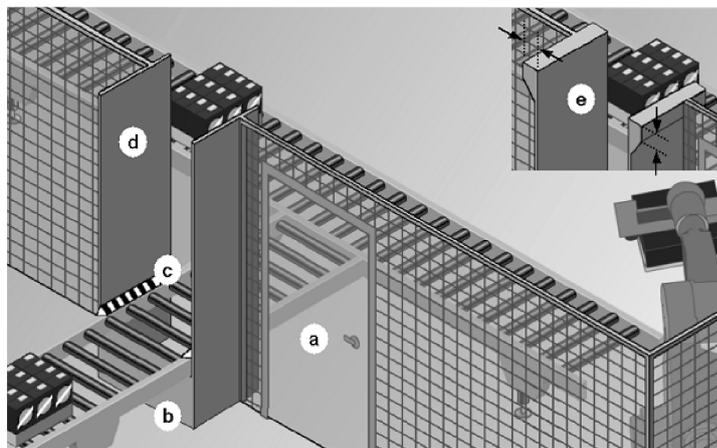
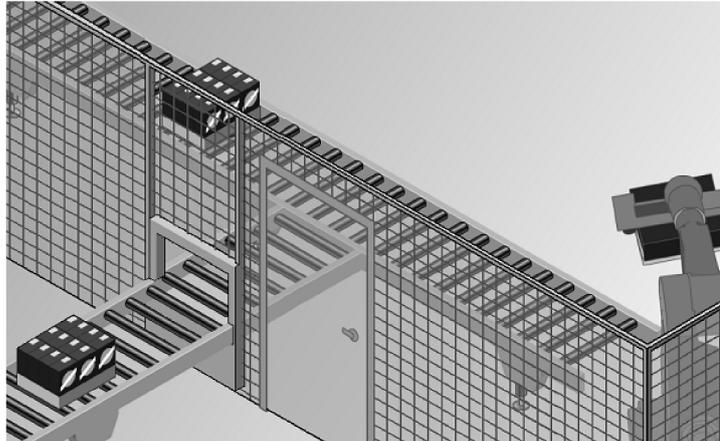


Bild C.1 — Beispiele für Schutzmaßnahmen gegen den Zugang an Förderanlagen

## C.2 Beispiel für kleine Öffnungen

Die Abmessungen der Öffnung sollte an die Abmessungen des Materials angepasst werden.

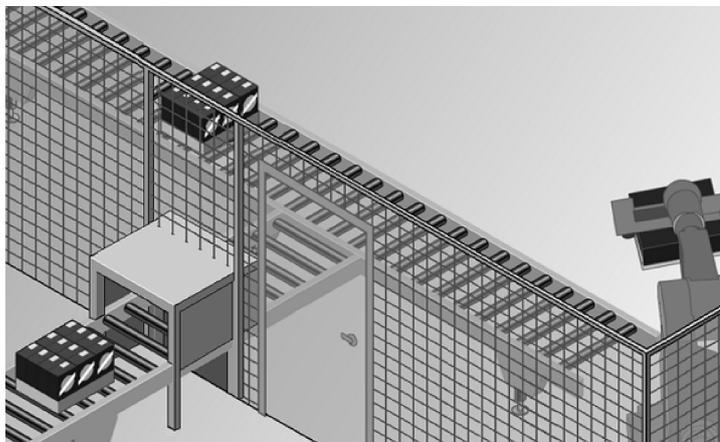
Kein Gefährdungsbereich sollte von der Öffnung aus erreichbar sein.



**Bild C.2 — Materialzuführung durch kleine Öffnungen in trennenden Schutzeinrichtungen**

## C.3 Beispiel für Tunnel

Tunnel mit geeigneter Tiefe verhindert das Erreichen von Gefährdungsbereichen.



**Bild C.3 — Tunnel zur Vergrößerung des Abstandes zur Gefährdung**

#### C.4 Beispiel für technische Schutzmaßnahmen mittels BWS

Die BWS erkennt den Zugang des Körpers; der Durchlass des Produkts ist jedoch durch Muting möglich (dargestellt mit kreuzenden Fotostrahlen).

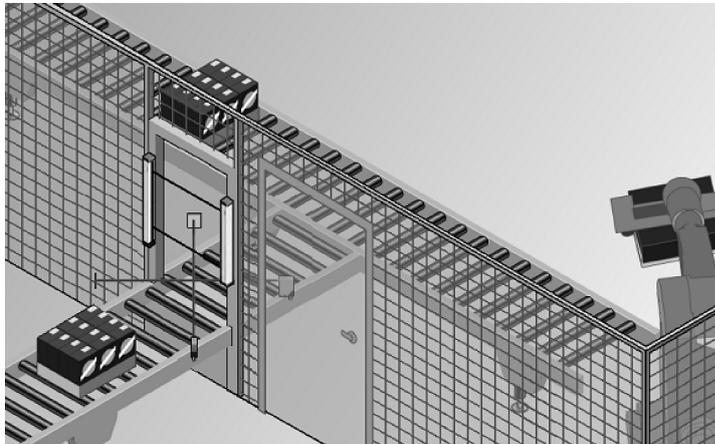


Bild C.4 — Technische Schutzmaßnahmen mittels BWS

**Anhang D**  
 (informativ)

**Betrieb von mehr als einer Zustimmungseinrichtung**

Tabelle D.1 — Wahrheitstabelle für Maschinenbetrieb und Positionen von zwei Zustimmungseinrichtungen

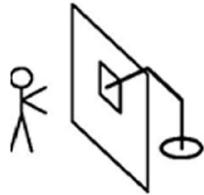
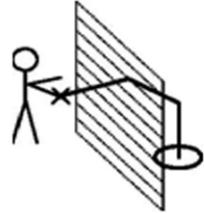
		Person A		
		Position 1	Position2	Position 3
Person B	Position 1	AUS	AUS	AUS
	Position 2	AUS	FREIGABE	AUS
	Position 3	AUS	AUS	AUS

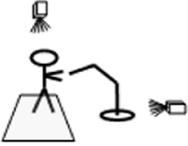
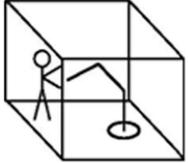
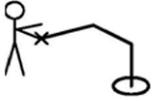
Der Maschinenbetrieb darf nur **FREIGEgeben** werden, wenn sich **BEIDE** Zustimmungseinrichtungen in Position 2, der Mittelstellung (Freigabeposition), befinden.

## Anhang E (informativ)

### Schemata für Anwendungen mit kollaborierenden Robotern

ANMERKUNG Für Anforderungen, siehe 5.11

Anwendungsart		Beschreibung	Schutzeinrichtungen	Ziele
	Übergabebereich	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Autonomer Automatikbetrieb innerhalb des geschützten Bereichs</li> <li>– Roboter bewegt sich in Fenster</li> <li>– Keine Unterbrechung des Automatikbetriebs während des Zugangs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Feststehende oder sensitive trennende Schutzeinrichtungen um den Arbeitsraum</li> <li>– Reduzierte Geschwindigkeit und reduzierter Arbeitsraum neben dem Fenster</li> <li>– Kein Arbeitsraum des Roboters außerhalb des Fensters</li> <li>– Falls untere Fensterkante unter 1 000 mm, Schutzeinrichtungen nach 5.10.3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Be- und Entladen</li> <li>– Prüfen, Benching, Reinigung</li> <li>– Service/ Instandhaltung</li> </ul>
	Schnittstellenbereich Fenster	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Autonomer Automatikbetrieb innerhalb des geschützten Bereichs</li> <li>– Roboter stoppt an Schnittstelle Fenster und kann dann manuell aus der Schnittstelle bewegt werden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Feststehende oder sensitive trennende Schutzeinrichtungen um den Arbeitsraum</li> <li>– Reduzierte Geschwindigkeit und reduzierter Arbeitsraum außerhalb des Fensters und neben dem Fenster</li> <li>– Tippschaltung für geführte Bewegung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Automatisches Stapeln/ Abstapeln</li> <li>– Geführte Montage</li> <li>– Geführtes Füllen/ Entleeren</li> <li>– Prüfen, Benching, Reinigung</li> <li>– Service/ Instandhaltung</li> </ul>

Anwendungsart		Beschreibung	Schutzeinrichtungen	Ziele
	Kollaborationsraum	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Autonomer Automatikbetrieb innerhalb eines gemeinsamen Arbeitsraums (Kollaborationsraum)</li> <li>- Roboter reduziert Geschwindigkeit und/oder stoppt, wenn eine Person den gemeinsamen Arbeitsraum (Kollaborationsraum) betritt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Personenerkennungssystem mit einem oder mehreren Signalgebern</li> <li>- Reduzierte Geschwindigkeit je nach Abstand (5.11.5.4)</li> <li>- Roboter stoppt sicher, wenn Zugang zu verbotenem Raum erfolgt und möglicher automatischer Wiederanlauf nach Situationsbereinigung, falls ordnungsgemäß geschützt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gemeinsame Montage</li> <li>- Gemeinsame Handhabung</li> <li>- Prüfen Benching, Reinigung</li> <li>- Service/ Instandhaltung</li> </ul>
	Prüfung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Autonomer Automatikbetrieb innerhalb des geschützten Bereichs</li> <li>- Eine Person betritt den Kollaborationsraum während der Roboter den Betrieb bei reduzierter Geschwindigkeit und reduziertem Verfahrensweg fortsetzt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Feststehende oder sensitive trennende Schutzeinrichtungen um den Arbeitsraum</li> <li>- Personenerkennungssystem oder Zustimmungseinrichtung</li> <li>- Reduzierte Geschwindigkeit und reduzierter Arbeitsraum nach Betreten des Arbeitsraums</li> <li>- Maßnahmen gegen Fehlanwendung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prüfung und Einstellen von Prozessen, z. B. Schweißvorgang</li> </ul>
	Handgeführter Roboter	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anwendungsspezifischer Arbeitsraum</li> <li>- Bewegung durch Handführung</li> <li>- Die Hand, die Bewegung ausführt, wird an einer Bahn entlang geführt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduzierte Geschwindigkeit</li> <li>- Tippschaltung</li> <li>- Kollaborationsraum abhängig von anwendungsspezifischen Gefährdungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Handgeführte Montage, Lackieren, usw.</li> </ul>

## Anhang F (informativ)

### Prozessbeobachtung

#### F.1 Allgemeines

Prozessbeobachtung ist als Kombination von technischen Schutzmaßnahmen und Anforderungen für sicheres Verhalten zu verstehen, die der Bedienperson höchstmöglichen Schutz bietet, indem Geschwindigkeiten und Verfahrenswege begrenzt sowie Bewegungen, die nicht benötigt werden, ausgeschaltet werden.

Wenn Schutzmaßnahmen abgeschaltet werden müssen, sind alternative Schutzmaßnahmen zu ergreifen, um ein zeitweises Beobachten von automatischen Fertigungsprozessen zu ermöglichen. Technische Schutzmaßnahmen sollten so ausgeführt werden, dass vernünftigerweise vorhersehbare Fehlanwendung verhindert ist.

Um diese Verhaltensanforderungen an die Bedienperson richtig analysieren und umsetzen zu können, sollte diese Vorgehensweise in enger Zusammenarbeit zwischen dem Integrator und dem zukünftigen Benutzer erfolgen.

Bei bestehendem Restrisiko, wie z. B. dem Herausschleudern geschmolzener Metallpartikel, sollte ein Konzept nach Bild F.1 erstellt werden.

Zusätzliche Informationen zur Prozessbeobachtung siehe ISO 11161.

ANMERKUNG Dieser Anhang ist abgeleitet von ISO 11161: 2007, Anhang D

#### F.2 Erläuterungen zur Prozessbeobachtung (siehe Bild F.1)

- a) Besteht die Notwendigkeit der Beobachtung des Bearbeitungsprozesses aus der Nähe heraus? Kann der Bearbeitungsprozess mit den in den zutreffenden Typ C-Normen beschriebenen Betriebsarten gesteuert werden? Würden zusätzliche Systeme, wie z. B. Videokamera oder Körperschallaufnehmer weiterhelfen?

Haben weitere Beratungen mit dem zukünftigen Benutzer stattgefunden? Konnte der Benutzer glaubwürdig darlegen, dass für die vorgesehene Fertigung eine weitere Betriebsart unausweichlich ist (z. B. aufgrund stark schwankender Toleranzen, Korrektur des Herstellungsverfahrens, Qualitätsprüfung)?

- b) Wurden die Ergebnisse der Beratungen und insbesondere die Gründe für die weitere Betriebsart aufgezeichnet? Bleibt die Nutzung der zusätzlichen Betriebsart gegenüber dem Normalbetrieb auf das notwendige Maß im Rahmen der bestimmungsgemäßen Verwendung beschränkt?
- c) Die bestimmungsgemäße Verwendung des Robotersystems unter Verwendung der zusätzlichen Betriebsart sollte genau festgelegt und in die Technische Dokumentation aufgenommen werden. In der Gefährdungsanalyse und Risikobeurteilung sollte die Sicherheitsstrategie (siehe Abschnitt 4) diese bestimmungsgemäße Verwendung beinhalten. Die besonderen Bedingungen (Mensch nah am Prozess) sind zu berücksichtigen.
- d) Die höchste Priorität bei der Risikominderung hat die Vermeidung von Gefährdungen durch konstruktive Maßnahmen. Wenn dies jedoch nur schwer zu bewerkstelligen ist, sollten insbesondere technische Schutzmaßnahmen zur Risikominderung in Betracht gezogen werden.

Die technischen Maßnahmen sollten einerseits die Risiken mindern, andererseits aber auch die zusätzliche Betriebsart weitestgehend ausschließlich auf das erforderliche Mindestmaß beschränken, um Missbrauch vorzubeugen, z. B. durch:

- 1) sicher reduzierte Begrenzung der maximal notwendigen Geschwindigkeiten und Verfahwege;
  - 2) manueller Neustart von sich bewegenden Teilen nach Stillstand;
  - 3) sichere Abschaltung derjenigen gefahrbringenden Bewegungen und Achsen, die in dieser Betriebsart nicht erforderlich sind;
  - 4) Verhindern von automatischem Werkzeugwechsel;
  - 5) Verhindern von Palettenwechsel;
  - 6) Verhindern, dass Kühlschmierstoff unter Hochdruck verwendet wird;
  - 7) manuelles Bestätigungssignal der Kühlmittelfreigabe (Augenverletzung);
  - 8) leichte Erreichbarkeit von Einrichtungen zum Stillsetzen im Notfall (Not-Halt); und
  - 9) Zugang ausschließlich durch autorisierte Personen, z. B. durch Schlüsselschalter oder Passwort.
- e) Wurde durch die technischen Maßnahmen eine ausreichende Risikominderung erreicht, kann die zusätzliche Betriebsart bereitgestellt werden;
- f) Der iterative Prozess sollte fortgesetzt werden, bis die technischen Maßnahmen ausgeschöpft sind;
- g) Ergibt die Risikobeurteilung, dass das Restrisiko nicht akzeptabel ist, sollte der Integrator prüfen, ob der Benutzer durch zusätzliche Maßnahmen den nötigen Beitrag zur Risikominderung leisten kann, wie:
- 1) besondere Qualifizierung der Mitarbeiter;
  - 2) regelmäßige Unterweisungen (schriftlicher Nachweis);
  - 3) persönliche Schutzausrüstung, z. B. Schutzbrille, Schutzschuhe, Tragen geeigneter Kleidung;
  - 4) Anbringen einer Betriebsanleitung bezüglich der zusätzlichen Betriebsart.
- h) Erhält der Integrator die Information, dass der Benutzer den vorstehend genannten Beitrag nicht leisten kann, so sollte für das Robotersystem keine zusätzliche Betriebsart bereitgestellt werden;
- i) Erhält der Integrator die Information, dass der Benutzer dazu in der Lage ist, durch zusätzliche Maßnahmen einen entsprechenden Beitrag zu leisten, so sollten derartige Maßnahmen in Abstimmung zwischen Integrator und Benutzer dokumentiert und als Anforderung in die Betriebsanleitung aufgenommen werden sowie in Form von Kennzeichnungen oder Warnschildern am Robotersystem kenntlich gemacht werden;
- j) Sämtliche mit der zusätzlichen Betriebsart in Zusammenhang stehenden Informationen sollten in der Betriebsanleitung dokumentiert werden:
- 1) bestimmungsgemäße Verwendung;
  - 2) Vorkehrungen gegen vorhersehbaren Missbrauch;
  - 3) Bedienungs- und Funktionsbeschreibung;
  - 4) durch den Benutzer durchzuführende Maßnahmen entsprechend der Schritte e) und f);
  - 5) sonstige Anforderungen hinsichtlich Instandhaltung und Kontrolle.

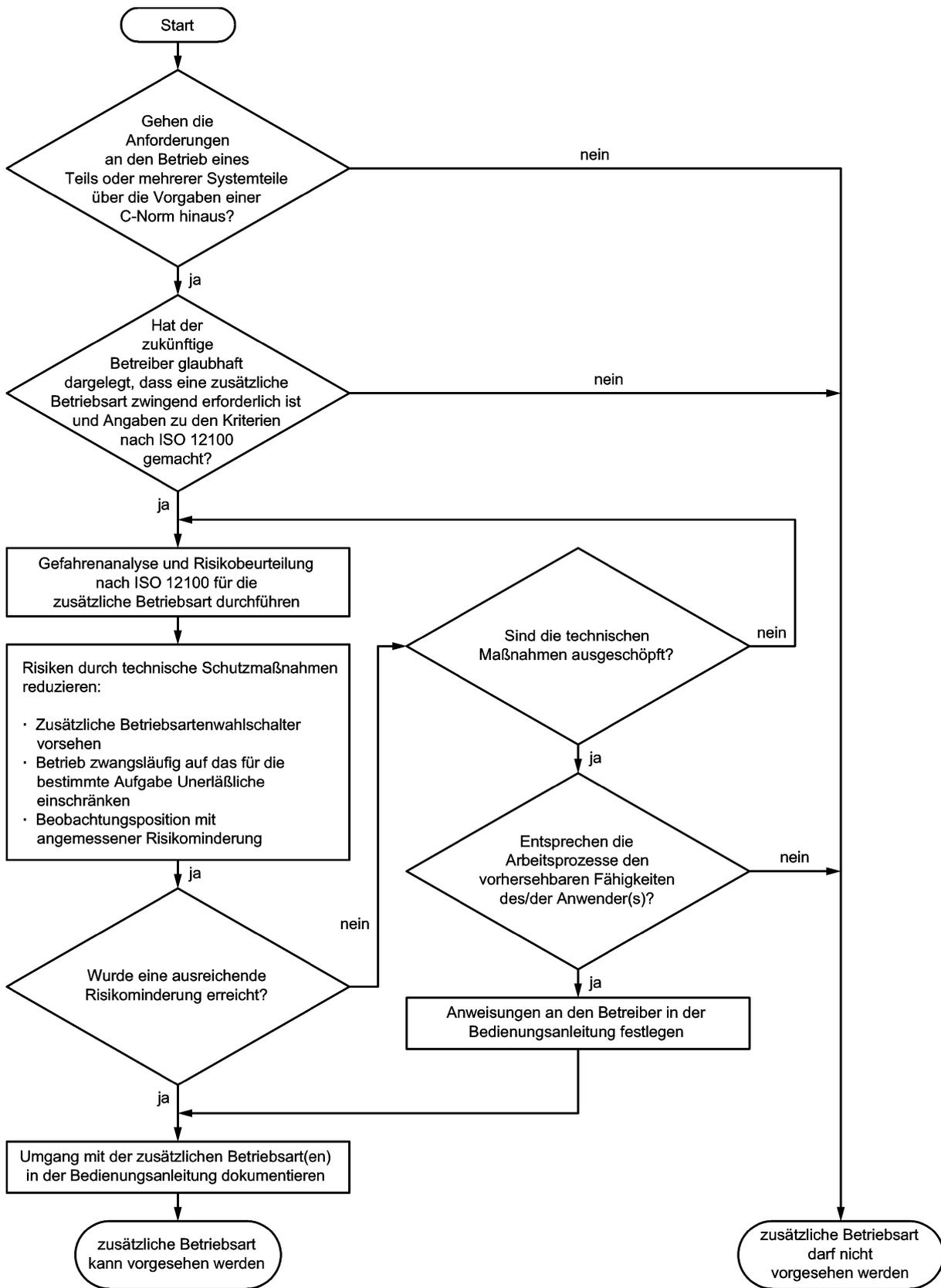


Bild F.1 — Schutzmaßnahmen während der Prozessbeobachtung

## Anhang G (normativ)

### Mittel zur Verifizierung der Sicherheitsanforderungen und Maßnahmen

Tabelle G.1 listet spezifische Leistungsanforderungen auf, die für die Sicherheit eines Roboters als wesentlich erachtet werden und die verifiziert und/oder validiert werden müssen.

Siehe 6.3 bezüglich Anmerkungen für die Anwendung dieser Tabelle.

**Tabelle G.1 — Mittel zur Verifizierung der Sicherheitsanforderungen und Maßnahmen**

Unter- abschnitt	Sicherheitsanforderungen und/oder Maßnahmen	Verifizierungs- und/oder Validierungsmethoden (siehe 6.2)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
<b>5.2</b>	<b>Sicherheitsbezogene Leistungsfähigkeit des Steuerungssystems (Hardware/Software)</b>									
5.2.1	Angabe der Leistungsfähigkeit sowie Angabe der Daten und Kriterien zur Festlegung der Leistungsfähigkeit sind in der Benutzerinformation.	X								X
5.2.2	Die Leistung ist PL=d, Struktur Kategorie 3					X	X			X
5.2.2	Die Leistung ist SIL 2, Hardware-Fehlertoleranz 1, mit Proof-Test-Intervall nicht unter 20 Jahren.					X	X			X
5.2.3	Ergebnisse der Risikobeurteilung werden zur Festlegung der Leistung verwendet.							X		X
<b>5.3</b>	<b>Gestaltung und Einbau</b>									
5.3.1	System auf Grundlage der Bedingungen gestaltet und ausgewählt	X			X					X
5.3.2	Wahl der Betriebsart Automatik muss von außerhalb des geschützten Bereichs erfolgen	X	X			X				
5.3.3	Bedienelemente erfüllen die Anforderungen nach IEC 60204-1	X								
5.3.3	Robotersystem darf auf keine externen ferngesteuerten Befehle oder Zustände ansprechen, die Gefährdungssituationen verursachen.		X		X					
5.3.4	Alle Energiequellen müssen die Anforderungen des Herstellers erfüllen.	X		X		X				X
5.3.4	Türen von elektrischen Einbauräumen müssen so montiert sein, dass sie vollständig geöffnet werden können und Fluchtwege stets erreichbar sind.	X	X	X	X					

Tabelle G.1 (fortgesetzt)

Unter- abschnitt	Sicherheitsanforderungen und/oder Maßnahmen	Verifizierungs- und/oder Validierungsmethoden (siehe 6.2)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
5.3.5	Schutz-Potentialausgleich muss IEC 60204-1 erfüllen.	X		X						
5.3.6	Einrichtungen zur Trennung gefährdender Energie vorgesehen	X	X			X				
5.3.6	Einrichtungen zur Trennung gefährdender Energie müssen klar gekennzeichnet sein.	X								
5.3.7	Einrichtung zum kontrollierten Freisetzen gefährdender Energie muss vorgesehen werden.	X	X			X				
5.3.7	Einrichtung zum kontrollierten Freisetzen gefährdender Energie muss deutlich gekennzeichnet sein.	X								
5.3.8.1	Robotersystem ist mit einem Sicherheitshalt ausgestattet.		X			X				
5.3.8.1	Robotersystem ist mit einem unabhängigem Not-Halt ausgestattet.		X			X				
5.3.8.1	Sicherheitshalt und Not-Halt Einrichtungen müssen über Vorkehrungen für den Anschluss externer Schutzeinrichtungen verfügen.	X				X				
5.3.8.2	Jede Bedienstation, an der eine Roboterbewegung oder andere gefährdende Funktionen ausgelöst werden kann, muss über einen Not-Halt verfügen.	X	X			X				
5.3.8.2	Das Auslösen stoppt alle Roboterbewegungen und andere gefährdende Funktionen in der Zelle.		X			X				
5.3.8.2	Verfügt über Not-Halt für das System oder Wirkungsbereiche der Steuerung für mehrere Funktionen		X			X				
5.3.8.2	Alle Not-Halt Einrichtungen in einem Arbeitsraum haben den gleichen Wirkungsbereich der Steuerung.		X			X				
5.3.8.2	Informationen über den Wirkungsbereich der Steuerung sind in der Benutzerinformation enthalten.	X								X
5.3.8.2	Not-Halt Funktion muss 5.3.8.2 erfüllen		X	X		X				
5.3.8.2	Not-Halt Funktion muss entweder Stoppkategorie 0 oder 1 sein		X			X				X
5.3.8.2	Not-Halt Funktion muss PL = d, Struktur Kat. 3 erfüllen, sofern die Risikobeurteilung keine anderen Leistungskriterien festlegt									X
5.3.8.2	Falls vorgesehen, muss das Not-Halt Ausgangssignal weiterhin in Funktion sein, wenn die Energie vom Robotersystem weggenommen wird, andernfalls muss ein Not-Halt Signal ausgegeben werden		X	X						X

Tabelle G.1 (fortgesetzt)

Unter- abschnitt	Sicherheitsanforderungen und/oder Maßnahmen	Verifizierungs- und/oder Validierungsmethoden (siehe 6.2)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
5.3.11	Die Benutzerinformation enthält Vorgehensweisen zum Freifahren im Notfall.									X
5.3.11	Schilder oder Kennzeichnungen für die Vorgehensweisen zum Freifahren in Notfall sind am Robotersystem befestigt oder es sind Anleitungen hierzu vorhanden.	X								X
5.3.12	Verdeckte Warnzeichen sind durch andere gleichermaßen wirksame Warneinrichtungen ersetzt.	X								X
5.3.13	Das für die Ausführung der Aufgaben benötigte Maß an Beleuchtung wurde ermittelt und in der Benutzerinformation festgelegt.	X		X	X					X
5.3.13	Eingebaute Beleuchtung, die für den Betrieb geeignet ist, ist vorgesehen.	X	X	X	X			X		
5.3.14	Die Integration des Robotersystems berücksichtigt die Gefährdungen durch die Anwendung.	X			X			X		X
5.3.14	Bezüglich der Anforderungen an die Schnittstellen zu anderen Maschinen werden die Hinweise des Herstellers, wie in der Benutzerinformation festgelegt, befolgt.				X	X			X	X
5.3.15	Zusätzliche Zustimmungseinrichtungen sowie deren Einbindung entsprechen ISO 10218-1.		X			X			X	X
5.3.15	Eine ausreichende Anzahl an zusätzlichen Zustimmungseinrichtungen für die zu erwartende Anzahl an Personal innerhalb des geschützten Bereichs ist vorgesehen.	X			X	X		X	X	X
5.3.15	Mehrere Zustimmungseinrichtungen, die mit einer einzelnen Robotersteuerung verbunden sind, haben die gleiche Funktionalität.		X		X		X			X
5.3.15	Zustimmungseinrichtungen sind in den Bereichen der Zelle verriegelt, in denen Personal Gefährdungen durch einen zusätzlichen Roboter oder andere Einrichtungen ausgesetzt ist.		X		X	X	X	X	X	X
5.3.15	Zusätzliche verriegelte Einrichtungen erfordern einen gesonderten Neustart.		X		X	X				X
<b>5.4</b>	<b>Begrenzung der Roboterbewegung</b>									
5.4.2	Der geschützte Bereich ist durch äußere Schutzeinrichtungen festgelegt, unter sorgfältiger Berücksichtigung des Orts und der Anordnung und der dortigen Gefährdungen.	X	X		X			X	X	X
5.4.2	Der eingeschränkte Raum des Roboters ist durch Einrichtungen festgelegt, welche die Bewegung des Roboters, des Endeffektors, der Vorrichtung und des Werkstücks begrenzen.		X	X				X	X	

Tabelle G.1 (fortgesetzt)

Unter- abschnitt	Sicherheitsanforderungen und/oder Maßnahmen	Verifizierungs- und/oder Validierungsmethoden (siehe 6.2)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
5.4.2	Der eingeschränkte Raum liegt innerhalb des geschützten Bereichs.	X	X						X	X
5.4.2	Die äußeren Schutzeinrichtungen sind nicht näher an der Gefährdung angeordnet als der eingeschränkte Raum, es sei denn, die äußere Schutzeinrichtung ist als Begrenzungseinrichtung nach 5.4.3 gestaltet.	X	X				X		X	X
5.4.3	Mechanische Roboterbegrenzungseinrichtungen entsprechen ISO 10218-1.	X	X	X					X	X
5.4.3	Nicht-mechanische Roboterbegrenzungseinrichtungen entsprechen ISO 10218-1.		X				X		X	X
5.4.3	Steuerungssysteme für nicht-mechanische Roboterbegrenzungseinrichtungen entsprechen ISO 10218-1, es sei denn, eine Risikobeurteilung legt eine andere Leistung fest.		X				X	X	X	X
5.4.3	Der Anhalteweg in Verbindung mit der Begrenzungseinrichtung ist in jeder Berechnung des eingeschränkten Raumes berücksichtigt.		X	X					X	X
5.4.3	Die Begrenzungseinrichtungen sind ordnungsgemäß eingestellt und gesichert.	X	X	X			X			X
5.4.3	Werden nicht-mechanische Begrenzungseinrichtungen verwendet, einschließlich sicherheitsbewertete Software zur Achs- und Raumbegrenzung (ISO 10218-1), ist bei der Festlegung des eingeschränkten Raums der Roboter mit tatsächlicher Last zugrunde gelegt.		X	X			X		X	X
5.4.3	Wird die Geschwindigkeit des Roboters durch ein 5.2.2 entsprechendes Überwachungssystem begrenzt, kann der eingeschränkte Raum auf der tatsächlichen Geschwindigkeit basieren. Andernfalls beruht der eingeschränkte Raum auf der maximalen Robotergeschwindigkeit.		X	X			X		X	X
5.4.3	Informationen zu den programmierten sicherheitsbewerteten und räumlichen Begrenzungen sind in der Benutzerinformation enthalten.								X	X
5.4.3	In Fällen, in denen die äußere Schutzeinrichtung als Begrenzungseinrichtung konstruiert ist, werden die Ergebnisse der Risikobeurteilung zur Festlegung der Anforderungen an die Gestaltung, die Festigkeit und die Verformung dieser trennenden Schutzeinrichtung herangezogen.							X	X	X
5.4.4	Dynamische mechanische Begrenzungseinrichtungen können den Roboter unter Nennlast- und Nenndrehzahl anhalten.		X	X	X				X	X

Tabelle G.1 (fortgesetzt)

Unter- abschnitt	Sicherheitsanforderungen und/oder Maßnahmen	Verifizierungs- und/oder Validierungsmethoden (siehe 6.2)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
5.4.4	Sicherheitsbezogene Teile in Verbindung mit dynamischer Begrenzung erfüllen die Leistungsanforderungen von 5.2.					X	X			X
5.4.4	Die Position der dynamischen Begrenzungsbereiche sind in der Benutzerinformation angegeben.						X		X	X
<b>5.5</b>	<b>Anordnung</b>									
5.5.1	Die äußeren Schutzeinrichtungen sind nach 5.10 realisiert.	X	X	X		X	X		X	X
5.5.1	Die Auswahl der Schutzeinrichtungen berücksichtigt die zu erwartende Betriebsbeanspruchung, den Einfluss des zu verarbeitenden Materials und andere relevante externe Einflüsse.	X	X		X				X	X
5.5.1	Sicherheitsabstände bezüglich Über- oder Durchgreifen an mechanischen Abtrennungen entsprechen ISO 13857.	X		X					X	
5.5.1	Mindestabstände zu verriegelten trennenden Schutzeinrichtungen entsprechen ISO 13855.	X		X					X	
5.5.1	Mindestabstände zum Vermeiden des Quetschens entsprechen ISO 13854.	X		X					X	
5.5.2	Mindestabstand (Freiraum) von 500 mm wird in Arbeitsbereichen gewahrt, die die Anwendung von „Manuell mit hoher Geschwindigkeit“ erfordern.	X		X	X				X	X
5.5.2	Falls durchführbar ermöglicht die Anordnung die Durchführung von Aufgaben von außerhalb des geschützten Bereichs.	X							X	X
5.5.2	Sicherer und geeigneter Zugang zu Arbeitspositionen innerhalb des geschützten Bereichs ist vorhanden.	X			X				X	X
5.5.2	Zugänge und Zugangsmittel sind gefahrungsfrei.	X			X				X	X
5.5.2	Dauerhafte Zugangseinrichtung für häufig ausgeführte Tätigkeiten ist vorgesehen	X			X				X	X
5.5.2	Zugangseinrichtung zu elektrischer Ausrüstung ist oberhalb der normalen Reichweite angeordnet	X		X					X	
5.5.2	Zugangseinrichtung zu Einrichtungen zwischen 400 mm und 2 000 mm (gerechnet von der Zugangsebene aus) ist vorgesehen.	X		X					X	X
5.5.2	Arbeitsbühnen, Laufgänge, Treppen, Treppenleitern und feststehende Leitern sind in Übereinstimmung mit ISO 14122 ausgewählt/gestaltet.	X		X					X	X
5.5.2	Technische Schutzmaßnahmen zwischen angrenzenden Zellen sind vorgesehen.	X	X	X	X				X	X
5.5.2	Technische Schutzmaßnahmen für angrenzende Zellen während des Materialflusses sind vorgesehen.	X	X	X	X				X	X

Tabelle G.1 (fortgesetzt)

Unter- abschnitt	Sicherheitsanforderungen und/oder Maßnahmen	Verifizierungs- und/oder Validierungsmethoden (siehe 6.2)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
5.5.3	Personen, die den Gefährdungsbereich betreten, in dem Materialzu- und -abfuhr über den geschützten Bereich erfolgt, werden erkannt.	X	X		X				X	
5.5.3	Schutzmaßnahmen verhindern den Kontakt zu Gefährdungen oder bringen Gefährdungen in einen sicheren Zustand.	X	X		X				X	
5.5.4	Betriebsarten nach 5.6.4.2, 5.6.4.3 oder eine separate Steuerungsart für Prozessbeobachtung innerhalb des geschützten Bereichs sind vorgesehen.		X			X	X	X		X
<b>5.6</b>	<b>Anwendung der Betriebsart des Robotersystems</b>									
5.6.1	Robotersysteme, die nicht für den Betrieb angewählt sind, verbleiben innerhalb der Mehrfachroboterzelle in einem sicheren Zustand.		X		X	X		X	X	
5.6.1	Andere nicht manuell betriebene Roboter innerhalb der Zelle verursachen keine Gefährdung.		X		X	X		X	X	
5.6.2	Unbefugte und/oder unbeabsichtigte Betriebsartenwahl ist verhindert.	X	X			X	X			
5.6.2	Wahleinrichtungen ermöglichen nur die gewählte Betriebsart und nicht den Betrieb.	X	X		X	X	X			
5.6.2	Gesonderte Betätigung zum Ingangsetzen des Roboterbetriebs erforderlich.	X	X		X	X	X			
5.6.2	Eindeutige Anzeige der Betriebsart ist vorhanden.	X	X		X					
5.6.2	Änderung der Betriebsart verursacht keine Gefährdung.		X		X	X	X			
5.6.3.1	Das Betreten des geschützten Bereichs bei Betriebsart Automatik löst einen Sicherheitshalt aus.		X		X	X	X			X
5.6.3.2	Die Auswahl der Betriebsart Automatik überlagert nicht den Zustand des Sicherheitshalts oder des Not-Halts.		X		X	X	X			
5.6.3.2	Die Auswahl der Betriebsart Automatik erfolgt von außerhalb des geschützten Bereichs.	X	X		X	X	X		X	X
5.6.3.2	Das Schalten aus der Betriebsart Automatik löst einen Halt aus.		X		X	X				
5.6.3.3	Einleitung des Automatikbetriebs erfolgt von außerhalb des geschützten Bereichs.		X	X	X	X			X	
5.6.3.3	Auslösen der Betriebsart Automatik ist nur möglich, wenn alle Schutzvorrichtungen aktiviert sind.		X		X	X	X		X	
5.6.3.4	Start und Wiederanlauf sind einfache Bedienvorgänge.	X	X		X					X

Tabelle G.1 (fortgesetzt)

Unter- abschnitt	Sicherheitsanforderungen und/oder Maßnahmen	Verifizierungs- und/oder Validierungsmethoden (siehe 6.2)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
5.6.3.4	Schutzmaßnahmen sind vor dem Start und dem Wiederanlauf in Funktion.	X	X			X	X			X
5.6.3.4	Sicherheitsbezogene Steuerungsfunktion entsprechen 5.2.2.					X	X	X		X
5.6.3.4	Manuell betätigte Verriegelungen für Start und Wiederanlauf sind vorgesehen.		X			X	X			
5.6.3.4	Personal ist vor Start und Wiederanlauf geschützt, während es sich im geschützten Bereich aufhält.	X	X		X	X	X		X	X
5.6.3.4.	Manuell betätigte Bedienelemente für Start und Wiederanlauf können nicht von innerhalb des geschützten Bereichs aktiviert werden.	X	X		X	X			X	X
5.6.3.4	Funktionale Sicherheits- und Schutzmaßnahmen, die sicherstellen, dass sich niemand vor Start und Wiederanlauf im geschützten Bereich aufhält, sind vorgesehen.		X		X	X	X			X
5.6.3.4	Signal zur Anwesenheitsdetektion oder audiovisuelles Warnsignal vor dem Start ist vorgesehen, falls erforderlich.		X		X	X	X	X		
5.6.3.4	Zugängliche Not-Halt-Einrichtungen innerhalb des geschützten Bereichs sind vorgesehen.	X							X	X
5.6.4.1	Lokale Steuerung während manuellen Eingreifens mit Handbediengerät.	X				X	X		X	X
5.6.4.1	Die Position der Steuerungseinrichtungen ermöglicht die Beobachtung des Arbeitsbereiches.	X			X				X	
5.6.4.1	Neben jeder Steuerungseinrichtung zum Starten ist eine Steuerungseinrichtung zum Stillsetzen platziert	X			X	X			X	X
5.6.4.1	Steuerung von anderen Quellen während lokaler Steuerung verhindert.		X			X	X			X
5.6.4.2	Einstellung des Werkzeugarbeitspunkts (TCP) unter Verwendung der Offset-Funktion ist ausgeführt.		X	X			X		X	X
5.6.4.2	Maximale Geschwindigkeit des TCP unter 250 mm/s.		X	X	X		X			X
5.6.4.2	Festlegung, ob langsamere Geschwindigkeit erforderlich ist.							X		
5.6.4.2	Funktionstüchtige Zustimmungseinrichtung für Bewegung erforderlich.		X		X	X	X			X
5.6.4.3	Anforderungen von ISO 10218-1 und von Handbediengeräten erfüllt.	X	X							X
5.6.4.3	Benutzerinformation enthält Funktionsprüfung von Zustimmungseinrichtung.									X
5.6.5	Fernsteuerungen nur in manueller Betriebsart möglich		X		X		X	X		X

Tabelle G.1 (fortgesetzt)

Unter- abschnitt	Sicherheitsanforderungen und/oder Maßnahmen	Verifizierungs- und/oder Validierungsmethoden (siehe 6.2)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
5.6.5	Während Fernsteuerung ist nur eine Bedienstation gleichzeitig aktiv.		X		X		X			X
5.6.5	Kein Überlagern der lokalen Auswahl oder Verursachen gefährdender Zustände aufgrund Fernsteuerung.		X		X		X			X
5.6.5	Das Aktivieren der Fernsteuerungsfunktion ist nur von der lokalen Steuerung aus möglich.		X		X		X			X
5.6.5	Es liegen Beschränkungen vor für die ferngesteuerte Veränderung der Parameter der sicherheitsbewerteten Software zur Achs- und Raumbegrenzung.		X				X			X
5.6.5	Eine Anzeige der aktivierten Fernsteuerung ist vorhanden.	X	X			X				X
5.6.5	Fernsteuerung ist in der Betriebsart „Manuell mit hoher Geschwindigkeit“ verhindert.		X			X				X
5.6.5	Benutzerinformation enthält Anforderungen für manuell ferngesteuertes Eingreifen							X		X
<b>5.7</b>	<b>Handbediengeräte</b>									
5.7.1	Handbediengeräte, die innerhalb des geschützten Bereichs verwendet werden, entsprechen ISO 10218-1	X	X			X	X			X
5.7.1	Not-Halt-Funktion am Handbediengerät erfüllt 5.3.8.2.	X	X	X		X			X	X
5.7.1	Handbediengeräte mit Kabel haben ausreichende Kabellänge und Haltbarkeit.	X	X	X					X	X
5.7.1	Lagermöglichkeit für Handbediengerät vorgesehen, um Schäden zu verhindern.	X			X	X		X	X	X
5.7.2	Kabellose oder absteckbare Handbedien-geräte erfüllen die Anforderungen in ISO 10218-1.	X	X		X	X				X
5.7.2	Not-Halt-Einrichtung und Zustimmungseinrichtung entsprechen ISO 10218-1.	X	X		X	X				X
5.7.2	Unbeabsichtigte Steuerung ist vermieden.	X	X		X	X	X			X
5.7.2	Kabelloses Handbediengerät ist nicht gleichzeitig mit mehr als einem Robotersystem verbunden.	X	X		X	X	X			X
5.7.2	Signalverlust verursacht einen Halt und eine bewusste Handlung für den Wiederanlauf.		X		X	X				X
5.7.2	Trennung und Lagerung erfüllen die Anforderungen.	X	X		X	X			X	X
5.7.2	Ausschließliche Bedienung von einer Bedienstation ist vorgesehen.		X		X		X			X

Tabelle G.1 (fortgesetzt)

Unter- abschnitt	Sicherheitsanforderungen und/oder Maßnahmen	Verifizierungs- und/oder Validierungsmethoden (siehe 6.2)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
5.7.3	Handbediengeräte für mehrere Roboter verfügen über eine Anzeige, welche Roboter gesteuert werden.	X	X						X	
5.7.3	Alle ausgewählten Roboter befinden sich in der gleichen Betriebsart.	X	X			X	X			X
5.7.3	Nicht ausgewählte Roboter stellen keine Gefährdung dar.		X		X	X			X	X
5.7.4	Handgeführte Steuerungselemente erfüllen die Anforderungen der ISO 10218-1.	X	X			X	X	X		X
<b>5.8</b>	<b>Instandhaltung und Reparatur</b>									
5.8.1	Inspektions- und Instandhaltungsverfahren sind vorgesehen und berücksichtigen die Herstellerempfehlungen und ermöglichen einen dauerhaften sicheren Betrieb.	X			X			X	X	X
5.8.1	Die Benutzerinformation enthält Anforderungen für periodische Funktionsprüfungen der sicherheitsbezogenen Ausrüstungsteile.	X							X	X
5.8.2	System ist für sicheren Zugang für Instandhaltung gestaltet	X	X					X	X	X
5.8.2	System verfügt über Einrichtungen zur Begrenzung gefährdender Energie mit Details zur Anwendung in der Benutzerinformation	X	X		X	X			X	X
5.8.2	System verfügt über angemessene alternative Schutzeinrichtungen für Aufgaben, die ohne Energietrennung durchgeführt werden	X	X		X	X		X	X	X
5.8.3	Die trennenden Schutzeinrichtungen haben ausreichende Größe für leichten Zugang.	X	X	X					X	X
5.8.3	Feststehende trennende Schutzeinrichtungen, die für gelegentliche Instandhaltungs- und Wartungsaufgaben vorgesehen sind, können nur mit Hilfe eines Werkzeugs entfernt werden.	X	X							X
5.8.3	Punkte, die häufigen Zugang erfordern, sind durch nichttrennende Schutzeinrichtungen geschützt, vorzugsweise bewegliche trennende Schutzeinrichtungen. Bewegliche trennende Schutzeinrichtungen lösen keinen Startbefehl aus, wenn sie die Schutzstellung erreichen.	X	X			X		X	X	X
5.8.3	Zusätzliche Schutzmaßnahmen sind vorgesehen, wenn es möglich ist, im geschützten Bereich zu bleiben, während die bewegliche trennende Schutzeinrichtung geschlossen ist.	X	X			X	X	X	X	X

Tabelle G.1 (fortgesetzt)

Unter- abschnitt	Sicherheitsanforderungen und/oder Maßnahmen	Verifizierungs- und/oder Validierungsmethoden (siehe 6.2)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
5.8.3	Eine Einrichtung zur Anwesenheitsdetektion, die in Verbindung mit einer Wiederanlaufsperrung verwendet wird, erfüllt mindestens die Anforderungen von Typ 2 von IEC 61496-1.	X	X			X	X	X		X
<b>5.9</b>	<b>Schnittstelle des integrierten Fertigungssystems (IMS)</b>									
5.9.1	Die Risikobeurteilung und Integration des Systems berücksichtigen Gefährdungen, die von anderer Ausrüstung im geschützten Bereich ausgehen.	X						X	X	X
5.9.2	IMS verfügt über eine Not-Halt Funktion, die auf alle betreffenden Teile der Maschine (Anlage) wirkt.	X	X		X	X			X	X
5.9.2	Not-Halt entspricht 5.3.8.2.	X	X			X			X	X
5.9.2	Benutzerinformation enthält Informationen über den Wirkungsbereich der Steuerung jeder Not-Halt Einrichtung.									X
5.9.3	Sicherheitsbezogene Steuerungsschnittstellen zwischen IMS und Roboter entsprechen 5.2.2.					X	X		X	X
5.9.3	Sicherheitskreise wirken auf gefährdende Bewegungen innerhalb eines Bereichs sowie an den Schnittstellen zu angrenzenden Bereichen.	X	X		X	X	X		X	X
5.9.4	Dem Steuerungssystem des IMS wird die Auswahl der lokalen Steuerung angezeigt.		X			X				X
5.9.4	Die lokale Steuerung kann nicht vom IMS überlagert werden.		X			X	X			
5.9.4	Funktionen Not-Halt und Sicherheitshalt bleiben während lokaler Steuerung funktionstüchtig.		X		X	X	X			
5.9.4	Die Einrichtung zur Aktivierung der lokalen Steuerung befindet sich in unmittelbarer Nähe der zu steuernden Elemente.	X			X				X	X
5.9.4	Die Deaktivierung der lokalen Steuerung löst keine Gefährdungssituationen von innerhalb des geschützten Bereichs aus.	X	X		X	X			X	X
5.9.4	Kann die Deaktivierung innerhalb des geschützten Bereichs erfolgen, ist eine separate Bestätigung von außerhalb der Zelle erforderlich.		X		X	X			X	X
5.9.5	Zusätzliche Zustimmungseinrichtungen entsprechen 5.3.15		X			X	X			X
5.9.5	Zustimmungseinrichtung ist durchgängig mit den Bereichen des IMS verriegelt.		X		X	X	X		X	X
5.9.6	Die Betriebsartenwahl entspricht ISO 10218-1.		X			X	X			X
5.9.7	IMS ist für sichere manuelle Eingriffe gestaltet, einschließlich Zoneneinteilung, falls erforderlich	X	X		X	X		X	X	X

Tabelle G.1 (fortgesetzt)

Unter- abschnitt	Sicherheitsanforderungen und/oder Maßnahmen	Verifizierungs- und/oder Validierungsmethoden (siehe 6.2)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
5.9.7	Die Integration des Robotersystems in einen Arbeitsbereich entspricht ISO 11161.					X			X	X
<b>5.10</b>	<b>Technische Schutzmaßnahmen</b>									
5.10.1	Trennende und nichttrennende Schutzeinrichtungen entsprechen den Anforderungen von ISO 12100.									X
5.10.2	Die Auswahl der äußeren Schutzeinrichtungen berücksichtigt alle Gefährdungen und Aufgaben.	X			X			X	X	
5.10.3.1	Schutzeinrichtungen sind fest eingebaut und ordnungsgemäß platziert.	X		X	X				X	
5.10.3.2	Feststehende und bewegliche trennende Schutzeinrichtungen erfüllen die Anforderungen von ISO 14120.			X		X			X	
5.10.3.2	Der Mindestabstand zu einer Gefährdung der feststehenden und trennenden Schutzeinrichtungen ist gemäß den entsprechenden Anforderungen der ISO 13857 festgelegt.			X		X			X	
5.10.3.2	Wird der Zugang mittels trennender Schutzeinrichtungen verhindert, wird ISO 13857 zur Festlegung des Mindestsicherheitsabstands angewendet.			X		X			X	
5.10.3.3	Schutzeinrichtungen mit Anwesenheitsdetektion ,die den Start oder Wiederanlauf verhindern, entsprechen 5.10.5.3.	X	X		X				X	X
5.10.3.4	Schutzeinrichtungen mit Anwesenheitsdetektion zum Vorsehen eines Freiraumes entsprechen 5.10.5.3.	X	X		X				X	X
5.10.4.1	Alle trennenden Schutzeinrichtungen erfüllen die zutreffenden Anforderungen von ISO 12100 und ISO 14120.	X								X
5.10.4.1	Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen erfüllen die zutreffenden Anforderungen.	X	X			X				X
5.10.4.1	Feststehende trennende Schutzeinrichtungen erfordern Werkzeuge für ihre Demontage.	X	X							
5.10.4.1	Falls erforderlich, sind an den trennenden Schutzeinrichtungen oder den Maschinen Befestigungssysteme für deren Demontage angebracht.	X	X							
5.10.4.1	Die äußeren Schutzeinrichtungen sind nicht näher an der Gefährdung installiert als der eingeschränkte Raum (Ausnahmen, siehe 5.10.4).	X		X				X	X	X

Tabelle G.1 (fortgesetzt)

Unterabschnitt	Sicherheitsanforderungen und/oder Maßnahmen	Verifizierungs- und/oder Validierungsmethoden (siehe 6.2)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
5.10.4.2	Der Zwischenraum zwischen der Unterkante der trennenden Schutzeinrichtung und dem Boden oder einem anderen Zwischenraum in der trennenden Schutzeinrichtungen ermöglicht es einer Person nicht, über die trennende Schutzeinrichtung, darunter, herum oder hindurch zu greifen und die Gefährdung zu erreichen.			X	X				X	
5.10.4.2	Die Höhe der trennenden Schutzeinrichtung beträgt mindestens 1 400 mm.			X						
5.10.4.3	Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen erfüllen die entsprechenden Anforderungen.		X			X				X
5.10.4.3	Bewegliche trennende Schutzeinrichtungen schützen in ihrer geschlossenen Position Bediener davor, in Gefährdungsbereiche zu gelangen.	X			X				X	
5.10.4.3	Bewegliche trennende Schutzeinrichtungen öffnen sich seitlich oder weg von der Gefährdung und nicht in Richtung des geschützten Bereichs.	X	X						X	
5.10.4.3	Eine Verriegelung ist vorgesehen, um alle Gefährdungen in einen sicheren Zustand zu bringen, bevor eine Bedienperson Zugang zur Gefährdung erlangen kann.		X		X					
5.10.4.3	Bewegliche trennende Schutzeinrichtungen sind ordnungsgemäß positioniert (siehe auch 5.10.3.2).			X					X	X
5.10.4.3	Bewegliche trennende Schutzeinrichtungen, die angewendet werden, um beim Schließen einen Start auszulösen (steuernde trennende Schutzeinrichtung) erfüllen die zutreffenden Anforderungen.		X			X				X
5.10.4.3	Die Verriegelungsfunktion der beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen erreicht mindestens die Anforderungen von 5.2.2.					X				X
5.10.4.3	Die Stellteile für die Rückstellung der beweglichen trennenden Schutzeinrichtung entsprechen 5.6.3.4.		X			X				X
5.10.4.4	Falls erforderlich, ist zusätzlich zur Steuerungsverriegelung eine Zuhaltung vorgesehen.		X			X				X
5.10.4.4	Die Zuhaltung entspricht 5.10.4.4 a) und b).		X		X					X
5.10.4.4	Prozessparameter zur Anwendung als Bedingung für das Zuhalten und Entsperren, erfüllen die gleichen funktionalen Sicherheitsanforderungen wie die Verriegelungsfunktion.		X			X	X	X		X
5.10.4.5	Der geschützte Bereich verfügt über eine Einrichtung, die verhindert, dass eine Person darin eingeschlossen werden kann.		X						X	X

Tabelle G.1 (fortgesetzt)

Unter- abschnitt	Sicherheitsanforderungen und/oder Maßnahmen	Verifizierungs- und/oder Validierungsmethoden (siehe 6.2)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
5.10.5.1	Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen und druckempfindliche Schutzeinrichtungen erfüllen die zutreffenden Anforderungen.									X
5.10.5.2	Sensitive Schutzeinrichtungen zur Einleitung eines Sicherheitshalts sind ordnungsgemäß positioniert.			X					X	X
5.10.5.2	Sensitive Schutzeinrichtung ist fest eingebaut und so platziert, dass die Bedienperson den Detektionsbereich nicht umgehen kann.	X	X	X					X	
5.10.5.2	Ein Sicherheitshalt wird eingeleitet, wenn die sensitive Schutzeinrichtung während des Ablaufs gefährdender Maschinenfunktionen ausgelöst wird.		X			X	X			X
5.10.5.2	Nach einer Betätigung lösen die gefährdenden Maschinenfunktionen, welche durch die sensitiven Schutzeinrichtungen abgesichert werden, keine gefährdenden Bewegungen oder Situationen aus, bis die sensitive Schutzeinrichtung zurückgestellt ist		X			X	X			
5.10.5.2	Die Rückstellung der sensitiven Schutzeinrichtungen allein löst keine gefährdenden Maschinenfunktionen aus.		X			X				
5.10.5.2	Die Formel für den Mindestsicherheitsabstand wird angewendet, um den Mindestabstand der sensitiven Schutz-einrichtungen für alle Zugangsrichtungen festzulegen, unter Anwendung der maximalen Reichweite (Auslenkung) der beweglichen Teile in Zugangsrichtung.			X						X
5.10.5.2	Kann die Bedienperson teilweise im geschützten Bereich verbleiben, sind zusätzliche Maßnahmen getroffen, um Gefährdungssituationen zu vermeiden.		X			X	X		X	
5.10.5.2	Ist es möglich, dass ein Bediener aus der Position des Stellteils für die Rückstellung nicht erkannt wird, sind ergänzende Schutzmaßnahmen getroffen, um die Rückstellung der Wiederanlaufsperr zu verhindern		X			X	X		X	
5.10.5.2	Die Rückstellung der Wiederanlaufsperr erfordert eine bewusste Handlung einer Person.		X							
5.10.5.3	Sensitive Schutzeinrichtungen zur Anwesenheitsdetektion zur Verhinderung eines Starts werden in Verbindung mit anderen Schutzmaßnahmen verwendet.		X			X	X		X	
5.10.5.3	Einrichtungen zur Anwesenheitsdetektion sind so angeordnet und konfiguriert, dass eine Person oder Teile einer Person im gesamten Detektionsbereich erkannt wird. bzw. erkannt werden.	X	X						X	

Tabelle G.1 (fortgesetzt)

Unter- abschnitt	Sicherheitsanforderungen und/oder Maßnahmen	Verifizierungs- und/oder Validierungsmethoden (siehe 6.2)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
5.10.5.3	Falls notwendig, sind ergänzende Maßnahmen getroffen, um sicherzustellen, dass der Detektionsbereich nicht umgangen werden kann	X	X		X				X	
5.10.6.1	Es sind Maßnahmen vorgesehen, die sicherstellen, dass Bediener keinen weiteren Gefährdungen ausgesetzt sind, aufgrund des Betriebs manueller Stationen der Materialhandhabung.	X			X					
5.10.6.1	Es sind Maßnahmen getroffen, die verhindern, dass die Bedienperson anwendungsbedingten Gefährdungen ausgesetzt ist.	X	X		X	X			X	X
5.10.6.2	Es sind Maßnahmen getroffen um die Bedienperson vor Gefährdungen durch Bewegungen der manuellen Stationen zu schützen.	X	X		X				X	X
5.10.6.2	Der Zwischenraum zwischen einer beweglichen Station und festen Elementen überschreitet nicht 120 mm.			X					X	
5.10.6.3	Wird Anwesenheitsdetektion zur Erkennung der Bedienperson im gemeinsamen Arbeitsraum verwendet, deckt der Detektionsbereich der Einrichtung den gesamten Bereich des gemeinsamen Arbeitsraums ab.		X	X		X			X	
5.10.6.3	Ist in einem gemeinsamen Arbeitsraum eine Wiederanlaufsperrung vorgesehen, sind Maßnahmen vorgesehen, die das unbeabsichtigte Rückstellen der Wiederanlaufsperrung verhindern.	X	X			X				
5.10.6.3	Wird eine manuelle Rückstellung in einem gemeinsamen Arbeitsraum vorgesehen, ist der gesamte gemeinsame Arbeitsraum von der Rückstelleneinrichtung aus einsehbar. Falls dies nicht möglich ist, sind andere Maßnahmen getroffen.	X	X			X			X	X
5.10.7	Öffnungen für die Materialzu- und abführung haben die erforderlichen Mindestabmessungen.	X	X	X					X	
5.10.7	Quetsch- und Schergefahren zwischen dem Material und den Seiten der Öffnungen sind verhindert.	X	X						X	
5.10.7	Der Zugang zur Gefährdung ist verhindert oder wird erkannt.	X	X			X		X	X	
5.10.7	Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen ermöglichen den Durchfluss des Materials entweder durch eine Mutingfunktion oder einen Wechsel des Schutzbereiches (z. B. Blanking)	X	X	X	X	X			X	X
5.10.7	Die Mutingfunktion erfüllt die Anforderungen von ISO 13849-1.					X				X

Tabelle G.1 (fortgesetzt)

Unter- abschnitt	Sicherheitsanforderungen und/oder Maßnahmen	Verifizierungs- und/oder Validierungsmethoden (siehe 6.2)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
5.10.7	Das funktionale Sicherheitsniveau für das Muting und den Wechsel des Schutzbereiches (z. B. Blanking) entspricht mindestens dem gleichen Niveau wie das für die funktionale Sicherheit, das in der Risikobeurteilung für die berührungslos wirkende Schutzeinrichtung festgelegt ist					X		X		X
5.10.8	Es sind Maßnahmen vorgesehen, die den Zugang der Bedienperson verhindern oder die Gefährdungen innerhalb angrenzender Zellen zum Stillstand bringen.	X	X		X			X	X	
5.10.8	Feststehende trennende Schutzeinrichtungen, die verwendet werden, um den Zugang zu Gefährdungen in angrenzenden Zellen zu verhindern, haben eine Mindesthöhe von 1 400 mm.			X					X	
5.10.8	Die Auswahl geeigneter Maßnahmen außer feststehenden trennenden Schutzeinrichtungen erfolgt nach 4.5.							X	X	X
5.10.8	Maßnahmen, die für Produktionsabläufe unterdrückt werden, erfüllen das funktionale Sicherheitsniveau, das in der Risikobeurteilung festgelegt ist.		X			X	X	X		X
5.10.9	Endeffektoren und Werkzeugwechselsysteme sind so gestaltet und gebaut, dass der Verlust oder die Wiederherstellung der Energieversorgung nicht zu einer Gefährdung führt.	X	X			X		X		X
5.10.9	Die Gestaltung des Werkzeugwechselsystems stellt sicher, dass eine Fehlanwendung nicht zu einer Gefährdungssituation führt.	X	X			X		X		X
5.10.9	Der Werkzeugwechsel ist nur in der Werkzeugwechselposition möglich.		X			X	X		X	
5.10.9	Das Werkzeugwechselsystem hält den zu erwartenden statischen und dynamischen Anforderungen stand.		X	X				X		X
5.10.10	Das Muting ist auf unbedingt notwendige Prozesse beschränkt.	X			X	X	X	X	X	X
5.10.10	Eine Person kann nicht unerkannt im Gefährdungsbereich bleiben, wenn das Muting abgeschlossen ist.		X					X	X	
5.10.10	Die Mutingfunktion wird automatisch eingeleitet und beendet, vorausgesetzt die Mutingbedingungen sind ordnungsgemäß.		X		X	X	X			
5.10.10	Die Mutingfunktion erreicht ein gleichwertiges Niveau an Sicherheitsleistung, wie die dem Muting unterzogene Schutzfunktion.		X			X	X	X		X

Tabelle G.1 (fortgesetzt)

Unter- abschnitt	Sicherheitsanforderungen und/oder Maßnahmen	Verifizierungs- und/oder Validierungsmethoden (siehe 6.2)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
5.10.10	Das Leistungsniveau der Mutingfunktion wirkt sich nicht nachteilig auf das Leistungsniveau der Schutzfunktion aus.		X			X	X	X		X
5.10.10	Im Falle des Ausfalls der Mutingfunktion ist ein nachfolgendes Muting so lange verhindert, bis der Ausfall behoben ist.		X			X	X			
5.10.10	Die Beschreibung von Einrichtungen für das Muting, des Orts, der Bereiche und der Funktionalität sind in der Benutzerinformation enthalten.								X	X
5.10.11	Aufgaben, die ein Außerkraftsetzen von Schutzeinrichtungen erfordern, verfügen über eine hierfür zugeordnete Betriebsart.	X	X			X	X	X		X
5.10.11	Die Auswahl der Betriebsart erfolgt anhand sicherbarer Mittel.	X	X			X	X			X
5.10.11	Werden Schutzeinrichtungen automatisch außer Kraft gesetzt, sind die Anforderungen von 5.10.11 a) bis f) erfüllt.	X	X		X	X				X
5.10.11	Werden Schutzeinrichtungen automatisch außer Kraft gesetzt, befinden sich die für die Aufgaben nicht benötigten Einrichtungen in einem Sicherheitshalt oder unter direkter Steuerung durch die Bedienperson.		X		X			X	X	
5.10.11	Die Benutzerinformation enthält Angaben in Bezug auf kritische Situationen, in denen es erforderlich ist, Schutzeinrichtungen manuell außer Kraft zu setzen.									X
<b>5.11</b>	<b>Kollaborierende Roboter</b>									
5.11.1	Benutzerinformation enthält Beschreibung über erforderliche Schutzeinrichtungen und Betriebsartenwahl.									X
5.11.2	Der Integrator hat eine Risikobeurteilung durchgeführt, die den gesamten Kollaborationsraum berücksichtigt [siehe 5.11.2 a)].							X	X	X
5.11.2	Roboter in Kollaborationsraum erfüllen die Anforderungen von ISO 10218-1.					X	X		X	X
5.11.2	Nichttrennende Schutzeinrichtung(en), die für die Anwesenheitserkennung verwendet wird (werden), erfüllt (erfüllen) die Anforderungen nach 5.2.2.					X	X			X
5.11.2	Zusätzliche nichttrennende Schutzeinrichtung(en) im Kollaborationsraum erfüllt (erfüllen) die Anforderungen nach 5.2					X	X			X

Tabelle G.1 (fortgesetzt)

Unter- abschnitt	Sicherheitsanforderungen und/oder Maßnahmen	Verifizierungs- und/oder Validierungsmethoden (siehe 6.2)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
5.11.2	Technische Schutzmaßnahmen sind so konstruiert und eingebaut, dass sie die fortschreitende Annäherung einer Person in die Zelle verhindern oder erkennen (über den Kollaborationsraum hinaus).	X	X		X			X	X	
5.11.2	Roboter stoppt und Gefährdungen enden beim Eindringen in den geschützten Bereich über den Kollaborationsraum hinaus.		X		X				X	
5.11.2	Die äußeren Schutzeinrichtungen verhindern oder erkennen den Zugang von Personen in den Teil des geschützten Bereichs, der nicht für den kollaborierenden Betrieb vorgesehen ist.	X	X		X				X	
5.11.2	Andere angeschlossenen Maschinen innerhalb des Kollaborationsraumes mit sicherheitsbezogenen Funktionen erfüllen 5.2.2, sofern die Risikobeurteilung nichts anderes vorsieht.					X	X	X		X
5.11.3	Kollaborationsraum, in dem der Mensch unmittelbar mit dem Roboter zusammenwirkt, ist klar festgelegt (z. B. Kennzeichnung am Boden, Schilder usw.).	X			X				X	
5.11.3	Roboterparameter in Verbindung mit nichttrennenden Schutzeinrichtungen erfüllen 5.2.2.		X			X	X			X
5.11.3	Sind am kollaborierenden Betrieb mehrere Personen beteiligt, ist jede Person mit Steuerungselementen geschützt, die 5.2.2 erfüllen.	X	X			X	X	X		
5.11.3	Der Kollaborationsraum ermöglicht die leichte Ausführung von Tätigkeiten.	X	X		X			X		X
5.11.3	Die Position der Ausrüstung bringt keine zusätzlichen Gefährdungen mit sich.	X			X			X	X	
5.11.3	Es sind zusätzliche Schutzmaßnahmen vorhanden, die vor Fang- oder Quetschgefahren in Bereichen schützen, in denen weniger als 500 mm Freiraum ist.	X	X	X				X	X	X
5.11.4	Der Wechsel vom autonomen Betrieb zum Kollaborationsbetrieb und zurück gefährdet keine Personen.	X	X		X	X	X	X	X	X
5.11.5.1	Geeignete(s) Sicherheitsmerkmale(e) für den kollaborierenden Roboterbetrieb ist (sind) ausgewählt.							X		X
5.11.5.1	Erkannter Ausfall der ausgewählten Sicherheitsmerkmale führt zu einem Sicherheitshalt nach 5.3.8.3.		X			X	X	X		X
5.11.5.1	Bei Auftreten eines erkannten Ausfalls darf der autonome Betrieb nur nach einer bewussten Handlung zum Neustart von außerhalb des Kollaborationsraums wiederaufgenommen werden.		X		X	X	X		X	

Tabelle G.1 (fortgesetzt)

Unter- abschnitt	Sicherheitsanforderungen und/oder Maßnahmen	Verifizierungs- und/oder Validierungsmethoden (siehe 6.2)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
5.11.5.2	Kommt die Technik eines sicherheitsbewerteten überwachten Halts zur Anwendung, stoppt die Roboterbewegung sobald eine Person den Kollaborationsraum betritt und behält einen sicherheitsbewerteten überwachten Halt bei.		X		X	X		X	X	
5.11.5.3	Erreicht der Roboter bei Handführung die Übergabeposition, wird ein sicherheitsbewerteter überwachter Halt nach ISO 10218-1 ausgegeben.		X		X	X	X			X
5.11.5.3	Die Einrichtung zur Handführung erfüllt die Anforderungen von ISO 10218.		X			X	X			X
5.11.5.3	Bei Handführung besteht klare Sicht auf den gesamten Kollaborationsraum.	X			X				X	
5.11.5.3	Wenn die Bedienperson die Einrichtung zur Handführung freigibt, wird ein sicherheitsbewerteter überwachter Halt nach ISO 10218-1 ausgelöst.		X		X	X	X			X
5.11.5.4	Kommt die Technik der Geschwindigkeits- und Positionsüberwachung zum Einsatz, erfüllen die Roboter im Kollaborationsraum die Anforderungen von ISO 10218-1.					X	X		X	X
5.11.5.4	Parameter sind anhand der Risikobeurteilung festgelegt und Hinweise werden durch ISO/TS 15066 gegeben.							X	X	X
5.11.5.5	Kommt die Technologie der Leistungs- und Kraftbegrenzung zum Einsatz, erfüllen die Roboter im Kollaborationsraum die Anforderungen von ISO 10218-1.					X	X		X	X
5.11.5.5	Parameter sind anhand der Risikobeurteilung festgelegt und Hinweise werden durch ISO/TS 15066 gegeben.							X	X	X
<b>5.12</b>	<b>Das in Betrieb nehmen von Robotersystemen</b>									
5.12.1	Das Konzept für das in Betrieb nehmen enthält Informationen zu Schutzmaßnahmen (vorläufige Schutzeinrichtungen), die während des in Betriebnehmens benötigt werden.	X						X	X	X
5.12.2	Vorläufige Schutzeinrichtungen schützen gegen Gefährdungen, die in der Risikobeurteilung ermittelt wurden.	X	X					X	X	X
5.12.2	Es sind zumindest Warnschranken eingebaut, um den eingeschränkten Raum zu bestimmen.	X							X	
5.12.2	Die vorläufigen Schutzeinrichtungen sind in der Benutzerinformation bezeichnet.	X								X
5.12.3	Der Plan für das Verfahren des erstmaligen Ingangsetzens enthält mindestens die in 5.12.3 aufgelisteten Punkte.									X

## Anhang ZA (informativ)

### Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 2006/42/EG

Diese Europäische Norm wurde im Rahmen eines Mandates, das dem CEN von der Europäischen Kommission und der Europäischen Freihandelszone erteilt wurde, erarbeitet, um ein Mittel zur Erfüllung der grundlegenden Anforderungen der Richtlinie nach der neuen Konzeption für Maschinen 2006/42/EG bereitzustellen.

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

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

## Literaturhinweise

- [1] ISO 8373:1994, *Manipulating industrial robots — Vocabulary*
- [2] ISO 13849-2, *Safety of machinery — Safety related parts of control systems — Part 2: Validation*
- [3] ISO 13851, *Safety of machinery — Two-hand control devices — Functional aspects and design principles*
- [4] ISO 14123-1, *Safety of machinery — Reduction of risks to health from hazardous substances emitted by machinery — Part 1: Principles and specifications for machinery manufacturers*
- [5] ISO 14123-2, *Safety of machinery — Reduction of risks to health from hazardous substances emitted by machinery — Part 2: Methodology leading to verification procedures*
- [6] ISO 14159, *Safety of machinery — Hygiene requirements for the design of machinery*
- [7] ISO 14738, *Safety of machinery — Anthropometric requirements for the design of workstations at machinery*
- [8] ISO/TS 15066<sup>1)</sup>, *Robots and robotic devices — Safety requirements — Industrial collaborative workspace*
- [9] ISO 19353, *Safety of machinery — Fire prevention and protection*
- [10] ISO/TR 23849, *Guidance on the application of ISO 13849-1 and IEC 62061 in the design of safety-related control systems for machinery*
- [11] IEC 60204 (all parts), *Safety of machinery — Electrical equipment of machines*
- [12] IEC 60364-7-729, *Low voltage electrical installations — Part 7-729: Requirements for special installations or locations — Operating or maintenance gangways*
- [13] IEC 61496-2, *Safety of machinery — Electro-sensitive protective equipment — Part 2: Particular requirements for equipment using active opto-electronic protective devices (AOPDs)*
- [14] IEC 61496-3, *Safety of machinery — Electro-sensitive protective equipment — Part 3: Particular requirements for Active Opto-electronic Protective Devices responsive to Diffuse Reflection (AOPDDR)*
- [15] IEC 61496-4, *Safety of machinery — Electro-sensitive protective equipment — Part 4: Particular requirements for equipment using vision based protective devices (VBPD)*
- [16] IEC 62079, *Preparation of instructions — Structuring, content and presentation*
- [17] EN 563, *Sicherheit von Maschinen — Temperaturen berührbarer Oberflächen — Ergonomische Daten zur Festlegung von Temperaturgrenzwerten für heiße Oberflächen*
- [18] EN 1093 (alle Teile), *Sicherheit von Maschinen — Bewertung der Emission von luftgetragenen Gefahrstoffen*

---

1) In Erarbeitung

- [19] EN 1127-1, *Explosionsfähige Atmosphären — Explosionsschutz — Teil 1: Grundlagen und Methodik*
- [20] EN 1127-2, *Explosionsfähige Atmosphären — Explosionsschutz — Teil 2: Grundlagen und Methodik in Bergwerken*
- [21] EN 1837, *Sicherheit von Maschinen — Maschinenintegrierte Beleuchtung*
- [22] EN 12198 (alle Teile), *Sicherheit von Maschinen — Bewertung und Verminderung des Risikos der von Maschinen emittierten Strahlung*
- [23] 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*
- [24] BGI/DGUV, *study — Procedural Guideline for the Arrangement of Workplaces with Collaborative Robots*