

DIN EN ISO 10218-2

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*

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 Ingangsetzen	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 Ingangsetzen.....	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 Prüfmethoden,

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.

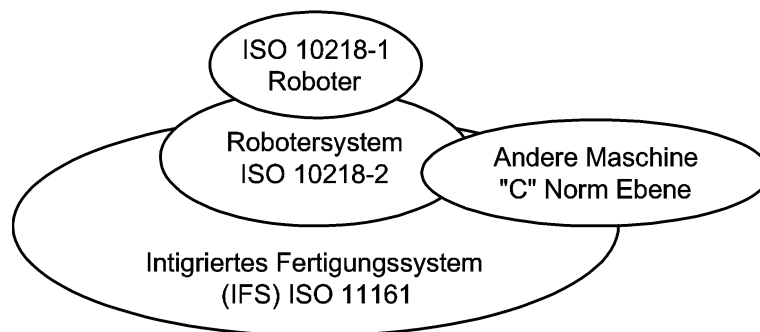


Bild 1 — Grafische Darstellung des Zusammenhangs zwischen relevanten Normen für Robotersysteme/-zellen

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 prozess-bedingten 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) absperrenbar 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

eingeschränkter 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. Beschießungsposition). 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 sicherheitsbewerteter 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 sensibler 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, Roboterschaltzchränke), 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 Bedienhöhe 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