

**DIN EN ISO 10218-1**

ICS 25.040.30

Ersatz für  
DIN EN ISO 10218-1:2009-07**Industrieroboter –  
Sicherheitsanforderungen –  
Teil 1: Roboter (ISO 10218-1:2011);  
Deutsche Fassung EN ISO 10218-1:2011**

Robots and robotic devices –  
Safety requirements for industrial robots –  
Part 1: Robots (ISO 10218-1:2011);  
German version EN ISO 10218-1:2011

Robots et dispositifs robotiques –  
Exigences de sécurité pour les robots industriels –  
Partie 1: Robots (ISO 10218-1:2011);  
Version allemande EN ISO 10218-1:2011

Gesamtumfang 55 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 10218-1:2011.

Die nationalen Interessen bei der Erarbeitung wurden vom Ausschuss NA 060-30-02 AA „Roboter und Robotikgeräte“ im Fachbereich „Automation und Integration“ des Normenausschusses Maschinenbau (NAM) im DIN wahrgenommen. Vertreter der Hersteller 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 in diesem Dokument 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.

## **Änderungen**

Gegenüber DIN EN ISO 10218-1:2009-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Überarbeitung der technischen Inhalte (ISO-lead) vor dem Hintergrund der Anpassungen der Sicherheitsanforderungen an die neue EU-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG;
- b) Anpassungskorrekturen (ISO-lead), die durch die zwischenzeitliche Erarbeitung des Teils 2 der ISO 10218 notwendig wurden.

## **Frühere Ausgaben**

DIN EN 775: 1993-08

DIN EN ISO 10218-1: 2007-02, 2009-07

DIN EN ISO 10218-1: Berichtigung 1:2007-08

Deutsche Fassung

Industrieroboter —  
Sicherheitsanforderungen —  
Teil 1: Roboter (ISO 10218-1:2011)

Robots and robotic devices —  
Safety requirements for industrial robots —  
Part 1: Robots (ISO 10218-1:2011)

Robots et dispositifs robotiques —  
Exigences de sécurité pour les robots industriels —  
Partie 1: Robots (ISO 10218-1:2011)

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 .....	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich .....	6
2 Normative Verweisungen.....	6
3 Begriffe .....	6
4 Identifizierung der Gefährdungen und Risikobeurteilung.....	11
5 Gestaltungsanforderungen und Schutzmaßnahmen.....	12
5.1 Allgemeines.....	12
5.2 Allgemeine Anforderungen.....	12
5.2.1 Kraftübertragungskomponenten.....	12
5.2.2 Energieausfall oder Energieschwankung .....	12
5.2.3 Fehlfunktion von Bauteilen.....	12
5.2.4 Energiequellen .....	13
5.2.5 Gespeicherte Energie.....	13
5.2.6 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) .....	13
5.2.7 Elektrische Ausrüstung .....	13
5.3 Stellteile .....	13
5.3.1 Allgemeines.....	13
5.3.2 Schutz gegen unbeabsichtigte Betätigung.....	13
5.3.3 Zustandsanzeige.....	13
5.3.4 Kennzeichnung .....	13
5.3.5 single point point of control (ausschließliches Bedienen von einer Bedienstation aus) .....	13
5.4 Sicherheitsbezogene Leistungsfähigkeit des Steuerungssystems (Hardware/Software).....	14
5.4.1 Allgemeines.....	14
5.4.2 Leistungsanforderung.....	14
5.4.3 Andere Leistungskriterien des Steuerungssystems.....	15
5.5 Stoppfunktionen des Roboters .....	15
5.5.1 Allgemeines.....	15
5.5.2 Not-Halt.....	15
5.5.3 Sicherheitshalt .....	16
5.6 Steuerung der Geschwindigkeit.....	16
5.7 Betriebsarten.....	17
5.7.1 Auswahl .....	17
5.7.2 Betriebsart Automatik .....	17
5.7.3 Betriebsart „Manuell mit reduzierter Geschwindigkeit“ .....	17
5.7.4 Betriebsart „Manuell mit hoher Geschwindigkeit“.....	18
5.8 Handbediengeräte.....	18
5.8.1 Allgemeines.....	18
5.8.2 Bewegungssteuerung .....	19
5.8.3 Zustimmungseinrichtung.....	19
5.8.4 Not-Halt Funktion am Handbediengerät.....	20
5.8.5 Auslösen des Automatikbetriebs.....	20
5.8.6 Kabellose oder abnehmbare Programmierhandgeräte.....	20
5.8.7 Steuerung mehrerer Roboter.....	20
5.9 Steuerung simultaner Bewegung.....	20
5.9.1 Bedienen über ein einziges Programmierhandgerät .....	20
5.9.2 Konstruktive Sicherheitsanforderungen .....	20
5.10 Anforderungen an den kollaborierenden Betrieb.....	21
5.10.1 Allgemeines.....	21
5.10.2 Sicherheitsbewerteter überwachter Halt.....	21

5.10.3	Handführung .....	21
5.10.4	Geschwindigkeits- und Abstandsüberwachung .....	21
5.10.5	Leistungs- und Kraftbegrenzung durch inhärente Konstruktion oder Steuerung .....	22
5.11	Schutz bei Singularität.....	22
5.12	Achsbegrenzung .....	22
5.12.1	Allgemeines .....	22
5.12.2	Mechanische und elektro-mechanische Achsbegrenzungseinrichtungen .....	23
5.12.3	Sicherheitsbewertete Software zur Achs- und Raumbegrenzung .....	23
5.12.4	Dynamische Begrenzungseinrichtungen.....	24
5.13	Bewegung ohne Antriebsenergie .....	24
5.14	Vorkehrungen zum Anheben.....	24
5.15	Elektrische Steckverbindungen .....	24
6	Verifizierung und Validierung von Sicherheitsanforderungen und Schutzmaßnahmen .....	25
6.1	Allgemeines .....	25
6.2	Methoden zur Verifizierung und Validierung .....	25
6.3	Erforderliche Verifizierung und Validierung .....	25
7	Benutzerinformation .....	26
7.1	Allgemeines .....	26
7.2	Betriebsanleitung .....	26
7.3	Kennzeichnung.....	28
<b>Anhang A (informativ) Liste signifikanter Gefährdungen .....</b>		<b>29</b>
<b>Anhang B (normativ) Anhaltezeit und Anhalteweg .....</b>		<b>35</b>
<b>Anhang C (informativ) Funktionsweise einer dreistufigen Zustimmungseinrichtung.....</b>		<b>37</b>
<b>Anhang D (informativ) Optionale Eigenschaften .....</b>		<b>38</b>
D.1	Allgemeines .....	38
D.2	Not-Halt Ausgangsfunktionen.....	38
D.3	Merkmale von Zustimmungseinrichtungen .....	38
D.4	Betriebsartenwahl .....	38
D.5	Antikollisionserkennung.....	38
D.6	Erhalt der Bahngenauigkeit bei allen Geschwindigkeiten .....	39
D.7	Sicherheitsbewertete Software zur Achs- und Raumbegrenzung .....	39
D.8	Messung des Stoppvermögens .....	39
<b>Anhang E (informativ) Methoden zur Kennzeichnung .....</b>		<b>40</b>
<b>Anhang F (normativ) Mittel zur Verifizierung der Sicherheitsanforderungen und Maßnahmen .....</b>		<b>41</b>
<b>Literaturhinweise .....</b>		<b>52</b>
<b>Anhang ZA (informative) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 2006/42/EG .....</b>		<b>53</b>

## **Vorwort**

Dieses Dokument (EN ISO 10218-1:2011) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 184 „Automation systems and integration“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 310 „Advanced automation technologies and integration“ 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 2013, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Januar 2013 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.

Dieses Dokument ersetzt ENISO 10218-1:2008.

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

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinien siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

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 10218-1:2011 wurde vom CEN als EN ISO 10218-1:2011 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

## Einleitung

ISO 10218 wurde aufgrund der von Industrierobotern und Industrierobotersystemen ausgehenden spezifischen Gefährdungen erarbeitet.

Dieser Teil der ISO 10218 ist eine Typ C-Norm, wie in ISO 12100 dargelegt.

Unterscheiden sich Festlegungen einer Typ C-Norm von denen in Typ A- oder Typ B-Normen, so ist den Festlegungen der Typ C-Norm Vorrang vor Festlegungen aus anderen Normen für Maschinen zu geben, die nach den Festlegungen der Typ C-Norm konstruiert und gebaut worden sind.

Die betreffenden Maschinen sowie der Umfang, in dem Gefährdungen, Gefährdungssituationen und -ereignisse behandelt werden, sind im Anwendungsbereich dieses Teils der ISO 10218 angegeben.

Obwohl die mit Robotern verbundenen Gefährdungen hinlänglich bekannt sind, sind deren Ursachen oftmals systemspezifisch. Anzahl und 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 seinem Zweck sowie der Art und Weise, in der er installiert, programmiert, betrieben und gewartet wird.

**ANMERKUNG** Nicht alle in ISO 10218 beschriebenen Gefährdungen treffen auf jeden Roboter zu. Auch das Risikoniveau in Verbindung mit einer gegebenen Gefährdungssituation ist nicht für jeden Roboter gleich. Demzufolge können die Sicherheitsanforderungen und/oder Schutzmaßnahmen von den Festlegungen in ISO 10218 abweichen. Zur Bestimmung der dafür geeigneten Schutzmaßnahmen kann eine Risikobeurteilung durchgeführt werden.

In Anbetracht der sich aus den verschiedenen Anwendungen der Industrieroboter ergebenden veränderlichen Gefährdungsarten ist die ISO 10218 in zwei Teile gegliedert; Dieser Teil der ISO 10218 gibt eine Anleitung, wie die Sicherheit bei der Gestaltung und dem Bau des Roboters sichergestellt werden kann. Da die Sicherheit bei der Anwendung von Industrierobotern von der Gestaltung und Anwendung der individuellen Integration des Robotersystems beeinflusst wird, gibt ISO 10218-2 Anleitungen für den Schutz des Personals während der Roboterintegration, des Einbaus, der Funktionsprüfung, des Programmierens, des Betriebs, der Instandhaltung und der Reparatur.

Dieser Teil der ISO 10218 wurde auf der Basis von Erfahrungen aktualisiert, die bei der Entwicklung der ISO 10218-2 in Bezug auf Anforderungen an das System und die Integration gewonnen wurden, um sicherzustellen, dass er weiterhin mit den Mindestanforderungen einer harmonisierten Typ C-Norm für Industrieroboter in Einklang steht. Überarbeitete technische Anforderungen schließen ein, sind aber nicht beschränkt auf die Definition und die Anforderungen an Singularitäten, technische Schutzmaßnahmen für Gefährdungen durch Kraftübertragungsteile. Anforderungen bei Energieverlust, die sicherheitsbezogene Leistungsfähigkeit von Steuerkreisen, die Ergänzung einer Stoppfunktion der Kategorie 2, Betriebsartenwahl, Anforderungen an die Leistungs- und Kraftbegrenzung, Kennzeichnung und aktualisierte Metrik und Eigenschaften von Anhaltezeit und -weg.

Dieser Teil der ISO 10218 gilt nicht für Roboter, die vor dessen Veröffentlichung hergestellt wurden.

## 1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der ISO 10218 legt Anforderungen und Anleitungen für die inhärent sichere Konstruktion, für Schutzmaßnahmen und die Benutzerinformation für Industrieroboter fest. Sie beschreibt grundlegende Gefährdungen in Verbindung mit Robotern und stellt Anforderungen, um die mit diesen Gefährdungen verbundenen Risiken zu beseitigen oder hinreichend zu verringern.

Dieser Teil der ISO 10218 betrachtet den Roboter nicht als vollständige Maschine. Lärmemission wird im Allgemeinen nicht als signifikante Gefährdung, die vom Roboter allein ausgeht, betrachtet; daher ist Lärm aus dem Anwendungsbereich dieses Teils der ISO 10218 ausgeschlossen. .

Dieser Teil der ISO 10218 Norm gilt nicht für Roboter außerhalb des industriellen Bereichs, obwohl die in ISO 10218 festgelegten Sicherheitsgrundsätze auch auf diese anderen Roboter angewendet werden können.

ANMERKUNG 1 Beispiele für nicht-industrielle Anwendungen von Robotern, die jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben, sind: Unterwasser-, Militär- und Raumfahrtroboter, fernbediente Manipulatoren, Prothesen und andere Hilfsmittel für Menschen mit körperlicher Behinderung, Mikroroboter (Verfahrweg unter 1 mm), Chirurgie und Gesundheitsvorsorge und Dienstleistungs- oder Konsumprodukte.

ANMERKUNG 2 Anforderungen an Robotersysteme, die Integration und den Einbau werden in ISO 10218-2 behandelt.

ANMERKUNG 3 Durch spezielle Anwendungen können zusätzliche Gefährdungen verursacht werden (z. B. Schweißen, Laserstrahlschneiden, spanabhebende Bearbeitung). Diese systembezogenen Gefährdungen sind bei der Robotergestaltung zu beachten.

## 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 9283:1998, *Manipulating industrial robots — Performance criteria and related test methods*

ISO 10218-2, *Robots and robotic devices — Safety requirements for industrial robots — Part 2: Robot systems and integration*

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*

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

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

## 3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 12100 sowie die folgenden Begriffe.

### 3.1

#### Stellteil

mechanisches Element innerhalb einer Steuereinrichtung

BEISPIEL Ein Stößel, der Kontakte öffnet.

### 3.2

#### Betriebsart Automatik

Betriebsart, in der die Steuerung des Roboters in Übereinstimmung mit dem Anwenderprogramm arbeitet

[ISO 8373:1994, Definition 5.3.8.1]

### 3.3

#### **Arbeiten im Automatikbetrieb**

Zustand, in dem der Roboter seine programmierte Aufgabe wie vorgesehen ausführt

ANMERKUNG nach ISO 8373:1994, Definition 5.5]

### 3.4

#### **Kollaborierender Betrieb**

Zustand, in dem hierfür konstruierte Roboter innerhalb eines festgelegten Arbeitsraums direkt mit dem Menschen zusammenarbeiten

### 3.5

#### **Kollaborationsraum**

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

### 3.6

#### **Antriebsenergie**

Energiequelle oder -quellen für die Roboterantriebe

### 3.7

#### **Endeffektor**

Vorrichtung, die speziell zum Anbringen an die mechanische Schnittstelle konzipiert ist, mit der der Roboter seine Aufgabe erfüllt

BEISPIEL Greifer, Schrauber, Schweißzange, Spritzpistole.

[ISO 8373:1994, Definition 3.11]

### 3.8

#### **Energiequelle**

elektrische, mechanische, hydraulische, pneumatische, chemische, thermische, potentielle, kinetische oder andere Energiequelle

### 3.9

#### **Gefährdende Bewegung**

Bewegung, die voraussichtlich zu Verletzungen oder Gesundheitsschädigungen bei Personen führen kann

### 3.10

#### **Industrieroboter**

Automatisch gesteuerter, frei programmierbarer Mehrzweck-Manipulator, der in drei oder mehr Achsen programmierbar ist und zur Verwendung in der Automatisierungstechnik entweder an einem festen Ort oder beweglich angeordnet sein kann.

ANMERKUNG 1 Der Industrieroboter umfasst:

- den Manipulator (einschließlich Aktuatoren)
- das Steuergerät einschließlich Programmierhandgerät sowie jede Kommunikationsschnittstelle (Hardware und Software)

ANMERKUNG 2 Dies gilt für alle integrierten Zusatzachsen .

ANMERKUNG 3 Für die Anwendung dieses Teils der ISO 10218 werden die folgenden Geräte als Industrieroboter betrachtet:

- handgeführte Roboter
- die manipulierenden Teile von mobilen Robotern
- kollaborierende Roboter

ANMERKUNG 4 nach ISO 8373:1994, Definition 2.6

### 3.11

#### **Industrierobotersystem**

System bestehend aus

- Industrieroboter
- Endeffektor(en)
- allen Maschinen, Einrichtungen, Geräten, externen Hilfsachsen oder Sensoren, die den Roboter bei der Ausführung seiner Aufgabe unterstützen

ANMERKUNG 1 Die Anforderungen an das Robotersystem einschließlich derer zur Beherrschung der Gefährdungen sind in ISO 10218-2 enthalten.

ANMERKUNG 2 nach ISO 8373:1994, Definition 2.14

### 3.12

#### **Begrenzungseinrichtung**

Mittel, das den maximalen Raum beschränkt, entweder durch Stillsetzen oder durch Auslösen eines Halts aller Roboterbewegungen

### 3.13

#### **Lokale Steuerung**

Zustand des Systems oder von Teilen des Systems, in dem die Bedienung nur vom Steuerpult oder dem Handbediengerät der einzelnen Maschinen aus erfolgt

### 3.14

#### **Manuelle Betriebsart**

Steuerungszustand, der die direkte Steuerung durch eine Bedienperson ermöglicht

ANMERKUNG 1 Gelegentlich auch als „Betriebsart Teachen“ bezeichnet, wenn Programmpunkte eingestellt sind

ANMERKUNG 2 nach ISO 8373:1994, Definition 5.3.8.2

### 3.15

#### **Handbediengerät, Programmierhandgerät**

in der Hand gehaltenes Gerät, das mit der Steuerung verbunden ist und mit dem ein Roboter programmiert oder bewegt werden kann

[ISO 8373:1994, Definition 5.8]

### 3.16

#### **Programm**

##### 3.16.1

#### **Steuerungsprogramm**

inhärenter Satz von Befehlen, der die Fähigkeiten, Aktionen und Reaktionen eines Robotersystems definiert

ANMERKUNG Dieses Programm ist festgelegt und wird normalerweise vom Anwender nicht verändert.

[ISO 8373:1994, Definition 5.1.2]

##### 3.16.2

#### **Anwenderprogramm**

Befehlsfolge für Bewegungs- und Hilfsfunktionen, welche die spezifisch beabsichtigte Aufgabe des Robotersystems festlegt

ANMERKUNG 1 Dieser Programmtyp wird normalerweise vom Anwender entwickelt.

ANMERKUNG 2 Eine Anwendung ist ein übergeordnetes Arbeitsgebiet; eine Aufgabe ist spezifisch innerhalb der Anwendung.

[ISO 8373:1994, Definition 5.1.1]

### 3.16.3

#### **Programmüberprüfung**

Ausführen des Anwenderprogramms zur Bestätigung der Roboterbahn und der Prozessausführung

ANMERKUNG Die Überprüfung kann die gesamte Bahn umfassen, die vom Werkzeugarbeitspunkt (TCP) bei Ausführung eines Anwenderprogramms zurückgelegt wird, oder einen Teil davon. Die Befehle können in Einzelschritten oder als laufende Befehlsfolge abgearbeitet werden. Die Überprüfung wird bei neuen Anwendungen und bei der Feineinstellung bestehender Anwendungen eingesetzt.

### 3.17

#### **Sicherheitshalt**

Art der Unterbrechung des Arbeitsablaufs zu sicherheitstechnischen Zwecken, bei der die Programmdateien erhalten bleiben und die Fortsetzung des Programms an der unterbrochenen Stelle möglich ist

### 3.18

#### **Roboterantrieb**

angetriebener Mechanismus, der elektrische, hydraulische oder pneumatische Energie in Bewegung umwandelt

### 3.19

#### **Sicherheitsbewertet**

gekennzeichnet durch vorgegebene Sicherheitsfunktion mit einer bestimmten sicherheitsbezogenen Leistungsfähigkeit

#### 3.19.1

##### **Sicherheitsbewertete überwachte Geschwindigkeit**

sicherheitsbewertete Funktion, die einen Sicherheitshalt auslöst, wenn entweder die kartesische Geschwindigkeit eines Punktes, bezogen auf den Roboterflansch (z. B. der Werkzeugarbeitspunkt TCP) oder die Geschwindigkeit einer oder mehrerer Achsen einen festgelegten Grenzwert überschreitet

#### 3.19.2

##### **Sicherheitsbewertete reduzierte Geschwindigkeit**

Funktion zur sicherheitsbewerteten überwachten Geschwindigkeit, welche die Geschwindigkeit des Roboters auf 250 mm/s oder weniger begrenzt

ANMERKUNG 1 Der Grenzwert für die sicherheitsbewertete reduzierte Geschwindigkeit ist nicht notwendigerweise der in der Steuerungsfunktion eingestellte Wert für reduzierte Geschwindigkeit.

ANMERKUNG 2 Der Unterschied zwischen sicherheitsbewerteter überwachter Geschwindigkeit und sicherheitsbewerteter reduzierter Geschwindigkeit besteht darin, dass die Grenze der sicherheitsbewerteten überwachten Geschwindigkeit auf Geschwindigkeiten über 250 mm/s eingestellt werden kann.

#### 3.19.3

##### **Sicherheitsbewertete Software zur Achs- und Raumbegrenzung, sicherheitsbewertete Softwarebegrenzung**

Begrenzung, die im Bewegungsbereich des Roboters anhand eines auf Software oder Firmware basierenden Systems eingerichtet ist, die über eine festgelegte und ausreichende sicherheitsbezogene Leistungsfähigkeit verfügt

ANMERKUNG Die sicherheitsbewertete Softwarebegrenzung kann der Punkt sein, an dem ein Halt eingeleitet wird oder durch den sichergestellt werden kann, dass sich der Roboter nicht über seine Begrenzungen hinaus bewegt.

#### 3.19.4

##### **Sicherheitsbewerteter Ausgang**

Ausgangssignal mit festgelegter und ausreichender sicherheitsbezogener Leistungsfähigkeit

### 3.19.5

#### **Sicherheitsbewerteter Bereichsausgang**

ein sicherheitsbewerteter Ausgang, der den Zustand der Roboterposition im Verhältnis zur sicherheitsbewerteten Softwarebegrenzung anzeigt

ANMERKUNG Beispielsweise kann die Roboterposition innerhalb oder außerhalb des softwarebegrenzten Bereichs sein.

### 3.19.6

#### **Sicherheitsbewerteter überwachter Halt**

Zustand, in dem der Roboter bei eingeschalteter Antriebsenergie stillgesetzt ist, während ein Überwachungssystem mit einer festgelegten ausreichenden sicherheitsbezogenen Leistungsfähigkeit sicherstellt, dass der Roboter sich nicht bewegt.

### 3.20

#### **Simultane Bewegung**

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

BEISPIEL 1 Ein Programmierhandgerät ist ein Beispiel für eine einzelne Bedienstation.

BEISPIEL 2 Die Koordination kann im Master/Slave-Prinzip erfolgen.

### 3.21

#### **single point of control (ausschließliches Bedienen von einer Bedienstation aus)**

Die Fähigkeit, den Roboter so zu bedienen, dass das Auslösen der Roboterbewegung nur von einer Bedienstation aus möglich ist. Diese darf nicht von einer anderen Bedienstation überlagert werden.

### 3.22

#### **Singularität**

Situation, bei welcher der Rang der Transformationsmatrix (Jakobi-Matrix) geringer wird als die volle Rangzahl

ANMERKUNG Mathematisch kann in einer singulären Konfiguration die Achsgeschwindigkeit in gemeinsamen Raum unendlich werden, um die kartesische Geschwindigkeit aufrecht zu erhalten. Beim realen Betrieb können Bewegungen, die im kartesischen Raum definiert sind und nahe an Singularitäten verlaufen, hohe Achsgeschwindigkeiten hervorrufen. Diese hohen Geschwindigkeiten können für den Bediener unerwartet sein.

### 3.23

#### **Reduzierte Geschwindigkeit**

Betriebsart der Roboterbewegungssteuerung, in der die Geschwindigkeit auf 250 mm/s oder weniger begrenzt ist

ANMERKUNG Die reduzierte Geschwindigkeit soll Personen genügend Zeit geben, sich entweder von der gefährdenden Bewegung zurückzuziehen oder den Roboter anzuhalten.

### 3.24

#### **Raum**

dreidimensionaler Raum

#### 3.24.1

##### **Maximaler Raum**

Raum, der von beweglichen Teilen des Roboters erreicht werden kann, wie vom Hersteller definiert, und zusätzlich der Raum, der vom Endeffektor und dem Werkstück erreicht werden kann

[ISO 8373:1994, Definition 4.8.1]

### 3.24.2

#### **Eingeschränkter Raum**

Teil des maximalen Raumes, der mit Begrenzungseinrichtungen eingeschränkt ist, welche die nicht überschreitbaren Grenzen sicherstellen

[nach ISO 8373:1994, Definition 4.8.2]

### 3.24.3

#### **Geschützter Bereich**

der durch die äußeren technischen Schutzeinrichtungen begrenzte Raum

### 3.25

#### **Teachen**

Handeingabeprogrammierung, Aufgabenprogrammierung

Programmierung der Aufgabe ausgeführt durch:

- a) manuelle Führung am Endeffektor des Roboters oder
- b) manuelle Führung eines mechanischen Simulators oder
- c) Benutzung eines Programmierhandgeräts, um den Roboter schrittweise durch die gewünschten Positionen zu führen

ANMERKUNG nach ISO 8373:1994, Definition 5.2.3]

### 3.26

#### **Werkzeugarbeitspunkt (TCP)**

für eine vorgegebene Anwendung definierter Punkt mit Bezug auf das Koordinatensystem der mechanischen Schnittstelle

[ISO 8373:1994, Definition 4.9]

### 3.27

#### **Anwender**

Betreiber, der Roboter verwendet und für das im Roboterbetrieb eingesetzte Personal verantwortlich ist

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

Anhang A enthält eine Liste von Gefährdungen, die bei Robotern auftreten können. Zur Identifizierung weiterer möglicher Gefährdungen muss eine Analyse durchgeführt werden.

Für die identifizierten Gefährdungen muss eine Risikobeurteilung durchgeführt werden. Diese Risikobeurteilung muss insbesondere berücksichtigen:

- a) den bestimmungsgemäßen Betrieb des Roboters einschließlich Programmieren (Teachen), Instandhaltung, Einrichten und Reinigen
- b) den unerwarteten Anlauf
- c) den Zugang/Zutritt von Personen aus allen Richtungen
- d) die vernünftigerweise vorhersehbare Fehlanwendung des Roboters
- e) die Auswirkung eines Ausfalls im Steuerungssystem und
- f) wo erforderlich, die mit der speziellen Roboteranwendung verbundenen Gefährdungen

Risiken müssen zuerst konstruktiv oder durch Substitution beseitigt oder verringert werden, danach durch technische Schutzmaßnahmen und andere ergänzende Maßnahmen. Alle verbleibenden Risiken müssen dann durch andere Maßnahmen (z. B. durch Warnhinweise, Sicherheitskennzeichnungen, Schulung) verringert werden.

Die in Abschnitt 5 enthaltenen Anforderungen leiten sich vom iterativen Prozess ab, der aus der Anwendung von technischen Schutzmaßnahmen besteht, die in ISO 12100 beschrieben sind. Diese sind auf die in Anhang A identifizierten Gefährdungen anzuwenden.

ANMERKUNG 1 ISO 12100 gibt Anforderungen und Anleitungen zur Durchführung der Identifizierung der Gefährdungen und der Risikominderung.

ANMERKUNG 2 Anforderungen an die Identifizierung der Gefährdungen und die Risikobeurteilung für Robotersysteme, Integration und Einbau werden in ISO 10218-2 behandelt.

## **5 Gestaltungsanforderungen und Schutzmaßnahmen**

### **5.1 Allgemeines**

Der Roboter muss nach den Grundsätzen von ISO 12100 hinsichtlich relevanter Gefährdungen konstruiert sein. Signifikante Gefährdungen, wie z. B. scharfe Kanten, werden in diesem Teil der ISO 10218 nicht behandelt.

Roboter müssen so konstruiert und ausgeführt sein, dass sie die Anforderungen von 5.2 bis 5.15 erfüllen.

### **5.2 Allgemeine Anforderungen**

#### **5.2.1 Kraftübertragungskomponenten**

Die Gefährdungen durch Bauteile, wie z. B. Motorwellen, Getriebe, Antriebsriemen oder Gestänge, die nicht durch eingebaute Abdeckungen geschützt sind (z. B. Getriebedeckel) müssen entweder durch fest stehende oder bewegliche trennende Schutzeinrichtungen verhindert sein. Die Befestigungssysteme der fest stehenden trennenden Schutzeinrichtungen, die für routinemäßige Instandhaltungsarbeiten entfernt werden, müssen mit der Maschine oder der trennenden Schutzeinrichtung verbunden bleiben. Bewegliche trennende Schutzeinrichtungen müssen so mit den gefährdenden Bewegungen verriegelt sein, dass die gefährdenden Maschinenfunktionen stillgesetzt werden, bevor die Gefahrenstellen erreicht werden können. Die sicherheitsbezogene Leistungsfähigkeit der Steuerung eines Verriegelungssystems muss den Anforderungen von 5.4 entsprechen.

#### **5.2.2 Energieausfall oder Energieschwankung**

Energieausfall oder Energieschwankungen dürfen nicht zu einer Gefährdung führen.

Das Wiedereinschalten der Energie darf nicht zu einer Bewegung führen.

Roboter müssen so konstruiert und ausgeführt sein, dass ein Verlust oder eine Veränderung der elektrischen, hydraulischen, pneumatischen oder Vakuumenergie nicht zu einer Gefährdung führt. Bestehen Gefährdungen, gegen die nicht durch die Konstruktion geschützt werden kann, müssen andere Schutzmaßnahmen getroffen werden, um gegen diese Gefährdungen zu schützen. Ungeschützte Gefährdungen, die sich aus der zu erwartenden Verwendung ergeben, müssen in der Benutzerinformation angegeben werden.

ANMERKUNG Siehe IEC 60204-1 bezüglich Anforderungen an die Energieversorgung.

#### **5.2.3 Fehlfunktion von Bauteilen**

Roboterbauteile müssen so gestaltet, ausgeführt, gesichert oder gekapselt sein, dass Gefährdungen, die durch Bruch oder Lösen oder Freisetzen von gespeicherter Energie verursacht werden, auf ein Mindestmaß begrenzt werden.

#### **5.2.4 Energiequellen**

Es muss eine Einrichtung vorgesehen sein, die den Roboter von allen gefährlichen Energiequellen trennt. Diese Einrichtung muss in der Trennstellung (energieloser Zustand) absperrbar sein oder anderweitig gesichert werden können

#### **5.2.5 Gespeicherte Energie**

Es muss eine Einrichtung zum kontrollierten Freisetzen gespeicherter gefährdender Energie vorgesehen werden. Eine Kennzeichnung der Gefährdung durch gespeicherte Energie muss angebracht werden.

ANMERKUNG Gespeicherte Energie kann in Druckluft- und Flüssigkeitsdruckspeichern, Kondensatoren, Batterien, Federn, Gegengewichten und Schwungrädern, usw. vorhanden sein.

#### **5.2.6 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)**

Der Roboter muss so konstruiert und ausgeführt sein, dass gefährdende Bewegungen oder Situationen aufgrund der zu erwartenden Auswirkungen einer elektromagnetischen Störung (EMI), einer Funkfrequenzstörung (RFI) und einer elektrostatischen Entladung (ESD) verhindert sind.

ANMERKUNG Siehe IEC 61000 bezüglich Informationen zur Gestaltung

#### **5.2.7 Elektrische Ausrüstung**

Die elektrische Ausrüstung des Roboters muss entsprechend den zutreffenden Anforderungen der IEC 60204-1 konstruiert und ausgeführt sein.

### **5.3 Stellteile**

#### **5.3.1 Allgemeines**

Stellteile, die Energie oder Bewegung auslösen, müssen so konstruiert und gebaut sein, dass sie die Leistungskriterien in 5.3.2 bis 5.3.5 erfüllen.

#### **5.3.2 Schutz gegen unbeabsichtigte Betätigung**

Stellteile müssen so konstruiert oder angeordnet sein, dass eine unbeabsichtigte Betätigung verhindert wird. Hierfür können z.B. geeignete Drucktaster oder Schlüsselwahlschalter an entsprechend geeigneten Orten verwendet werden.

#### **5.3.3 Zustandsanzeige**

Der Zustand der Stellteile muss deutlich angezeigt werden, z. B. Energie EIN, Fehler erkannt, Automatikbetrieb.

Wird eine Anzeigeleuchte verwendet, muss diese für ihren Einbauort geeignet sein und deren Farbe muss IEC 60204-1 entsprechen.

#### **5.3.4 Kennzeichnung**

Stellteile müssen so gekennzeichnet sein, dass ihre Funktion deutlich erkennbar ist.

#### **5.3.5 single point point of control (ausschließliches Bedienen von einer Bedienstation aus)**

Die Robotersteuerung muss so konstruiert und ausgeführt sein, dass bei lokaler Steuerung über ein Handbediengerät oder ein anderes Programmiergerät das Auslösen einer Roboterbewegung oder eine Änderung der lokal angewählten Steuerung von jeder anderen Stelle aus verhindert ist.

## **5.4 Sicherheitsbezogene Leistungsfähigkeit des Steuerungssystems (Hardware/Software)**

### **5.4.1 Allgemeines**

Sicherheitsbezogene Steuerungssysteme (elektrisch, hydraulisch, pneumatisch und Software) müssen die Anforderungen von 5.4.2 erfüllen, sofern die Ergebnisse der Risikobeurteilung nicht ergeben, dass ein anderes Leistungskriterium, wie in 5.4.3 beschrieben, angemessen ist. Die sicherheitsbezogene Leistungsfähigkeit des Steuerungssystems des Roboters und jeder mitgelieferten Ausrüstung muss in der Benutzerinformation deutlich angegeben sein.

ANMERKUNG 1 Sicherheitsbezogene Steuerungssysteme können auch als SRP/CS (Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen) 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 62061-1:2005, 5.2.4 beschrieben

Diese beiden Normen behandeln die funktionale Sicherheit mit ähnlichen, jedoch unterschiedlichen Methoden. Die Anforderungen in diesen Normen sollten für die entsprechenden sicherheitsbezogenen Steuerungssysteme herangezogen werden, für die sie vorgesehen sind. Der Konstrukteur kann sich für die Anwendung einer der beiden Normen entscheiden. Die für die Festlegung der sicherheitsbezogenen Leistungsfähigkeit des Steuerungssystems erforderlichen Daten und Kriterien müssen in der Benutzerinformation enthalten sein.

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

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

Ein Ausfall des sicherheitsbezogenen Steuerungssystems muss zu einem Stopp der Kategorie 0 oder 1 gemäß IEC 60204-1 führen.

### **5.4.2 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, (siehe IEC 62061:2005).

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 und
- 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.

### 5.4.3 Andere Leistungskriterien des Steuerungssystems

Die Ergebnisse einer umfassenden Risikobeurteilung, die für das Robotersystem und dessen bestimmungsgemäße Anwendung durchgeführt wurde, können ergeben, dass eine andere sicherheitsbezogene Leistungsfähigkeit des Steuerungssystems als die in 5.4.2 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.

## 5.5 Stoppfunktionen des Roboters

### 5.5.1 Allgemeines

Jeder Roboter muss über eine Sicherheitshalt-Funktion und eine unabhängige Not-Halt Funktion verfügen. Diese Funktionen müssen Vorkehrungen für den Anschluss externer Schutzeinrichtungen haben. Wahlweise kann ein Ausgangssignal für den Not-Halt vorgesehen werden. Tabelle 1 zeigt einen Vergleich der Funktionen zwischen Not-Halt und Sicherheitshalt.

**Tabelle 1 — Vergleich von Not-Halt und Sicherheitshalt**

Parameter	Not-Halt	Sicherheitshalt
Position der Auslösevorrichtung	der Bediener hat schnellen, ungehinderten Zugang/Zugriff	Für nicht trennende Schutzeinrichtungen, wird die Position anhand der Formeln für den (sicheren) Mindestabstand, wie in ISO 13855 beschrieben, bestimmt.
Auslösung	manuell	manuell, automatisch oder kann automatisch durch sicherheitsbezogene Funktion ausgelöst werden
Sicherheitsbezogene Leistungsfähigkeit des Steuerungssystems	muss Leistungsanforderung nach 5.4 erfüllen	muss Leistungsanforderung nach 5.4 erfüllen
Rückstellung	nur manuell	manuell oder automatisch
Häufigkeit der Nutzung	selten	veränderlich; von zyklisch bis selten
Zweck	Notfall	technische Schutzmaßnahmen oder andere Risikominderung
Wirkung	Wegnahme der gefährbringenden Energie	gesteuerte Beseitigung des gefährbringenden Zustands )

### 5.5.2 Not-Halt

Der Roboter muss über eine oder mehrere Not-Halt Funktionen verfügen (Stoppkategorie 0 oder 1 nach IEC 60204-1).

Jede Bedienstation, die eine Roboterbewegung oder eine andere gefährdende Situation auslösen kann, muss über eine manuell auszulösende Not-Halt Funktion verfügen, die:

- a) die Anforderungen von 5.4 und IEC 60204-1 erfüllt
- b) Vorrang vor allen anderen Steuerungsfunktionen des Roboters hat
- c) das Stillsetzen aller von gesteuerten Teilen ausgehenden Gefährdungen bewirkt
- d) die Energie von den Roboterantrieben wegnimmt

- e) die Möglichkeit bietet, Gefährdungen zu beherrschen, die vom Robotersystem ausgehen
- f) bis zum Rücksetzen aktiv bleibt und
- g) nur durch manuelle Betätigung zurückgesetzt werden kann, die keinen Wiederanlauf nach Rücksetzen auslöst, sondern den Wiederanlauf lediglich zulässt

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

Steht ein Not-Halt Ausgangssignal zur Verfügung:

- muss der Ausgang weiterhin in Funktion sein, wenn die Roboterenergie weggenommen wird oder
- falls der Ausgang bei Wegnahme der Roboterenergie nicht weiter in Funktion ist, muss ein Signal zum Not-Halt Signal ausgegeben werden

Die Not-Halt Einrichtung muss IEC 60204-1 und ISO 13850 entsprechen.

### **5.5.3 Sicherheitshalt**

Der Roboter muss über eine oder mehrere Sicherheitshalt-Funktionen verfügen, die für den Anschluss externer Schutzeinrichtungen konstruiert sind. Die Leistung der Sicherheitshalt-Funktion muss die Anforderungen von 5.4 erfüllen.

Die Stoppfunktion muss den Stillstand aller Roboterbewegungen bewirken, die Energie zu den Roboterantrieben wegnehmen oder steuern und die Steuerung jeder weiteren vom Roboter gesteuerten Gefährdung ermöglichen. Dieser Halt kann manuell oder steuerungstechnisch ausgelöst werden.

Mindestens eine Sicherheitshalt-Funktion muss in Stoppkategorie 0 oder 1 (siehe IEC 60204-1) ausgeführt sein. Der Roboter kann über eine zusätzliche Sicherheitshalt-Funktion verfügen, die Stoppkategorie 2 (siehe IEC 60204-1) anwendet und nicht dazu führt, dass die Antriebsenergie weggenommen wird, sondern die Überwachung des Stillstands erfordert, nachdem der Roboter angehalten hat. Jede unbeabsichtigte Bewegung des Roboters im überwachten Stillstand oder ein erkannter Ausfall der Sicherheitshalt-Funktion muss zu einem Stopp der Kategorie 0 (siehe IEC 60204-1) führen. Die Leistung der überwachten Stillstandsfunktion muss die Anforderungen von 5.4 erfüllen. Diese Funktion kann auch durch externe Einrichtungen ausgelöst werden (Eingangsstoppsignal von Schutzeinrichtungen).

**ANMERKUNG** Eine überwachte Stoppfunktion der Kategorie 2 gemäß IEC 60204-1 kann durch ein elektrisches Antriebssystem bereitgestellt werden, das einem sicheren Betriebshalt gemäß IEC 61800-5-2 entspricht.

Der Hersteller muss die Stoppkategorie für jeden Eingangskreis des Sicherheitshalts in der Benutzerinformation angeben.

## **5.6 Steuerung der Geschwindigkeit**

### **5.6.1 Allgemeines**

Die Geschwindigkeit des Werkzeugaufnahmeflansches des Endeffektors und des Werkzeugarbeitspunkts (TCP) muss einstellbar sein. Es muss eine Offset-Funktion vorgesehen werden (welche die Position des Werkzeugarbeitspunkts (TCP) im Verhältnis zum Werkzeugaufnahmeflansch festlegt), um die Steuerung der Geschwindigkeit des TCP zu ermöglichen.

### **5.6.2 Betrieb mit reduzierter Geschwindigkeit**

Beim Betrieb mit reduzierter Geschwindigkeit darf die Geschwindigkeit des Werkzeugarbeitspunkts (TCP) 250 mm/s nicht überschreiten. Es sollte auch möglich sein, Geschwindigkeiten unter 250 mm/s als zugeordneten Grenzwert zu wählen.

### 5.6.3 Sicherheitsbewertete reduzierte Geschwindigkeit

Falls vorgesehen, muss die Überwachung der sicherheitsbewerteten reduzierten Geschwindigkeit gemäß 5.4.2 konstruiert und ausgeführt sein, so dass die Geschwindigkeit des Werkzeugarbeitspunkts (TCP) die Grenze für die reduzierte Geschwindigkeit nicht überschreitet (siehe 5.6.2) und bei Auftreten eines Fehlers ein Sicherheitshalt ausgelöst wird.

### 5.6.4 Sicherheitsbewertete überwachte Geschwindigkeit

Falls vorgesehen, muss die Geschwindigkeit des Werkzeugarbeitspunkts (TCP) oder einer Achse gemäß 5.4.2 überwacht werden. Überschreitet die Geschwindigkeit den festgelegten Grenzwert, muss ein Sicherheitshalt ausgelöst werden.

## 5.7 Betriebsarten

### 5.7.1 Auswahl

Betriebsarten müssen mit einem Betriebsartenwahlschalter auswählbar sein, der in jeder Position abschließbar ist (z. B. Schlüsselschalter, der in jeder Position gesteckt und herausgenommen werden kann). Jede Position des Wahlschalters muss deutlich gekennzeichnet sein und darf ausschließlich nur eine Steuerungs- oder Betriebsart zulassen.

Der Wahlschalter kann durch eine andere Wahlvorrichtung ersetzt werden, welche die Anwendung bestimmter Roboterfunktionen beschränkt (z. B. Zugangscodes).

Diese Vorrichtungen

- a) müssen die gewählte Betriebsart eindeutig anzeigen und
- b) dürfen selbst keine Roboterbewegung oder andere Gefährdungen auslösen

Es kann/können ein optionaler Ausgang / optionale Ausgänge zur Anzeige der gewählten Betriebsart vorgesehen werden. Falls für sicherheitsbezogene Zwecke vorgesehen, muss der Ausgang / die Ausgänge den Anforderungen von 5.4 entsprechen (siehe Anhang D).

ANMERKUNG Methoden zur Kennzeichnung der Betriebsarten werden in Anhang E dargestellt.

### 5.7.2 Betriebsart Automatik

In der Betriebsart Automatik muss der Roboter das Anwenderprogramm ausführen und die Schutzmaßnahmen müssen in Funktion sein.

Der Automatikbetrieb muss verhindert sein, wenn ein Stoppzustand erkannt wird.

Das Schalten aus diesem Zustand muss einen Stopp bewirken.

### 5.7.3 Betriebsart „Manuell mit reduzierter Geschwindigkeit“

Die Betriebsart „Manuell mit reduzierter Geschwindigkeit“ muss die Anforderungen von 5.3.4 und 5.6 erfüllen und den Betrieb des Roboters durch Eingreifen von Personen ermöglichen. Der Automatikbetrieb ist in dieser Betriebsart nicht zulässig. Diese Betriebsart wird für den Tippbetrieb, das Teachen, Programmieren und die Programmverifizierung des Roboters angewendet; diese Betriebsart kann auch gewählt werden, um Instandhaltungsarbeiten durchzuführen.

Die manuelle Steuerung des Roboters von innerhalb des geschützten Bereichs muss unter reduzierter Geschwindigkeit in Verbindung mit einem der folgenden Punkte ausgeführt werden:

- a) Tippbetrieb in Verbindung mit einer Zustimmungseinrichtung gemäß 5.8 oder
- b) nur für die Programmüberprüfung, ein Start/Stopp-Betrieb in Verbindung mit einer Zustimmungseinrichtung gemäß 5.8

Die Benutzerinformation muss entsprechende Anleitungen und Warnungen enthalten, dass die manuelle Betriebsart möglichst nur dann ausgeführt werden darf, wenn sich alle Personen außerhalb des geschützten Bereichs befinden. Die Benutzerinformation muss ebenfalls die Anweisung enthalten, dass vor Aktivieren der Betriebsart Automatik die volle Funktionalität aller aufgehobenen Schutzeinrichtungen wieder hergestellt sein muss.

ANMERKUNG Diese Betriebsart war in der Vergangenheit als T1 oder Teach bekannt.

#### **5.7.4 Betriebsart „Manuell mit hoher Geschwindigkeit“**

Ist diese Betriebsart vorgesehen, können Geschwindigkeiten über 250 mm/s erreicht werden. Diese Betriebsart wird ausschließlich zur Programmverifizierung angewendet. In diesem Fall muss der Roboter:

- a) über eine Einrichtung verfügen, die eine bewusste Handlung erfordert, um die Betriebsart „Manuell mit hoher Geschwindigkeit“ auswählen zu können, (z. B. Schlüsselschalter am Bedienpult des Roboters) sowie eine zusätzliche Maßnahme zur Bestätigung
- b) mit einem Handbediengerät, das 5.8 entspricht, ausgestattet sein, mit einer Tippfunktion zusätzlich zur Zustimmungseinrichtung, die das Fortführen der Roboterbewegung zulässt
- c) bei der Auswahl der Betriebsart „Manuell mit hoher Geschwindigkeit“ eine Ausgangsgeschwindigkeitsbegrenzung setzen, die bis zu 250 mm/s betragen darf
- d) mit einer Einrichtung am Handbediengerät ausgestattet sein, mit der die Bedienperson die Geschwindigkeit in mehreren Stufen vom Ausgangswert auf den vollen Programmwert einstellen kann
- e) mit einer Anzeige der eingestellten Geschwindigkeit am Handbediengerät ausgestattet sein
- f) sicherstellen, dass
  - seine Geschwindigkeit auf die Ausgangsgeschwindigkeitsbegrenzung begrenzt ist, wenn die Zustimmungseinrichtung durch Betätigung des Schalters in die Mittelstellung (Freigabeposition) wieder aktiviert wird, nachdem er vorher entweder losgelassen oder durchgedrückt wurde und
  - eine separate bewusste Handlung erforderlich ist, um zur höheren Geschwindigkeit zurückzukehren, die vor Loslassen oder Durchdrücken der Zustimmungseinrichtung ausgewählt wurde und
  - die Option zur Wiederaufnahme der höheren Geschwindigkeit durch die bewusste Handlung spätestens 5 Minuten nach Loslassen der Zustimmungseinrichtung unwirksam werden muss

Die Option zur Wiederaufnahme der höheren Geschwindigkeit und der Zeitüberwachung ist nicht sicherheitsbewertet. Die Benutzerinformation muss entsprechende Anleitungen und Warnungen enthalten, dass die manuelle Betriebsart soweit möglich nur dann durchgeführt werden darf, wenn sich alle Personen außerhalb des geschützten Bereichs befinden. Die Benutzerinformation muss ebenfalls die Anleitung enthalten, dass vor Aktivieren der Betriebsart Automatik die volle Funktionalität aller aufgehobenen Schutzmaßnahmen wieder hergestellt sein muss.

ANMERKUNG Diese optionale manuelle Betriebsart war als T2 oder Programmverifizierung unter Hochgeschwindigkeit bekannt.

### **5.8 Handbediengeräte**

#### **5.8.1 Allgemeines**

Bietet ein Handbediengerät oder eine andere Steuereinrichtung zum Teachen die Möglichkeit, den Roboter von innerhalb des geschützten Bereichs aus zu steuern, gelten die Anforderungen in 5.3.5 sowie in 5.8.2 bis 5.8.7.

ANMERKUNG Dies gilt für jede Einrichtung, die in manueller Betriebsart verwendet wird, um einen Roboter von innerhalb des geschützten Bereichs aus zu steuern, während Antriebsenergie an einer der Roboterachsen anliegt. Dies schließt Roboter mit kraftunterstütztem geführtem Teachen mit ein, die entweder am Roboter befestigte handbetätigte Befehlseinrichtungen oder Haupt/Sekundärstellteile zum Teachen verwenden.

### 5.8.2 Bewegungssteuerung

Die vom Handbediengerät oder der Teach-Steuereinrichtung ausgelöste Roboterbewegung muss unter reduzierter Geschwindigkeit nach 5.6 erfolgen. Verfügen die Bedienelemente über die Möglichkeit, „Manuell mit hoher Geschwindigkeit“ auszuwählen, muss der Roboter die Anforderungen von 5.7.4 erfüllen.

### 5.8.3 Zustimmungseinrichtung

Das Handbediengerät oder die Teach-Steuereinrichtung müssen eine dreistufige Zustimmungseinrichtung gemäß IEC 60204-1 besitzen. Durch kontinuierliches Halten in der Mittelstellung (Freigabeposition), muss die Zustimmungseinrichtung die Roboterbewegung sowie alle anderen vom Roboter gesteuerten Gefährdungen zulassen. Die Zustimmungseinrichtung muss die nachfolgend aufgeführten Leistungskriterien erfüllen.

ANMERKUNG 1 Die Berücksichtigung ergonomischer Aspekte bei Gestaltung und Einbau im Hinblick auf die dauerhafte Aktivierung der Zustimmungseinrichtung ist wichtig.

ANMERKUNG 2 Zusätzliche Informationen zur Zustimmungseinrichtung sind in Anhang C enthalten.

- a) Die Zustimmungseinrichtung kann in das Handbediengerät integriert oder von diesem getrennt sein (z. B. eine Handgriff-Zustimmungseinrichtung) und muss unabhängig von jeder anderen Funktion oder jedem anderen Gerät, welche/welches Bewegungen steuert, wirken.
- b) Ein Loslassen oder Durchdrücken der Einrichtung über die Mittelstellung (Freigabeposition) hinaus, muss Gefährdungen (z. B. Roboterbewegung) gemäß 5.4 und 5.5.3 stoppen.
- c) Nach Durchdrücken über die Mittelstellung (Freigabeposition) der Zustimmungseinrichtung hinaus, ist die Zustimmungseinrichtung vollständig loszulassen. Das Zurückgehen von der durchgedrückten Stellung zur Mittelstellung (Freigabeposition) darf keine Roboterbewegung zulassen.
- d) Sind zwei oder mehr Zustimmungsschalter an einer Zustimmungseinrichtung/einem Handbediengerät zur wechselseitigen Links- oder Rechtshandbedienung vorhanden, können sich ein oder alle Schalter in der Mittelstellung (Freigabeposition) befinden.
  - 1) Wird nur einer der Schalter verwendet und befindet sich dieser in der Mittelstellung (Freigabeposition), muss dieser wie in b) beschrieben, funktionieren.
  - 2) Ermöglicht es die Gestaltung der Zustimmungseinrichtung, dass beide Schalter in der Mittelstellung (Freigabeposition) gehalten werden können, um den Wechsel von Links- auf Rechtshandbedienung zu ermöglichen, darf das Loslassen eines Schalters keinen Sicherheitshalt auslösen, das vollständige Durchdrücken einer der Schalter muss jedoch die Steuerung der anderen Schalter überlagern und einen Sicherheitshalt auslösen.

Die Benutzerinformation muss eine Beschreibung dieser Bedienfunktion sowie eine Warnung enthalten, dass eine potentielle Gefährdung existieren kann.

ANMERKUNG 3 Werden mehrere Schalter in der Mittelstellung (Freigabeposition) gehalten, kann nicht unterschieden werden, ob einer davon absichtlich losgelassen wird oder ob er unabsichtlich als Folge eines Unfalls losgelassen wurde.

- e) Ist mehr als eine Zustimmungseinrichtung in Betrieb (d.h. es befindet sich mehr als eine Person mit einer Zustimmungseinrichtung im geschützten Bereich) darf eine Bewegung nur möglich sein, wenn jede Einrichtung gleichzeitig in der Mittelstellung (Freigabeposition) gehalten wird.
- f) Das Fallenlassen der Zustimmungseinrichtung darf nicht zu einem Fehlerföhren, der die Freigabe der Bewegung ermöglichen würde.
- g) Ist ein Ausgangssignal für die Zustimmung vorgesehen, muss dieses den Anforderungen von 5.4 entsprechen und einen Stoppzustand signalisieren, wenn die Spannungsversorgung für das sicherheitsbezogene System ausgeschaltet ist.

- h) Wird die Betriebsart geändert, während sich die Zustimmungseinrichtung in der Mittelstellung (Freigabeposition) befindet, muss dadurch ein Sicherheitshalt ausgelöst werden. Das Steuerungssystem muss die Anforderung beinhalten, dass die Zustimmungseinrichtung losgelassen und wieder aktiviert wird, bevor Antriebsenergie angelegt werden kann. Siehe IEC 60204-1 für Hinweise zum Verhindern des Umgehens einer Zustimmungseinrichtung.

#### **5.8.4 Not-Halt Funktion am Handbediengerät**

Das Handbediengerät oder die Teach-Steuerungseinrichtung muss über eine Not-Halt Funktion gemäß 5.5.2 verfügen.

#### **5.8.5 Auslösen des Automatikbetriebs**

Es darf nicht möglich sein, den Automatikbetrieb des Roboters ausschließlich mittels des Handbediengeräts oder der Teach-Steuerungseinrichtung zu aktivieren. Es muss ein Mittel außerhalb des geschützten Bereichs vorhanden sein, mit dem eine separate Bestätigung vor Aktivierung der automatischen Betriebsart gegeben werden kann.

#### **5.8.6 Kabellose oder abnehmbare Programmierhandgeräte**

Haben Handbediengeräte oder andere Teach-Steuereinrichtungen keine Kabelverbindung zur Robotersteuerung oder sind diese abnehmbar, gilt folgendes:

- a) Es muss eine visuelle Anzeige, z. B. am Display des Programmierhandgeräts, vorgesehen werden, die signalisiert, dass das Handbediengerät aktiv ist.
- b) Ein Kommunikationsverlust muss einen Sicherheitshalt aller gesteuerten Roboter auslösen, wenn sie sich in den Betriebsarten „Manuell mit reduzierter Geschwindigkeit“ oder „Manuell mit hoher Geschwindigkeit“ befinden. Die Wiederherstellung der Kommunikation darf die Roboterbewegung nicht ohne gesonderte bewusste Handlung wieder anlaufen lassen.
- c) Eine Verwechslung von aktiven und inaktiven Not-Halt Einrichtungen muss durch geeignete Aufbewahrung oder Gestaltung verhindert sein. Die Benutzerinformation muss eine Beschreibung der Aufbewahrung oder Gestaltung beinhalten.
- d) Falls anwendbar, müssen die maximalen Ansprechzeiten für die Datenkommunikation (einschließlich Fehlerkorrektur) und den Kommunikationsverlust in der Benutzerinformation angegeben sein.

#### **5.8.7 Steuerung mehrerer Roboter**

Können mit einem Handbediengerät mehrere Roboter gesteuert werden, gelten die Anforderungen von 5.9.

### **5.9 Steuerung simultaner Bewegung**

#### **5.9.1 Bedienen über ein einziges Programmierhandgerät**

Eine oder mehrere Robotersteuerungen können mit einem einzigen Programmierhandgerät verbunden sein. Bei einer solchen Konfiguration muss das Programmierhandgerät so ausgelegt sein, dass es einen oder mehrere Roboter unabhängig oder gleichzeitig bewegen kann. Bei manueller Betriebsart müssen alle Funktionen des Robotersystems von diesem einen Handgerät gesteuert werden.

#### **5.9.2 Konstruktive Sicherheitsanforderungen**

Alle Roboter in einem Robotersystem, die für simultane Bewegungen ausgelegt sind, müssen sich normalerweise in der gleichen Betriebsart befinden, z. B. Hand- oder Automatikbetrieb, und im gleichen Zustand, z. B. bei eingeschalteter oder ausgeschalteter Energie. Für die Fehlerbeseitigung oder Lauf(zeit)fehler oder in Testphasen muss eine Möglichkeit vorhanden sein, die es zulässt, dass ein oder mehrere Roboter einen „servo- abgeschalteten“ (servo disconnected) Zustand einnehmen können. Diese abgeschalteten Roboter sind dann nicht in der simultanen Bewegung enthalten.

Damit die Roboter in der simultanen Bewegung enthalten sind, muss jeder einzelne Roboter ausgewählt werden, bevor er bewegt werden kann. Um ausgewählt werden zu können, müssen alle Roboter in der gleichen Betriebsart sein (z. B. „Manuell mit reduzierter Geschwindigkeit“). An der Auswahlstelle (z. B. am Handbediengerät, Schaltschrank, oder am Roboter) muss eine Anzeige des /der Roboter(s) vorgesehen werden, der/die ausgewählt wurde(n). Nur (der) ausgewählte Roboter darf/dürfen bewegt werden können.

Es muss ebenso möglich sein, einen Roboter zu deaktivieren, d.h. ihn in einen abgeschalteten Zustand zu versetzen. Es muss eine Anzeige vorgesehen werden, die innerhalb des geschützten Bereiches deutlich sichtbar anzeigt, welche Roboter aktiviert sind..

Ein unerwarteter Anlauf von nicht ausgewählten Robotern muss verhindert sein. Diese Funktion muss die Anforderungen von 5.4 erfüllen.

## **5.10 Anforderungen an den kollaborierenden Betrieb**

### **5.10.1 Allgemeines**

Roboter, die für den kollaborierenden Betrieb ausgelegt sind, müssen mit einer visuellen Anzeige ausgestattet sein, die anzeigt, wann sich der Roboter im kollaborierenden Betrieb befindet. Sie müssen einer oder mehreren Anforderungen nach 5.10.2 bis 5.10.5 entsprechen.

### **5.10.2 Sicherheitsbewerteter überwachter Halt**

Der Roboter muss anhalten, wenn sich eine Person im Kollaborationsraum befindet. Die Stopp-Funktion muss 5.4 und 5.5.3 erfüllen. Der Roboter kann den Automatikbetrieb wiederaufnehmen, wenn die Person den Kollaborationsraum verlässt.

Alternativ hierzu kann der Roboter auch seine Geschwindigkeit verringern und einen anschließenden Stopp der Kategorie 2 (siehe IEC 60204-1) ausführen. Sobald der Stillstand erreicht ist, muss dieser über ein sicherheitsbezogenes Steuerungssystem gemäß 5.4 überwacht werden. Ein Ausfall der sicherheitsbewerteten überwachten Stoppfunktion muss zu einem Stopp der Kategorie 0 führen.

ANMERKUNG Dies kann eine überwachte Stoppfunktion der Kategorie 2 nach IEC 60204-1 umfassen, die durch ein elektrisches Antriebssystem ausgeführt wird, das einem sicheren Betriebshalt nach IEC 61800-5-2 entspricht.

### **5.10.3 Handführung**

Falls vorgesehen, muss sich die Ausrüstung für die Handführung nahe am Endeffektor befinden und wie folgt ausgerüstet sein:

- a) mit einem Not-Halt nach 5.5.2 und 5.8.4 und
- b) mit einer Zustimmungseinrichtung, nach 5.8.3

Der Roboter muss bei eingeschalteter Funktion zur sicherheitsbewerteten überwachten Geschwindigkeit betrieben werden (siehe 5.6.4). Der obere Grenzwert der sicherheitsbewerteten überwachten Geschwindigkeit muss durch die Risikobeurteilung festgelegt werden.

### **5.10.4 Geschwindigkeits- und Abstandsüberwachung**

Der Roboter muss eine festgelegte Geschwindigkeit und einen festgelegten Abstand zur Bedienperson einhalten. Diese Funktionen können integriert sein oder durch die Kombination externer Eingangssignale realisiert werden. Das Erkennen des Ausfalls, die festgelegte Geschwindigkeit oder den festgelegten Abstand einzuhalten, muss zu einem Sicherheitshalt führen (siehe 5.5.3). Die Funktionen zur Geschwindigkeits- und Abstandsüberwachung müssen 5.4.2 entsprechen.

Der Roboter ist lediglich eine Komponente in einem betriebsfertig kollaborierenden Robotersystem und ist an sich unzureichend für den sicheren kollaborierenden Betrieb. Die Anwendungen des kollaborierenden Betriebs sind dynamisch und müssen durch die Risikobeurteilung, die während der Auslegung des

Anwendungssystems durchgeführt wird, festgelegt werden. Die Benutzerinformation muss eine Anleitung zur Realisierung von Geschwindigkeitswerten und Abständen enthalten. ISO 10218-2 muss bei der Gestaltung des kollaborierenden Betriebs angewendet werden. Zusätzliche Informationen werden in ISO/TS 15066 enthalten sein (zurzeit in Vorbereitung).

Die relativen Geschwindigkeiten zwischen Bediener und Roboter sollten bei der Berechnung des sicheren Mindestabstands berücksichtigt werden. Anforderungen an den Mindestabstand sind in ISO 13855 enthalten.

### **5.10.5 Leistungs- und Kraftbegrenzung durch inhärente Konstruktion oder Steuerung**

Die Funktion zur Leistungs- oder Kraftbegrenzung des Roboters muss 5.4 erfüllen. Wird ein Grenzwert überschritten, muss ein Sicherheitshalt ausgelöst werden.

Der Roboter ist nur eine Komponente in einem fertigen kollaborierenden Robotersystem und ist an sich unzureichend für den sicheren kollaborierenden Betrieb. Die Anwendung des kollaborierenden Betriebs muss durch die Risikobeurteilung, die während der Auslegung des Anwendungssystems durchgeführt wird, festgelegt werden. Die Benutzerinformation muss Einzelheiten über das Einstellen ermittelter Grenzwerte im gesteuerten Roboter enthalten. ISO 10218-2 muss für die Gestaltung des kollaborierenden Betriebs angewendet werden. Zusätzliche Informationen werden in ISO/TS 15066 enthalten sein (zurzeit in Vorbereitung).

### **5.11 Schutz bei Singularität**

Im kartesischen Raum festgelegte Bewegungen, die neben Singularitäten ablaufen, können hohe Achsgeschwindigkeiten verursachen. Diese hohen Geschwindigkeiten können für den Bediener unerwartet sein. In der Betriebsart „Manuell mit reduzierter Geschwindigkeit“ oder bei Handführung (siehe 5.10.3) muss die Robotersteuerung eine der folgenden Aktionen ausführen:

- a) Die durch das Programmierhandgerät ausgelöste Bewegung des Roboters muss gestoppt und eine Warnung ausgegeben werden, bevor der Roboter in der koordinierten Bewegung (Steuerung, bei der die Roboterachsen gleichzeitig an ihren jeweiligen Zielpunkten ankommen, was zu einer gleichmäßigen Bewegung führt; Steuerung, bei der die Achsbewegungen so verlaufen, dass der Werkzeugarbeitspunkt (TCP) sich entlang einer vorgegebenen Bahn bewegt) eine Singularität durchläuft bzw. korrigiert, oder
- b) ein akustisches oder visuelles Warnsignal auslösen und die Singularität bei einer Geschwindigkeitsbegrenzung für jedes Glied des Roboterarms von maximal 250 mm/s weiter durchlaufen oder
- c) Für den Fall, dass die Singularität gesteuert werden kann, ohne eine gefährdende Bewegung zu verursachen, ist kein zusätzlicher Schutz erforderlich.

### **5.12 Achsbegrenzung**

#### **5.12.1 Allgemeines**

Es müssen Maßnahmen vorgesehen werden, mit denen ein eingeschränkter Raum um den Roboter mit Hilfe von Begrenzungseinrichtungen eingerichtet werden kann. Es muss eine Möglichkeit zum Einbau von einstellbaren mechanischen Anschlägen vorgesehen werden, um die Bewegung der Achse mit der größten Auslenkung (Hauptachse) () des Roboters zu begrenzen. Der Roboter muss 5.12.2 und/oder 5.12.3 erfüllen. Dies gilt nicht für Roboter mit einer konstruktiv begrenzten Struktur, z. B. parallele Kinematik.

Erreicht der Roboter eine Achsbegrenzung, muss der Roboter angehalten werden. Ob die Roboterbewegung am Punkt der Achsbegrenzung fortgeführt werden kann oder nicht, sollte in der Benutzerinformation angegeben sein.

**ANMERKUNG** Diese Möglichkeit kann durch das Vorsehen technischer Informationen und Anleitungen für die Realisierung und den Einbau externer mechanischer Anschläge erfüllt werden. Die Anwendung der optionalen Eigenschaft sicherheitsbewerteter Software zur Achs- und Raumbegrenzung (siehe 5.12.3) kann diese Anforderung ebenfalls erfüllen.

### 5.12.2 Mechanische und elektro-mechanische Achsbegrenzungseinrichtungen

Es müssen Vorkehrungen für einstellbare mechanische oder nicht-mechanische Begrenzungseinrichtungen für die Achsen zwei und drei (die Achsen mit der zweit- und drittgrößten Auslenkung) getroffen werden.

Mechanische Anschläge müssen die Roboterbewegung bei Nennlast, maximaler Geschwindigkeit und bei maximaler und minimaler Auslenkung stoppen können. Die Prüfung mechanischer harter Anschläge muss ohne unterstützendes Anhalten erfolgen.

Alternative Verfahren zur Begrenzung des Bewegungsbereichs können nur vorgesehen werden, wenn sie so konstruiert, ausgeführt und installiert sind, dass sie die in 5.4.2 festgelegten Leistungsanforderungen erfüllen.

Die Leistung des Steuerkreises von elektro-mechanischen Begrenzungseinrichtungen muss den Anforderungen von 5.4 entsprechen. Die Steuer- und Anwenderprogramme des Roboters dürfen die Einstellungen elektro-mechanischer Begrenzungseinrichtungen nicht verändern können.

Die einstellbaren Einrichtungen ermöglichen es dem Anwender, die Größe des eingeschränkten Raums zu minimieren. Die Einstellungsabstufungen sollten in der erforderlichen Benutzerinformation enthalten sein, wie in 6.2. festgelegt.

Die Benutzerinformation muss Informationen über die Anhaltezeit von elektro-mechanischen Begrenzungseinrichtungen bei maximaler Geschwindigkeit enthalten, einschließlich Überwachungszeit und Weg, der bis zum Erreichen eines vollständigen Stillstands zurückgelegt wird. Zusätzliche Informationen sind in Anhang B enthalten.

ANMERKUNG 1 Beispiele für nicht-mechanische Begrenzungseinrichtungen umfassen Einrichtungen, wie Anschläge, die elektrisch, pneumatisch oder hydraulisch eingestellt werden, Grenzscharter, Lichtvorhänge, Laserscanner und Reißleinen, falls diese verwendet werden, um den Weg des Roboters zu begrenzen und den eingeschränkten Raum zu definieren.

ANMERKUNG 2 Mechanische Anschläge umfassen solche, die eingestellt und dann mittels Befestigungselementen gesichert werden.

### 5.12.3 Sicherheitsbewertete Software zur Achs- und Raumbegrenzung

Softwarebegrenzungen sind mittels Software definierte Begrenzungen der Roboterbewegung. Die Raumbegrenzung wird dazu verwendet, eine Geometrie zu definieren, die als einschließender oder ausschließender Bereich dienen kann, um die Bewegung des Roboters innerhalb des definierten Raums zu begrenzen oder zu verhindern, dass der Roboter in den definierten Raum eindringt.

Sicherheitsbewertete Softwarebegrenzungen sind als Mittel zur Festlegung und Reduzierung des eingeschränkten Raums zulässig, sofern sie ein Anhalten des Roboters bei voller Nennlast und Geschwindigkeit bewirken können. Der eingeschränkte Raum muss an der tatsächlich zu erwartenden Halteposition festgelegt werden, die den Nachlaufweg berücksichtigt. Der Hersteller muss diese Fähigkeit in der Benutzerinformation angeben und muss sicherheitsbewertete Softwarebegrenzungen deaktivieren, wenn diese Fähigkeit nicht unterstützt wird.

Steuerungsprogramme, die Funktionen zur sicherheitsbewerteten Software zur Achs- und Raumbegrenzung auf der Basis sicherheitsbewerteter Softwarebegrenzungen überwachen und ausführen müssen mit 5.4 übereinstimmen und dürfen nur durch befugtes Personal verändert werden können. Wird die sicherheitsbewertete Softwarebegrenzung überschritten, muss ein Sicherheitshalt ausgelöst werden. Die Bewegung während einer Überschreitung der Begrenzung muss unter Steuerung mit reduzierter Geschwindigkeit erfolgen, wie in 5.6.3 beschrieben. Informationen über die aktuellen Einstellungen und die Konfiguration der Sicherheitsbegrenzungen müssen einsehbar und mit einer eindeutigen Kennzeichnung dokumentiert sein, so dass Änderungen in der Konfiguration leicht erkennbar sind.

Eine sicherheitsbewertete Softwarebegrenzung muss als feststehender Bereich festgelegt werden, der nicht verändert werden kann, ohne dass das sicherheitsbezogene Teilsystem erneut initialisiert wird und der während des automatischen Ablaufs des Anwenderprogramms nicht rekonfiguriert werden darf. Eine Autorisierung zum Ändern der sicherheitsbewerteten Softwarebegrenzung muss geschützt und sicher sein, z. B. in dem autorisierte Personen ein Passwort eingeben müssen. Einmal eingestellte sicherheitsbewertete Softwarebegrenzungen müssen beim Einschalten der Energie immer selbstständig aktiv werden.

Die Benutzerinformation muss Angaben über die Anhaltezeit sicherheitsbewerteter Softwarebegrenzungen bei maximaler Geschwindigkeit enthalten, einschließlich Überwachungszeit und Nachlaufweg, bis ein endgültiger Halt erreicht ist. Zusätzliche Informationen sind in Anhang B enthalten.

Sicherheitsbewertete Bereichsausgänge zur Verwendung in Anwendungen mit dynamisch eingeschränktem Raum müssen mit 5.4 übereinstimmen. Die Konfiguration der Hardware für diese Ausgänge muss in der Benutzerinformation angegeben sein.

ANMERKUNG 1 Sicherheitsbewertete Softwareachsbeschränkungen können insbesondere bei der Steuerung der Bewegung von Zusatzachsen zweckmäßig sein, die nicht mit Begrenzungseinrichtungen nach 5.12.2 ausgestattet sind.

ANMERKUNG 2 Sicherheitsbewertete Software-Raumbegrenzungen können insbesondere zweckmäßig sein bei der Steuerung von Bewegungen in unregelmäßig geformten Arbeitsbereichen oder zur Vermeidung von Quetschstellen, die an Hindernissen entstehen können.

ANMERKUNG 3 Ein Beispiel für eine eindeutige Kennzeichnung kann die Prüfsumme sein; ein eindeutiger Wert, der automatisch vom Robotersystem gebildet wird, wenn die Konfiguration der Softwarebegrenzung bestimmt wird. Jede Änderung in der Konfiguration führt zur Bildung eines neuen Wertes.

#### **5.12.4 Dynamische Begrenzungseinrichtungen**

Dynamische Begrenzung ist die automatisch gesteuerte Änderung des eingeschränkten Raums des Roboters während eines Teils des Betriebs des Robotersystems. Beispiele für Steuereinrichtungen, die für eine weitere Begrenzung der Roboterbewegung innerhalb des eingeschränkten Raums eingesetzt werden können, während der Roboter sein Anwenderprogramm ausführt, sind (jedoch nicht auf diese beschränkt), nockenbetätigte Grenztaster, Lichtvorhänge oder gesteuert einziehbare mechanische Anschläge. Die Einrichtung und die zugehörigen Steuerungssysteme müssen in der Lage sein, die Roboterbewegung bei Nennlast und -geschwindigkeit anzuhalten. Die zugehörigen sicherheitsbezogenen Steuerungssysteme müssen 5.4.2 entsprechen, es sei denn, eine Risikobeurteilung wird durchgeführt und legt fest, dass eine andere Kategorie erforderlich ist.

#### **5.13 Bewegung ohne Antriebsenergie**

Der Roboter muss so gestaltet sein, dass die Achsen in Notfällen oder außergewöhnlichen Situationen ohne Anwendung von Antriebsenergie bewegt werden können. Falls durchführbar, muss das Bewegen der Achsen von einer Person durchgeführt werden können. Betätigungselemente müssen frei zugänglich jedoch vor unbeabsichtigtem Betrieb geschützt sein. Anleitungen hierzu müssen in der Benutzerinformation enthalten sein, ebenso Empfehlungen für die Ausbildung des Personals hinsichtlich des Verhaltens in Notfällen oder außergewöhnlichen Situationen.

Die Benutzerinformation muss Warnungen darüber enthalten, dass Schwerkraft und das Lösen von Bremsenrichtungen zusätzliche Gefährdungen verursachen können. Falls durchführbar, müssen Warnhinweise in der Nähe der Betätigungselemente angebracht werden.

#### **5.14 Vorkehrungen zum Anheben**

Es müssen Anleitungen und Vorkehrungen zum Anheben des Roboters und seiner zugehörigen Bauteile vorgesehen werden. Sie müssen für die Handhabung der zu erwartenden Last geeignet sein.

BEISPIEL Lasthaken, Tragösen, Gewindelöcher und Gabeltaschen

ANMERKUNG Bei sehr kleinen Robotern, die leicht von einer Person gehandhabt werden können, können Anleitungen für korrektes sicheres Anheben ausreichen.

#### **5.15 Elektrische Steckverbindungen**

Elektrische Steckverbinder, die eine Gefährdung verursachen können, wenn sie getrennt werden oder sich lösen können, müssen so gestaltet und ausgeführt sein, dass ein unbeabsichtigtes Trennen verhindert wird.

Steckverbindungen müssen mit einem Mittel zur Vermeidung einer Fehlverbindung ausgestattet sein.

Ende Sitzung 4.10.11, Frankfurt VDMA

## 6 Verifizierung und Validierung von Sicherheitsanforderungen und Schutzmaßnahmen

### 6.1 Allgemeines

Der Hersteller des Robotersystems muss Vorkehrungen für die Verifizierung und Validierung der Gestaltung und der Ausführung von Robotern treffen, einschließlich geeigneter Schutzeinrichtungen, nach den in Abschnitt 4 und 5 beschriebenen Grundsätzen.

Die Risikobeurteilung sollte daraufhin überprüft werden, ob alle vernünftigerweise vorhersehbaren Gefährdungen identifiziert und Abhilfemaßnahmen getroffen wurden.

**ANMERKUNG** Nicht alle der in Anhang A identifizierten Gefährdungen treffen auf jeden Roboter zu. Auch das Risikoniveau in Verbindung mit einer gegebenen Gefährdungssituation ist nicht für jeden Roboter gleich. Zur Bestimmung der geeigneten Schutzmaßnahmen für einen bestimmten Roboter ist eine Risikobeurteilung durchzuführen.

### 6.2 Methoden zur Verifizierung und Validierung

Die Verifizierung und die Validierung kann mit folgenden Maßnahmen erfüllt werden, sie sind jedoch nicht darauf beschränkt:

- A. Sichtprüfung
- B. Praktische Prüfungen
- C. Messungen
- D. Beobachtung während des Betriebs
- E. Überprüfung von anwendungsspezifischen Schemata, Schaltplänen und Konstruktionsunterlagen
- F. Überprüfung der aufgabenbasierten Risikobeurteilung
- G. Überprüfung von Spezifikationen und Benutzerinformation

siehe Tabelle F.1

### 6.3 Erforderliche Verifizierung und Validierung

Anhang F listet spezifische Leistungsanforderungen auf, die für die Sicherheit eines Roboters als wesentlich erachtet werden und die verifiziert und/oder validiert werden müssen. Um festzustellen, ob die Anforderungen bei Gestaltung und Ausführung des Roboters angemessen erfüllt wurden, müssen diese unter Anwendung geeigneter Methoden bewertet werden.

**ANMERKUNG 1** Nicht alle der in Tabelle F.1 aufgeführten Punkte treffen unbedingt auf jeden Roboter zu. Es können Fälle auftreten, in denen es unmöglich ist, bestimmte Punkte zu verifizieren und/oder zu validieren.

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

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

**ANMERKUNG 4** Wenn Tabelle F.1 als Checkliste verwendet wird, ist der Inhalt dahingehend zu überprüfen und einzuschränken, dass er die tatsächliche Anordnung des Roboters widerspiegelt, die bewertet wird sowie die dazugehörige Bewertungsmethode.

## **7 Benutzerinformation**

### **7.1 Allgemeines**

Kennzeichnungen (z. B. Zeichen, Symbole) und Anleitungen (z. B. Benutzerhandbücher, Wartungshandbücher) müssen in Übereinstimmung mit ISO 12100 und IEC 60204-1 vom Hersteller zur Verfügung gestellt werden.

Falls vorgesehen, müssen Warneinrichtungen an Maschinen (z. B. akustische und visuelle Signale) mit ISO 12100 und IEC 60204-1 übereinstimmen.

### **7.2 Betriebsanleitung**

Zusätzlich zu den Anforderungen in 6.1 muss jedem Roboter eine Betriebsanleitung in Form eines geeigneten Mediums beigelegt sein, die Folgendes enthält:

- a) Firmenname, vollständige Anschrift und notwendige Kontaktinformationen des Herstellers und, ggfs. des Bevollmächtigten oder des bevollmächtigten Lieferanten
- b) Anleitungen für das in Betrieb nehmen, Programmierung und Verfahren zur Wiederinbetriebnahme, einschließlich Angaben zu benötigten Hilfsmedien, Bodenbelastbarkeit, Umgebungsbedingungen usw.
- c) Anleitungen, wie die Erstprüfung und die Untersuchung des Roboters und seiner Schutzmaßnahmen vor der ersten Verwendung und dem Einsatz in der Produktion durchzuführen sind, einschließlich Funktionsprüfung der Steuerung der reduzierten Geschwindigkeit
- d) Anleitungen für jede Prüfung oder Untersuchung, die nach Änderung von Bauteilen oder Ergänzung von optionaler Ausrüstung (sowohl Hardware als auch Software) am Roboter erforderlich ist, welche die sicherheitsbezogenen Funktionen einschließlich des Not-Halt Ausgangssignals nach 5.5.2 und des gemeinsamen Zustimmungskreises nach 5.8.3 (d) beeinflussen können
- e) Anleitungen für sicheren Betrieb, Einrichten und Instandhaltung, einschließlich sicherer Arbeitsverfahren, Verfahren zur Beherrschung gefährdender Energie und Anleitungen für die Schulung der notwendigen Fertigkeiten von Personen, welche die Einrichtungen bedienen
- f) Anleitungen über Einbauort und Funktion aller Steuerungssysteme, einschließlich Schaltplänen von Schnittstellen für elektrische, hydraulische und pneumatische Systeme, die für das Einrichten und den Einbau erforderlich sind

**ANMERKUNG** Dies beinhaltet keine Schaltpläne von Robotersteuerungen oder anderen Steuerungen, Bauteilen oder Eigenmarken.

- g) Informationen über die Möglichkeit, mit dem Handbediengerät die Steuerung der hohen Geschwindigkeit auszuwählen
- h) Anleitungen, die den Integrator darüber informieren sollen, dass eingeschränkter Raum vorgesehen werden muss, wenn der Roboter für die Verwendung in der Betriebsart „Manuell mit hoher Geschwindigkeit“ vorgesehen ist
- i) Informationen über den Einbau von Begrenzungseinrichtungen, einschließlich Anzahl, Lage und Einstellungsmöglichkeiten der mechanischen Begrenzung
- j) Anleitungen zur Anzahl, Lage und Realisierung nicht-mechanischer Begrenzungseinrichtungen
- k) Wenn vorhanden, Angaben zu den Eigenschaften der dynamischen Begrenzung
- l) Informationen zur tatsächlich erwarteten Anhalteposition, die den Anhalteweg bei der Verwendung der sicherheitsbewerteten Softwarebegrenzung bedingt

- m) Informationen über die Anzahl und den Betrieb von Zustimmungseinrichtungen und Anleitungen für den Einbau zusätzlicher Einrichtungen, einschließlich der Daten und Kriterien, die zur Festlegung der sicherheitsbezogenen Leistungsfähigkeit des Steuerungssystems erforderlich sind
- n) Informationen über die Anhaltezeit und den Anhalteweg oder -winkel ab Auslösung des Stoppsignals der drei Achsen mit der größten Auslenkung und Bewegung, entsprechend der Metrik in Anhang B
- o) die sicherheitsbezogene Leistungsfähigkeit des Steuerungssystems der Sicherheitsfunktionen des Roboters, wie in 5.4 festgelegt
- p) die Spezifikation für zu verwendende Fluide oder Schmiermittel für die Schmierung, Bremsen oder das Getriebesystem im Roboter, einschließlich Anleitung für korrekte Auswahl, Vorbereitung, Anwendung und Instandhaltung aller im Prozess verwendeten Verbrauchsmaterialien
- q) Anleitungen über die Maßnahmen zum Befreien von Personen, die in der Maschine oder durch die Maschine eingeklemmt sind
- r) Anleitungen für Bewegungen von Roboterachsen ohne Antriebsenergie, einschließlich Warnungen, dass Schwerkraft und das Lösen von Bremseinrichtungen zusätzliche Gefährdungen verursachen können
- s) Empfehlungen für die Ausbildung von Personal hinsichtlich des Verhaltens in Notfällen oder außergewöhnlichen Situationen
- t) Informationen über die Festlegung von Grenzen für den Bewegungsbereich und die Tragfähigkeit, einschließlich maximaler Masse, Lage des Schwerpunkts des Werkstücks und der Werkstückhaltevorrichtungen
- u) Verfahren zur Vermeidung von Fehlern beim Zusammenbau während der Instandhaltung der Maschine
- v) Informationen über relevante Normen, denen der Roboter entspricht, einschließlich aller Informationen über erfolgte Zertifizierungen durch Dritte
- w) Ansprechzeit zum Erkennen des Kommunikationsverlustes für kabellose Handbediengeräte
- x) Informationen über ungeschützte Gefährdungen im Zusammenhang mit der zu erwartenden Anwendung der Maschine
- y) Anleitungen und Warnungen, dass manueller Betrieb nur durchgeführt werden darf, wenn sich alle Personen außerhalb des geschützten Bereichs befinden
- z) Anleitungen, dass die volle Funktionalität aller aufgehobenen Schutzeinrichtungen wieder hergestellt sein muss, bevor die Betriebsart Automatik gewählt werden kann.
- aa) Anleitungen für die ordnungsgemäße Aufbewahrung kabelloser Handbediengeräte, falls so konfiguriert
- bb) Informationen über Ansprechzeiten und Kommunikationsverlust von kabellosen Handbediengeräten, falls so konfiguriert
- cc) Informationen über die Stoppkategorie jedes Eingangskreises eines Sicherheitshalts

Alle Änderungen oder Ergänzungen an den relevanten Informationen des Herstellers müssen durch denjenigen, welcher die Änderung oder die Ergänzung am Robotersystem durchgeführt hat, zur Verfügung gestellt werden.

### **7.3 Kennzeichnung**

Jeder Roboter muss deutlich, lesbar und dauerhaft gekennzeichnet sein mit:

- a) dem Firmenamen und der vollständigen Anschrift des Herstellers und, ggfs. des bevollmächtigten Lieferanten
- b) der Bezeichnung des Maschinentyps (d. h. Industrieroboter), der Modell- oder Referenznummer (falls vorhanden)
- c) dem Monat und dem Jahr der Herstellung
- d) der Masse und/oder dem Gewicht der Maschine
- e) der maximalen Reichweite und Tragfähigkeit
- f) Daten für die Energieversorgung für elektrische und sofern zutreffend, für hydraulische und pneumatische Systeme (z. B. pneumatische Mindest- und Höchstdrücke)
- g) Hebepunkten für den Transport und die Installation, falls anwendbar

Trennende Schutzeinrichtungen, Schutzeinrichtungen und andere Teile, die Teil des Roboters, jedoch nicht eingebaut sind, müssen für ihren Zweck klar gekennzeichnet sein. Alle weiteren für den Einbau benötigten Informationen müssen zur Verfügung gestellt werden.

## Anhang A (informativ)

### Liste signifikanter Gefährdungen

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

ANMERKUNG Die Liste in Tabelle A 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 (normal oder unerwartet) jedes Teils des Roboterarms (einschließlich zurück)</li> <li>– Bewegungen (normal oder unerwartet) des Endeffektors oder eines beweglichen Teils der Roboterzelle</li> <li>– Bewegungen (normal oder unerwartet) der externen Achse</li> <li>– Ausfall des Endeffektors (Verlust)</li> <li>– Bewegung des Endeffektorwerkzeugs in der Wartungsposition</li> <li>– unbeabsichtigte Bewegung von Maschinen oder Teilen der Roboterzelle während Handhabungsvorgängen</li> <li>– herabfallende oder herausgeschleuderte Materialien oder Produkte</li> <li>– unerwartete Bewegung der Spannvorrichtungen oder des Greifers</li> <li>– unbeabsichtigte Werkzeugfreigabe</li> <li>– unbeabsichtigte Bewegung zugehöriger Maschine(n)</li> <li>– Handhabung von Produkten und Materialien, einschließlich Herausschleudern</li> <li>– Bewegung oder Rotation eines scharfen Werkzeugs am Endeffektor</li> <li>– Bewegung von Roboterteilen</li> <li>– Bewegung eines vom Roboter gehaltenen scharfkantigen Teils</li> <li>– Bewegung des Werkzeugs des Endeffektors</li> <li>– Rotation oder Bewegung der zugehörigen Maschine oder Werkzeugmaschine in der Roboterzelle</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 Heraus-spritzen von Flüssigkeiten / Gas unter hohem Druck</li> </ul>	<p>Abschnitt 4</p> <p>5.2.1</p> <p>5.2.3</p> <p>5.5</p> <p>5.6</p> <p>5.7</p> <p>5.8.4</p> <p>5.9</p> <p>5.10</p> <p>5.11</p> <p>5.12</p> <p>5.13</p> <p>5.14</p>

Tabelle A.1 — (fortgesetzt)

Nr.	Art oder Gruppe	Gefährdungsbeispiele		Abschnitt Bezug
		Ursprung	Mögliche Auswirkungen	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Rotationsbewegung einer Roboterachse</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>– nicht vorhandene Möglichkeit, die Roboterzelle zu verlassen (durch Zellentür) für einen eingeschlossenen Bediener im Automatikbetrieb</li> <li>– zwischen Befestigungen (Hineinfallen); zwischen Shuttles, Versorgungseinrichtungen</li> <li>– Manipulation von Produkten und Materialien, einschließlich Herausschleudern</li> <li>– Bewegung oder Rotation               <ul style="list-style-type: none"> <li>- eines scharfen Werkzeuges am Endeffektor oder an externen Achsen</li> <li>- eines zu handhabenden Teils</li> <li>- von zugehöriger Ausrüstung</li> </ul> </li> <li>– unbeabsichtigte Bewegung eines Endeffektors (prozess-spezifisch für Schleifscheiben, usw.)</li> <li>– unbeabsichtigte Bewegung oder Aktivierung eines Endeffektors oder zugehöriger Ausrüstung (einschließlich robotergesteuerter externer Achsen)</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</li> <li>– Verwechslung von verschiedenen Spannungen innerhalb eines Systems</li> <li>– Kontakt mit diskreten Bauteilen im elektrischen (elektronischen) Schaltkreis, d. h. Kondensatoren</li> <li>– Exposition gegenüber Lichtbogen</li> <li>– Arbeitsprozesse unter Hochspannung oder Hochfrequenz, d. h. elektrostatisches Lackieren Induktionserwärmung</li> <li>– Schweißen mit Hochspannung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– elektrischer Schlag</li> <li>– Verbrennung oder Verbrühung</li> <li>– Einatmen von giftigem Rauch</li> <li>– Schädigung der Augen durch elektrische Funken</li> <li>– Einfluss auf Herzschrittmacher</li> </ul>	Abschnitt 4 5.2.4 5.2.5 5.2.6 5.2.7 5.15

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,</li> <li>– kalte Oberflächen oder Gegenstände</li> <li>– prozessbedingte explosionsfähige Atmosphäre, d.h. Lackieren (versprühte Partikel, Pulverbeschichten), entzündliche Lösungsmittel, Schleif- und Frässtaub</li> <li>– Kontakt mit prozessunterstützenden extremen Temperaturen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Verbrennung</li> <li>– Brand, Explosion</li> <li>– Strahlung durch Wärmequellen</li> <li>– Einatmen von giftigem Rauch</li> <li>– Dehydrierung</li> </ul>	Abschnitt 4
4	<b>Gefährdungen durch Lärm</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Gleichgewichtsstörungen, Orientierungslosigkeit im Arbeitsbereich der Roboterzelle</li> <li>– zwei mit einer Aufgabe befassten Personen ist es nicht möglich, ihre Handlungen über normale Konversation abzustimmen</li> <li>– Der Umgebungsgeräuschpegel ist so hoch oder so störend, dass er das Hören oder Verstehen akustischer Warnsignale verhindert</li> <li>– langfristige Exposition gegenüber erhöhten Lärmpegeln</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Auswirkung auf das Gehör und Gleichgewicht, Bewusstsein</li> <li>– Auswirkung auf die sprachliche Kommunikation, Wahrnehmung akustischer Signale</li> <li>– Hörverlust</li> <li>–</li> </ul>	Lärm ist vom Anwendungsbereich dieses Teils der ISO 10218 ausgeschlossen
5	<b>Gefährdungen durch Vibration</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Lösen von Verbindungen, Befestigungen, Bauteilen führt zu unerwartetem Anhalten oder Herausschleudern von Teilen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ermüdung</li> <li>– neurologische Schäden</li> <li>– Gefäßerkrankung</li> </ul>	Abschnitt 4 5.2.3
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>– Erkrankung</li> </ul>	Abschnitt 4
7	<b>Gefährdungen durch Materialien und Substanzen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Instandhaltungs-, Schmierungsarbeiten und Wechseln von Bauteilen, welche mit Flüssigkeiten behaftet sind, Kühlmittel und Prozessmedien</li> <li>– unerwartete Ausfälle an den mechanischen und elektrischen Bauteilen des Robotersystems und der Schutzsysteme</li> <li>–</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Vergiftung</li> <li>– Einatmen ätzender Dämpfe und Stäube</li> <li>– Verbrennungen</li> </ul>	Abschnitt 4

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, Mensch/Maschine Schnittstelle (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 der Steuerungselemente</li> <li>– unbeabsichtigte Betätigung der Steuerungselemente</li> <li>– schwer zu erreichen, Exposition gegenüber zusätzlicher Gefährdungen aufgrund ungeeigneter Platzierung der Bedienelemente</li> <li>– schwer zu erreichen, Exposition gegenüber zusätzlicher Gefährdungen aufgrund ungeeigneter Platzierung von Bauteilen, die den Zugang für zu erwartende Instandhaltungsarbeiten erfordern (Fehlerbeseitigung, Reparatur, Einstellung)</li> <li>– Das Erkennen von Gefährdungen und Gefährdungssituationen wird verdeckt aufgrund unzureichender Bereichsausleuchtung.</li> <li>– Bauteile in Gehäusen, die vorhandene Beleuchtung blockieren</li> <li>– HMI -Einheiten, die zu hoch oder zu niedrig platziert sind, um zweckgemäße Sicht zu ermöglichen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ermüdung</li> <li>– Stoß</li> <li>– Fallen</li> <li>– Bewusstseinsverlust</li> <li>– Stress</li> <li>– Folgen des durch den Menschen verursachten Fehlers</li> </ul>	Abschnitt 4 5.3.3 5.3.4 5.14
9	<b>Gefährdungen in Zusammenhang mit der Einsatzumgebung der Maschine</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– umweltbedingte Bedenken in Bezug auf die Konstruktion, d. h. Einbau in Erdbebengebieten</li> <li>– Fehlinterpretation des tatsächlichen Problems und dadurch weiteres Problem durch falsche oder unnötige Handlungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– höhere Gewalt</li> <li>– situationsbedingtes Versagen</li> <li>– unsichere Reflexhandlung</li> </ul>	Abschnitt 4

Tabelle A.1 — (fortgesetzt)

Nr.	Art oder Gruppe	Gefährdungsbeispiele		Abschnitt Bezug
		Ursprung	Mögliche Auswirkungen	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Eine Handlung oder ein Versagen 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> </ul>		
10	<b>Kombinationen von Gefährdungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– unerwartete Bewegungen des Roboters oder des Endeffektors oder der dazugehörigen Maschine</li> <li>– unvorhersehbares Verhalten von Bedienelementen der Maschine aufgrund elektromagnetischer Störungen oder Spannungsstößen in der Energiequelle</li> <li>– Robotersystem soll von einer Person gestartet werden, dieser Vorgang wird jedoch von einer anderen Person nicht erwartet</li> <li>– Fehldeutung der kollaborierenden Roboter oder der simultanen Bewegung</li> <li>– der ausgegebene Stoppbefehl stoppt den Roboter in einem unvollständigen Zyklus</li> <li>– Geschwindigkeit des Robotersystems kann einstellbar sein, was dazu führt, dass verschiedene Aufgaben unter verschiedenen Geschwindigkeiten ausgeführt werden können</li> <li>– Fehlfunktionen der Steuerung mit resultierendem Lösen von Halteeinrichtungen an der Einlegestation oder den Endeffektoren; ermöglicht Bewegung unter Restkräften (Trägheit, Schwerkraft, Feder/Energiespeichermittel) und kann zu einem Geschoss werden</li> <li>– Fehlfunktion der Steuerung mit resultierendem Lösen der Bremse des Roboterarms, Lösen der Bremse bewirkt, dass sich die Roboterelemente unter Restkräften (Trägheit, Schwerkraft, Feder/Energiespeichermittel) unerwartet bewegen</li> <li>– unerwartete Bewegungen des Roboters, der Endeffektoren, der Hilfsachse oder zugehöriger Ausrüstung(en)</li> <li>– Ausfall einer Schutzeinrichtung im Hinblick auf ihre erwartete Funktion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Wiederherstellung der Energieversorgung nach einer Unterbrechung</li> <li>– äußere Einflüsse auf die Energieversorgung</li> <li>– unerwarteter Anlauf</li> </ul>	Abschnitt 4 5.2.2 5.2.3 5.2.4 5.2.5 5.2.6 5.2.7 5.3.2 5.3.3 5.3.5 5.4 5.5 5.7 5.8 5.9 5.10

Tabelle A.1 — (fortgesetzt)

Nr.	Art oder Gruppe	Gefährdungsbeispiele		Abschnitt Bezug
		Ursprung	Mögliche Auswirkungen	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ausfall einer angeschlossenen Maschine im Hinblick auf ihre erwartete Funktion</li> <li>– lose ungesicherte Schläuche und Bauteile lösen sich ab oder schlagen umher</li> <li>– unsachgemäßer Einbau von Bauteilen verursacht unerwartete Bewegung/Gefährdung</li> <li>– rotierende Teile unter Hochgeschwindigkeit brechen oder lösen sich aus den Rückhalteeinrichtungen</li> <li>– Überlastung des Roboterarms oder zugehöriger Ausrüstung führt zum Bruch oder Verformung mechanischer Bauteile</li> <li>– Berührung durch prozessbedingten Ausstoß (d. h. Punktschweißen)</li> <li>– Rückhalteinrichtung für Teile versagt</li> <li>– unbefestigter Roboter oder dazugehöriges Maschinenteil (durch Schwerkraft in Position gehalten) versagt oder stürzt um</li> <li>– Handhabungsfehler während des in Betrieb nehmens oder des außer Betrieb nehmens</li> <li>– Teile können herabfallen, falls nicht ordnungsgemäß befestigt oder unsachgemäß eingebaut</li> <li>– unzureichende Beleuchtung im Bedienbereich oder in der Roboterzelle</li> <li>– Hindernisse auf dem Zellenboden</li> <li>– rutschiger Boden</li> <li>– ungeeigneter Ort für die Versorgungsanlagen</li> <li>– anwendungsspezifische Gefährdungen</li> </ul>		

## Anhang B (normativ)

### Anhaltezeit und Anhalteweg

Dies ist eine Darstellung, die bei der Angabe der in 7.2 n) geforderten Benutzerinformation zu verwenden ist, um standardisierte Daten aller Hersteller sicherzustellen. Diese Informationen werden benötigt, um den Sicherheitsabstand bei Anwendung von Schutzeinrichtungen berechnen zu können. Damit diese Informationen verwendbar und sinnvoll sind, müssen Werte für veränderliche Schritte bis zu den Maximalbedingungen angegeben werden, um die tatsächlichen Betriebsbedingungen vorhersagen zu können.

Prüfungen müssen unter den anwendbaren Bedingungen der Leistungsprüfung, die in ISO 9283:1998, Abschnitt 6 beschrieben sind, durchgeführt werden. Dies umfasst folgende Bereiche:

- a) Der Manipulator muss vor der Prüfung warmgelaufen sein.
- b) Der Roboter muss nach den Anforderungen des Herstellers montiert sein.
- c) Die Umgebungsanforderungen zu Energie, Temperatur usw. müssen erfüllt sein.
- d) Es muss ein zweckmäßiges Prüfverfahren festgelegt sein.
- e) Das Messverfahren muss beschrieben werden.

Der Hersteller muss das Nachlassen des Stoppvermögens infolge des normalen Gebrauchs einschätzen und Empfehlungen aussprechen, wann der Roboter überholt werden sollte.

Die Anforderungen an Daten sind wie folgt:

- Die Stoppzeit muss ab Auslösung des Stoppsignals bis zum vollständigen Stillstand des Manipulators ermittelt werden.
- Sind validierte Simulationswerte verfügbar, können diese Werte auch unter Anwendung von Simulation ermittelt werden.

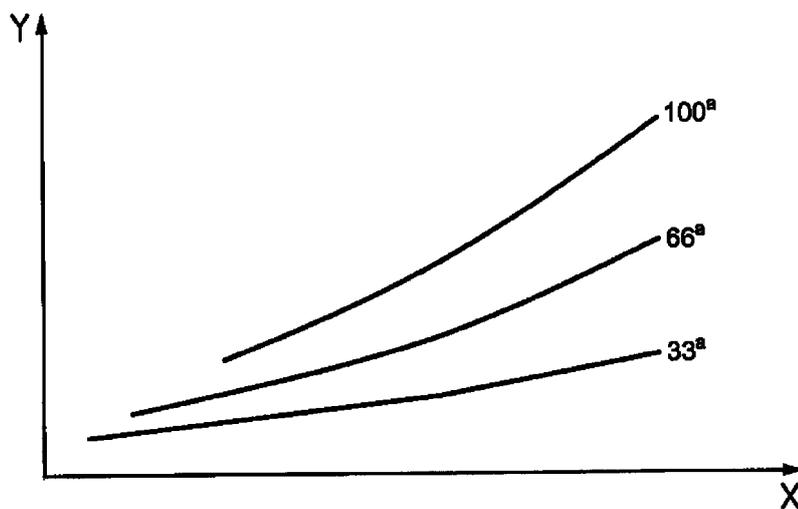
**ANMERKUNG** Diese Daten können variieren, je nach zusätzlichen Verzögerungen aufgrund von Eigenschaften und Anordnung des Steuerungssystems, z. B. kabellose Handbediengeräte.

Der Anhalteweg muss nach Auslösung des Stoppsignals als Gesamtweg ermittelt werden. Der Weg ist in Linear- oder Winkeleinheiten, je nach Zweckmäßigkeit, anzugeben.

Für Stoppkategorie 0 nach IEC 60204-1, sind die Messverfahren unter Maximalbedingungen, (d. h. maximale Geschwindigkeit, maximale Last und maximale Verschiebung) ausreichend. Besitzt der Roboter Stoppkategorie 1, müssen zusätzliche Daten oder Korrekturfaktoren vorgesehen werden. Für Stoppkategorie 1 müssen die Werte für Stoppzeit und Weg in Abhängigkeit von Geschwindigkeit, Last und Bewegungsbereich (Auslenkung) bei 33 %, 66 % und 100 % der maximalen Werte festgelegt werden, sofern diese auf Konstruktion basierenden Werte von den Maximalwerten abgeleitet werden können. In diesem Fall müssen 100%- Maximalwerte mit den notwendigen Formeln zum Ermitteln von Zwischenwerten angegeben werden.

Die für Geschwindigkeit, Last und Bewegungsbereich (Auslenkung) verwendeten Werte müssen Maximalwerte darstellen. Der Hersteller muss eine Beschreibung zur Verfügung stellen, aus der hervorgeht, wie der Integrator seine eigene Messung von Anhaltewegen und Zeit in einer realen Zelle, mit einem realen Roboter und mit realem Werkzeug und realen Lasten durchführen kann.

Die Daten sind für die drei Achsen mit der größten Auslenkung anzugeben. Bild B.1 zeigt ein Beispiel für eine mögliche Darstellung.



**Legende**

X Geschwindigkeit (mm/s)

Y Anhaltezeit (s)

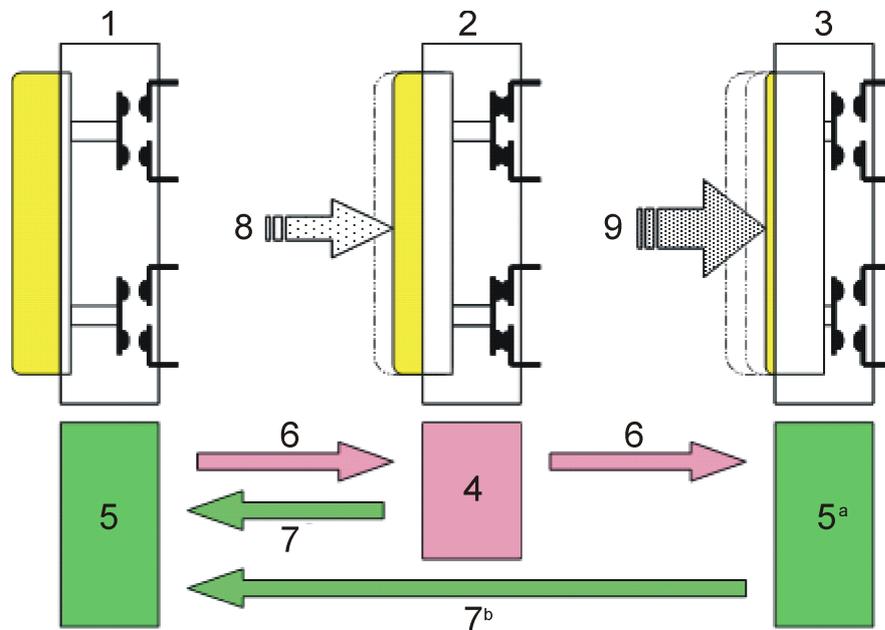
<sup>a</sup> Last (%)

ANMERKUNG Achse 1 Anhaltezeit gegenüber Geschwindigkeit und Nutzlast, Kategorie 1 Stopp.

**Bild B.1 — Beispieldiagramm für die Anhaltezeit**

## Anhang C (informativ)

### Funktionsweise einer dreistufigen Zustimmungseinrichtung



#### Legende

- 1 Position 1
- 2 Position 2
- 3 Position 3
- 4 EIN
- 5 AUS
- 6 drücken
- 7 loslassen
- 8 leicht drücken
- 9 stark drücken

<sup>a</sup> Wird das Bedienteil vollständig in die Position 3 gedrückt, öffnet sich der Kontakt wieder.

<sup>b</sup> Wenn das Bedienteil aus der Position 3 in die Position 1 zurückkehrt, muss der Kontakt geöffnet bleiben, ohne die Funktion der Position 2 auszuführen.

**Bild C.1 — Funktionsweise einer dreistufigen Zustimmungseinrichtung**

## Anhang D (informativ)

### Optionale Eigenschaften

#### D.1 Allgemeines

Die in Abschnitten 4 bis 7 festgelegten Anforderungen bilden das Mindestmaß, um die Sicherheit eines Roboters zu gewährleisten. Zur Erhöhung der Sicherheit kann der Roboter um viele weitere Eigenschaften ergänzt werden, die jedoch nicht notwendigerweise geforderte Sicherheitskriterien im eigentlichen Sinn sind, bzw. keine sicherheitsbezogenen Leistungsfähigkeit nach ISO 13849-1 oder ähnliche Normen erfordern.

Die in diesem Anhang beschriebenen optionalen Eigenschaften sind nicht nach ihrer Bedeutung oder Wichtigkeit geordnet. Roboter, die mit diesen Eigenschaften ausgestattet sind, sind im Einsatz und in der Wiederverwendung flexibler und besitzen eine höhere sicherheitsbezogene Leistungsfähigkeit.

ANMERKUNG 1 Die in Abschnitten D.2, D.3 und D.4 genannten Eigenschaften sind für die Flexibilität der Installation wesentlich, falls der Roboter einmal für eine andere Anwendung eingesetzt werden sollte als die, für die er ursprünglich gestaltet und konfiguriert wurde.

ANMERKUNG 2 Die in D.5, D.6 und D.7 genannten Eigenschaften führen zu einer erhöhten Sicherheit in Robotersystemen, obwohl sie keine „sicherheitsbezogenen“ Eigenschaften sind.

#### D.2 Not-Halt Ausgangsfunktionen

- a) Anforderungen an das Leistungsvermögen in Bezug auf Not-Halt Ausgangsfunktionen siehe 5.5.1. Dieses Signal ermöglicht einen gesamten Not-Halt (Not-Halt des Roboters ist in diesem Fall auch Not-Halt des Systems).
- b) Not-Halt Einrichtung müssen auch funktionsfähig sein, wenn keine Energieversorgung an der Robotersteuerung gemäß 5.5.2 ansteht

#### D.3 Merkmale von Zustimmungseinrichtungen

- a) Möglichkeit des Zusammenschaltens von Zustimmungseinrichtungen in einen gemeinsamen Schaltkreis, wodurch mehrere Roboter und Einrichtungen gesteuert werden
- b) Möglichkeit, weitere Zustimmungseinrichtungen mit dem Zustimmungskreis zu verbinden

#### D.4 Betriebsartenwahl

- a) Möglichkeit, Informationen bezüglich der gewählten Betriebsart an das sicherheitsbezogene Steuerungssystem zu geben
- b) Ausgang muss 5.7.1 entsprechen

#### D.5 Antikollisionserkennung

Um Schäden an Personen am effektivsten zu verhindern, sollte der Roboter anhalten und ein Warnsignal erzeugen, wenn eine Kollision erkannt wird und sich nicht ohne Eingreifen des Bedieners in eine andere Position bewegen.

## **D.6 Erhalt der Bahngenaugigkeit bei allen Geschwindigkeiten**

Dies würde das Erfordernis, eine Roboterbewegung von einer Gefahrenposition aus zu beobachten, begrenzen.

## **D.7 Sicherheitsbewertete Software zur Achs- und Raumbegrenzung**

Wie in 5.12.3 beschrieben, würden diese Begrenzungen die Programmierung von ausschließenden und einschließenden Bereichen zulassen.

## **D.8 Messung des Stoppvermögens**

Falls im Lieferumfang enthalten, sollte eine Messung und Überwachung des Stoppvermögens des Roboters eine oder mehrere der folgenden Eigenschaften aufweisen:

- a) Auswahlmöglichkeit zur Messung und Aufzeichnung des Stoppvermögens bei der nächsten Anforderung
- b) Auswählen des Eingabeereignisses zur Bestimmung des Starts des Stoppvorgangs (z. B. Signal der Schutzeinrichtung, Signal Sicherheitshalt)
- c) Grenzwerte für Warnungen einstellen, wenn diese Grenzwerte überschritten werden

## Anhang E (informativ)

### Methoden zur Kennzeichnung

Tabelle E.1 gibt Beispiele für grafische Symbole, mit denen die Betriebsarten nach 5.7. gekennzeichnet werden können. Den grafischen Symbolen kann erläuternder Text hinzugefügt werden, um die Hinweise über die Betriebsartenwahl und die erwartete Leistung so genau wie möglich auszuführen.

**Tabelle E.1 — Kennzeichnung der Roboter-Betriebsarten**

Unterabschnitt	Betriebsart	Grafisches Symbol	ISO 7000 Bezug
5.7.2	Automatik		0017
5.7.3	„Manuell mit reduzierter Geschwindigkeit“		0096

## Anhang F (normativ)

### Mittel zur Verifizierung der Sicherheitsanforderungen und Maßnahmen

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

Siehe 6.3 bezüglich Anmerkungen für die Anwendung dieser Tabelle.

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

Unterabschnitt	Zutreffende Sicherheitsanforderungen und/oder Maßnahmen	Verifizierungs- und/oder Validierungsmethode (siehe 6.2)						
		A	B	C	D	E	F	G
5.2	<b>Allgemeine Anforderungen</b>							
5.2.1	Feststehende oder bewegliche trennende Schutzeinrichtungen sind zum Schutz gegen Gefährdungen z. B. durch Wellen, Getriebe, Antriebsriemen oder Gestänge eingebaut	X			X			
5.2.1	Feststehende trennende Schutzeinrichtungen, die für routinemäßige Instandhaltungsarbeiten entfernt werden, haben unverlierbare Befestigungsmittel		X					X
5.2.1	Bewegliche trennende Schutzeinrichtungen sind mit den gefährdenden Bewegungen so verriegelt, dass die gefährdenden Bewegungen stillgesetzt werden, bevor die Gefahrenstellen erreicht werden können		X	X	X	X		
5.2.1	Die sicherheitsbezogene Leistungsfähigkeit des Steuerungssystems eines Verriegelungssystems entspricht 5.4.					X		
5.2.2	Energieausfallt oder Energieschwankungen führen nicht zu einer Gefährdung.		X		X	X		
5.2.2	Das Wiedereinschalten der Energie löst keine Bewegung aus.		X		X	X		
5.2.2	Der Verlust oder die Veränderung der elektrischen, hydraulischen, pneumatischen oder Vakuumenergie führt nicht zu einer Gefährdung.		X		X			
5.2.2	Zusätzliche Schutzmaßnahmen zum Schutz gegen Gefährdungen, gegen die nicht durch Konstruktion geschützt werden kann, sind getroffen.	X						X
5.2.2	Restrisiken der zu erwartenden Verwendung sind in der Benutzerinformation angegeben.						X	X
5.2.3	Die Roboterbauteile sind so gestaltet, ausgeführt, gesichert oder gekapselt, dass Gefährdungen, die durch Bruch oder Lösen oder Freisetzen von gespeicherter Energie verursacht werden, auf ein Mindestmaß begrenzt sind.	X	X		X			
5.2.4	Möglichkeit zum Verriegeln oder anderweitigen Sichern getrennter gefährdender Energie zum Roboter im energielosen Zustand.	X	X	X		X		

Tabelle F.1 — (fortgesetzt)

Unterabschnitt	Zutreffende Sicherheitsanforderungen und/oder Maßnahmen	Verifizierungs- und/oder Validierungsmethode (siehe 6.2)						
		A	B	C	D	E	F	G
5.2.5	Einrichtung für das kontrollierte Freisetzen gespeicherter gefährdender Energie ist vorgesehen.		X			X		X
5.2.5	Ein Warnschild zur Kennzeichnung der Gefährdung durch gespeicherte Energie ist angebracht.	X						
5.2.6	Erwartete Auswirkungen einer elektromagnetischen Störung, einer Funkfrequenzstörung und einer elektrostatischen Entladung lösen keine gefährdende Bewegung aus.		X	X		X		
5.2.7	Die elektrische Ausrüstung des Roboters ist entsprechend der zutreffenden Anforderungen der IEC 60204-1 gestaltet und ausgeführt.	X	X			X		X
5.3	<b>Stellteile</b>							
5.3.2	Stellteile sind so konstruiert oder angeordnet, dass eine unbeabsichtigte Betätigung verhindert ist.	X	X					
5.3.3	Der Zustand der Stellteile wird deutlich angezeigt.	X	X		X			
5.3.3	Bei Verwendung einer Anzeigeleuchte ist diese für ihren Einbauort geeignet und deren Farbe erfüllt die Anforderungen gemäß IEC 60204-1.	X			X			
5.3.4	Stellteile sind so beschriftet, dass ihre Funktion deutlich erkennbar ist.	X						
5.3.5	Während sich der Roboter unter lokaler Steuerung durch ein Handbediengerät oder durch ein anderes Programmiergerät befindet, ist das Auslösen einer Roboterbewegung oder eine Änderung der lokal angewählten Steuerung von jeder anderen Bedienstelle aus verhindert.		X		X	X		
5.4	<b>Sicherheitsbezogene Leistungsfähigkeit des Steuerungssystems (Hardware/Software)</b>							
5.4.1	Die sicherheitsbezogene Leistungsfähigkeit des Steuerungssystems, welche die Ausrüstung erfüllt, ist deutlich in der Benutzerinformation angegeben.					X		X
5.4.1	Die für die Festlegung der sicherheitsbezogenen Leistungsfähigkeit des Steuerungssystems erforderlichen Daten und Kriterien sind in der Benutzerinformation enthalten.							X
5.4.2	Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen erfüllen PL=d, mit Struktur Kategorie 3, oder SIL 2 mit einer Hardware-Fehlertoleranz von 1 mit einem Proof-Test-Intervall nicht unter 20 Jahren.					X		X
5.4.2	Einzelne Fehler werden bei oder vor der nächsten Anforderung der Sicherheitsfunktion erkannt		X		X	X		
5.4.2	Bei Auftreten einzelner Fehler wird die Sicherheitsfunktion immer ausgeführt und ein sicherer Zustand wird aufrechterhalten, bis der erkannte Fehler behoben ist.		X		X	X		
5.4.2	Alle vernünftigerweise vorhersehbaren Fehler werden erkannt.		X		X	X	X	
5.4.3	Die Auswahl alternativer sicherheitsbezogenen Leistungskriterien sind spezifisch angegeben und entsprechende Einschränkungen und Vorsichtsmaßnahmen sind in der Benutzerinformation enthalten.		X		X	X	X	X

Tabelle F.1 — (fortgesetzt)

Unterabschnitt	Zutreffende Sicherheitsanforderungen und/oder Maßnahmen	Verifizierungs- und/oder Validierungsmethode (siehe 6.2)						
		A	B	C	D	E	F	G
5.5	<b>Stoppfunktionen des Roboters</b>							
5.5.1	Jeder Roboter verfügt über die Funktionen Sicherheitshalt- und einen davon unabhängigen Not-Halt.		X			X		
5.5.1	Die Stoppfunktionen haben Vorkehrungen für den Anschluss externer Schutzeinrichtungen.	X				X		
5.5.2	Der Roboter verfügt über einen oder mehrere Not-Halt Schaltkreise.					X		
5.5.2	Jede Bedienstation verfügt über eine manuell zu betätigende Not-Halt Funktion.	X	X			X		
5.5.2	Not-Halt Funktion kann nur durch manuelle Betätigung zurückgesetzt werden, was einen Wiederanlauf ermöglicht, ihn jedoch nicht auslöst	X	X		X	X		X
5.5.2	Auswahl der Kategorie 0 oder 1, durch die Risikobeurteilung festgelegt						X	
5.5.2	Wenn ein Ausgangssignal für den Not-Halt vorgesehen ist, bleibt der Ausgang weiterhin in Funktion, wenn die Roboterenergie weggenommen wird. Andernfalls wird ein Not-Halt Signal ausgelöst		X			X		
5.5.2	Die Not-Halt Einrichtung entspricht IEC 60204-1 und ISO 13850.	X	X		X	X		
5.5.3	Der Roboter verfügt über eine oder mehrere Sicherheitshalt-Funktionen mit der Möglichkeit für externe Anschlüsse		X			X		
5.5.3	Die Leistung der Sicherheitshalt-Funktion erfüllt die Anforderungen von 5.4.					X		X
5.5.3	Diese Stoppfunktion bewirkt den Stillstand aller Roboterbewegungen, nimmt die Energie von den Roboterantrieben oder steuert sie und ermöglicht die Beherrschung jeder weiteren vom Robotersystem gesteuerten Gefährdung.		X		X	X		
5.5.3	Mindestens eine Sicherheitshalt-Funktion ist Kategorie 0 oder 1.		X		X	X		
5.5.3	Ist eine zusätzliche Sicherheitshalt-Funktion der Stopp Kategorie 2 vorgesehen, führt jede unbeabsichtigte Bewegung des Roboters aus dem sicheren Stillstand heraus oder ein erkannter Ausfall der Sicherheitshalt-Funktion zu einem Stopp der Kategorie 0 (siehe IEC 60204-1).		X			X		
5.5.3	Falls vorgesehen, erfüllt die Leistung der Funktion für sicheren Stillstand und Überwachung 5.4.					X		
5.5.3	Die Benutzerinformation enthält die Beschreibung der Stoppkategorie jedes Eingangskreises des Sicherheitshalts.							X
5.6	<b>Steuerung der Geschwindigkeit</b>							
5.6.1	Die Geschwindigkeit des Werkzeugaufnahmeflansches und eines ausgewählten Werkzeugarbeitspunkts ist über wählbare Geschwindigkeiten einstellbar (Wortlaut nochmal prüfen). Selectable speeds im Text nicht berücksichtigt.		X	X		X		
5.6.1	Eine Off-Set Funktion ist vorgesehen und ermöglicht die Steuerung der Geschwindigkeit des Werkzeugarbeitspunkts.	X	X	X				X

Tabelle F.1 — (fortgesetzt)

Unterabschnitt	Zutreffende Sicherheitsanforderungen und/oder Maßnahmen	Verifizierungs- und/oder Validierungsmethode (siehe 6.2)						
		A	B	C	D	E	F	G
5.6.2	Beim Betrieb mit reduzierter Geschwindigkeit überschreitet die Geschwindigkeit des Werkzeugarbeitspunkts nicht 250 mm/s.		X	X				
5.6.3	Falls vorgesehen, entspricht die Überwachung der sicherheitsbewerteten reduzierten Geschwindigkeit 5.4.2, um sicherzustellen, dass die Grenze der reduzierten Geschwindigkeit im Fehlerfall nicht überschritten wird.		X	X		X		
5.6.4	Falls vorgesehen, ist die Geschwindigkeit des Werkzeugarbeitspunkts gemäß 5.4.2 überwacht.		X		X	X		
5.6.4	Überschreitet die Geschwindigkeit den festgelegten Grenzwert, wird ein Sicherheitshalt ausgelöst.		X		X	X		
5.7	<b>Betriebsarten</b>							
5.7.1	Betriebsarten sind mit einem Wahlschalter auswählbar, der in jeder Position abschließbar ist.	X	X					
5.7.1	Jeder Wahlschalter ist deutlich gekennzeichnet und lässt nur die Auswahl einer Betriebsart zur gleichen Zeit zu.	X	X					
5.7.1	Alternative Wahlmöglichkeiten zeigen die gewählte Betriebsart eindeutig an und lösen selbst keine Roboterbewegung oder Gefährdung aus.	X	X		X	X		
5.7.1	Optionale Ausgänge zur Anzeige der gewählten Betriebsart für sicherheitsbezogene Zwecke erfüllen 5.4.		X			X		
5.7.2	Schutzmaßnahmen sind in Funktion wenn das Anwenderprogramm des Roboters in der Betriebsart Automatik ausgeführt wird.		X		X	X		
5.7.2	Der Automatikbetrieb ist verhindert, wenn eine Stoppbedingung erkannt wird.		X			X		
5.7.2	Das Schalten aus der automatischen Betriebsart führt zu einem Stopp.		X		X	X		
5.7.3	Die Betriebsart „Manuell mit reduzierter Geschwindigkeit“ erfüllt die Anforderungen von 5.3.4 und 5.6.	X	X			X		
5.7.3	Die Betriebsart „Manuell mit reduzierter Geschwindigkeit“ ermöglicht den Betrieb des Roboters durch menschliches Eingreifen		X		X	X		
5.7.3	Die manuelle Steuerung von innerhalb des geschützten Bereichs erfolgt unter reduzierter Geschwindigkeit im Tippbetrieb und einer Zustimmungseinrichtung.		X			X		
5.7.3	Die Benutzerinformation enthält Anleitungen, dass der Betrieb in manueller Betriebsart möglichst ausgeführt werden soll, wenn sich alle Personen außerhalb des geschützten Bereichs befinden.							X
5.7.3	Die Benutzerinformation enthält Anleitungen, dass die volle Funktionalität aller aufgehobenen Schutzeinrichtungen wieder hergestellt sein muss, bevor die Betriebsart Automatik gewählt werden kann.							X
5.7.4	Die Auswahl erfordert eine bewusste Handlung sowie eine zusätzliche Maßnahme zur Bestätigung.		X		X	X		

Tabelle F.1 — (fortgesetzt)

Unterabschnitt	Zutreffende Sicherheitsanforderungen und/oder Maßnahmen	Verifizierungs- und/oder Validierungsmethode (siehe 6.2)						
		A	B	C	D	E	F	G
5.7.4	Die Ausgangsgeschwindigkeit überschreitet bei Auswahl nicht 250 mm/s.	X	X	X	X	X		
5.7.4	Handbediengerät gemäß 5.8 ist vorgesehen mit einer Tippfunktion zusätzlich zur Zustimmungseinrichtung	X	X		X	X		
5.7.4	Einrichtung, zur inkrementellen Einstellung der Geschwindigkeit vom Ausgangswert auf den vollen Programmwert in mehreren Stufen ist vorgesehen	X	X		X	X		
5.7.4	Handbediengerät zeigt eingestellte Geschwindigkeit an	X	X		X			
5.7.4	Die Geschwindigkeit des Roboters ist auf den Ausgangsgeschwindigkeitswert begrenzt, wenn die Zustimmungseinrichtung durch Betätigung des Schalters in die Mittelstellung (Freigabeposition) wieder aktiviert wird, nachdem er vorher entweder losgelassen oder durchgedrückt wurde. .		X		X	X		
5.7.4	Optional ist eine separate bewusste Handlung erforderlich, um zur höheren Geschwindigkeit zurückzukehren, die vor dem Loslassen oder dem Durchdrücken der Zustimmungseinrichtung ausgewählt wurde.		X		X	X		
5.7.4	Die Option zur Wiederaufnahme der höheren Geschwindigkeit durch die bewusste Handlung wird spätestens 5 Minuten nach Loslassen der Zustimmungseinrichtung unwirksam .		X		X	X		
5.7.4	Die Benutzerinformation enthält entsprechende Anleitungen und Warnungen, dass die manuelle Betriebsart soweit möglich so durchgeführt wird, dass sich alle Personen außerhalb des geschützten Bereichs befinden.							X
5.7.4	Die Benutzerinformation enthält Anleitungen, dass die volle Funktionalität aller aufgehobenen Schutzeinrichtungen wieder hergestellt sein muss, bevor die Betriebsart Automatik gewählt werden kann.							X
5.8	<b>Handbediengeräte</b>							
5.8.2	Die vom Handbediengerät oder der Teach-Steuereinrichtung ausgelöste Roboterbewegung erfolgt unter reduzierter Geschwindigkeit, wie in 5.6 beschrieben.		X	X		X		
5.8.2	Kann mit den Bedienelementen „Manuell mit hoher Geschwindigkeit“ ausgewählt werden, erfüllt der Roboter die Anforderungen von 5.7.4.		X		X	X		
5.8.3	Handbediengerät hat eine dreistufige Zustimmungseinrichtung	X	X			X		
5.8.3	Durch kontinuierliches Halten in der Mittelstellung (Freigabeposition) lässt die Zustimmungseinrichtung die Roboterbewegung sowie alle anderen vom Roboter gesteuerten Gefährdungen zu.		X		X	X		
5.8.3 a)	Die Zustimmungseinrichtung arbeitet unabhängig von allen anderen Funktionen / Einrichtungen zur Steuerung der Bewegung.		X			X		
5.8.3 b)	Loslassen / Durchdrücken der Zustimmungseinrichtung über die Mittelstellung (Freigabeposition) hinaus stoppt die Gefährdungen.		X		X	X		

Tabelle F.1 — (fortgesetzt)

Unterabschnitt	Zutreffende Sicherheitsanforderungen und/oder Maßnahmen	Verifizierungs- und/oder Validierungsmethode (siehe 6.2)						
		A	B	C	D	E	F	G
5.8.3 c)	Das Zurückgehen von der durchgedrückten Stellung zur Mittelstellung (Freigabeposition) lässt keine Roboterbewegung zu.		X		X	X		
5.8.3 d)	Mehrere Schalter an Zustimmungseinrichtung: befindet sich nur ein Schalter in der Mittelstellung (Freigabeposition), wird durch das Loslassen / Durchdrücken über die Mittelstellung (Freigabeposition) hinaus die Gefährdung gestoppt.		X		X	X		X
5.8.3 d)	Mehrere Schalter an Zustimmungseinrichtung : Durchdrücken eines beliebigen Schalters über die Mittelstellung (Freigabeposition) hinaus verursacht einen Sicherheitshalt.		X		X	X		X
5.8.3 d)	Mehrere Schalter an Zustimmungseinrichtung: befindet sich mehr als ein Schalter in der Mittelstellung (Freigabeposition), löst die Freigabe zusätzlicher Schalter keinen Sicherheitshalt aus.		X		X	X		X
5.8.3 d)	Die Benutzerinformation enthält eine Beschreibung über die Funktionsweise von zwei oder mehr Zustimmungsschaltern an einem Gerät und eine Warnung, dass potentielle Gefährdungen vorhanden sind.							X
5.8.3 e)	Mehrere Zustimmungseinrichtungen: Bewegung ist nicht möglich wenn sich nicht alle Zustimmungseinrichtungen in der Mittelstellung (Freigabeposition) befinden.		X		X	X		
5.8.3 f)	Das Fallenlassen einer Zustimmungseinrichtung führt nicht zu einem Fehler, der zur Freigabe der Bewegung führt.		X					
5.8.3 g)	Ausgangssignal für die Zustimmung signalisiert einen Stoppzustand wenn Spannungsversorgung für das sicherheitsbezogene System ausgeschaltet ist.		X			X		
5.8.3 g)	Ausgangssignal für die Zustimmung entspricht 5.4		X			X		
5.8.3 h)	Ein Sicherheitshalt wird ausgelöst wenn sich die Betriebsart ändert während sich die Zustimmungseinrichtung in der Mittelstellung (Freigabeposition) befindet.		X		X	X		
5.8.3 h)	Nach Änderung der Betriebsart mit der Zustimmungseinrichtung in der Mittelstellung (Freigabeposition), muss die Zustimmungseinrichtung losgelassen und wieder betätigt werden, bevor Antriebsenergie angelegt werden kann.		X		X	X		
5.8.4	Handbediengerät hat eine Stoppfunktion gemäß 5.5.2	X	X			X		
5.8.4	Not-Halt Funktion des Handbediengeräts verwendet eine Einrichtung, die sich wie eine Not-Halt Einrichtung, gemäß ISO 13850, darstellt.	X				X		X
5.8.5	Der Automatikbetrieb kann nicht ausschließlich vom Handbediengerät aus aktiviert werden.		X		X	X		
5.8.5	Ein Mittel zur separaten Bestätigung von außerhalb des geschützten Bereichs ist vorgesehen.		X		X	X		
5.8.6	Eine visuelle Anzeige ist vorgesehen, die anzeigt, wenn das Handbediengerät aktiv ist.	X	X		X	X		
5.8.6	Kommunikationsverlust zum Handbediengerät führt zu einem Sicherheitshalt		X			X		

Tabelle F.1 — (fortgesetzt)

Unterabschnitt	Zutreffende Sicherheitsanforderungen und/oder Maßnahmen	Verifizierungs- und/oder Validierungsmethode (siehe 6.2)						
		A	B	C	D	E	F	G
5.8.6	Die Wiederherstellung der Kommunikation lässt die Roboterbewegung nicht ohne gesonderte bewusste Handlung wieder anlaufen.		X			X		
5.8.6	Verwechslung zwischen aktiven und inaktiven Not-Halt Einrichtungen ist durch geeignete Aufbewahrung oder Gestaltung verhindert	X	X			X		
5.8.6	Benutzerinformation enthält Beschreibung zur Aufbewahrung oder Gestaltung							X
5.8.6	Die maximalen Ansprechzeiten für die Datenkommunikation und den Kommunikationsverlust sind in der Benutzerinformation enthalten.		X			X		X
5.8.7	Die Fähigkeit, mehrere Roboter zu steuern, erfüllt die Anforderungen in 5.9.		X		X	X		
5.9	<b>Steuerung simultaner Bewegung</b>							
5.9.1	Das Programmierhandgerät hat die Fähigkeit, einen oder mehrere Roboter unabhängig voneinander oder gleichzeitig zu bewegen.		X		X	X		
5.9.1	Bei manueller Betriebsart sind alle Funktionen des Robotersystems unter der Steuerung eines einzigen Handbediengeräts.	X	X		X	X		
5.9.2	Fähigkeit ist vorhanden, dass ein oder mehrere Roboter einen „servo-abgeschalteten“ (servo disconnected) Zustand einnehmen können		X		X	X		
5.9.2	Alle für die simultane Bewegung ausgewählten Roboter in einem Robotersystem befinden sich in der gleichen Betriebsart und im gleichen Zustand vor Ausführung der Bewegung.	X	X		X	X		
5.9.2	Jeder Roboter muss ausgewählt werden, bevor er bewegt werden kann. Es ist eine Anzeige an der Auswahlstelle vorgesehen, welche Roboter ausgewählt sind. .	X	X			X		
5.9.2	Eine innerhalb des geschützten Bereichsdeutlich sichtbare Anzeige der aktivierten Roboter ist vorgesehen.	X	X			X		
5.9.2	Unerwarteter Anlauf nicht ausgewählter Roboter ist verhindert. Diese Funktion erfüllt die Anforderungen von 5.4		X			X		
5.10	<b>Anforderungen an den kollaborierenden Betrieb</b>							
5.10.1	Roboter, die für den kollaborierenden Betrieb ausgelegt sind, sind mit einer visuellen Anzeige ausgestattet, die anzeigt, wenn sich der Roboter im kollaborierenden Betrieb befindet.	X	X		X	X		
5.10.1	Roboter entsprechen einer Anforderung oder mehreren Anforderungen in 5.10.2 bis 5.10.5		X		X	X		
5.10.2	Der Roboter hält an, wenn sich eine Person im Kollaborationsraum befindet.		X		X	X		
5.10.2	Die Stoppfunktion entspricht 5.4 und 5.5.3.		X		X	X		
5.10.2	Bei Verwendung eines Kategorie 2 Stopps, wird der Stillstand durch das sicherheitsbezogene Steuerungssystem gemäß 5.4 überwacht.		X		X	X		

Tabelle F.1 — (fortgesetzt)

Unterabschnitt	Zutreffende Sicherheitsanforderungen und/oder Maßnahmen	Verifizierungs- und/oder Validierungsmethode (siehe 6.2)						
		A	B	C	D	E	F	G
5.10.2	Ein Fehler der sicherheitsbewerteten überwachten Stoppfunktion führt zu einem Stopp der Kategorie 0.		X		X	X		
5.10.3	Die Ausrüstung für die Handführung befindet sich nahe am Endeffektor.	X				X		
5.10.3	Die Ausrüstung für die Handführung verfügt über einen Not-Halt, gemäß 5.5.2 und 5.8.4.	X	X		X	X		
5.10.3	Die Ausrüstung für die Handführung verfügt über eine Zustimmungseinrichtung gemäß 5.8.3.	X	X		X	X		
5.10.3	Der Roboter arbeitet mit einer aktiven sicherheitsbewerteten Funktion zur Überwachung der Geschwindigkeit mit einer mittels der Risikobeurteilung festgelegten Geschwindigkeitsbegrenzung.		X	X	X	X	X	
5.10.3	Die Funktion zur Geschwindigkeitsüberwachung entspricht 5.4.		X		X	X		
5.10.3	Überschreitet die überwachte Geschwindigkeit den festgelegten Geschwindigkeitsgrenzwert, wird ein Sicherheitshalt ausgelöst.		X			X		
5.10.4	Der Roboter ist in der Lage, eine festgelegte Geschwindigkeit und einen festgelegten Abstand einzuhalten.		X	X		X		
5.10.4	Die Funktionen zur Geschwindigkeits- und Abstandsüberwachung entsprechen 5.4.2.		X			X		
5.10.4	Ein Ausfall beim Einhalten der festgelegten Geschwindigkeit oder des festgelegten Abstands führt zu einem Sicherheitshalt.		X	X		X		
5.10.4	Die Anwendung des kollaborierenden Betriebs ist in der Risikobeurteilung festgelegt.					X	X	
5.10.4	Die Benutzerinformation enthält eine Anleitung zur Realisierung von Geschwindigkeitswerten und Abständen.							X
5.10.4	ISO 10218-2 wurde zur Gestaltung des kollaborierenden Betriebs angewendet.		X			X		X
5.10.5	Der Roboter begrenzt die dynamische Leistungsabgabe, die statische Kraft und die Geschwindigkeit oder Energie in Übereinstimmung mit 5.4.		X	X		X		
5.10.5	Wird ein Grenzwert überschritten, wird ein Sicherheitshalt ausgelöst.		X	X		X		
5.10.5	Die Anwendung des kollaborierenden Betriebs ist in der Risikobeurteilung, die während der Auslegung des Anwendungssystems durchgeführt wurde, festgelegt.		X			X	X	
5.10.5	Die Benutzerinformation enthält Einzelheiten über das Einstellen von Grenzwerten an den Roboterstellteilen.							X
5.11	<b>Schutz bei Singularität</b>							
5.11	Die Robotersteuerung stoppt die Bewegung und gibt eine Warnung aus, bevor der Roboter eine Singularität durchläuft bzw. korrigiert während einer koordinierten Bewegung, die durch das Programmierhandgerät ausgelöst wurde.		X	X	X			

Tabelle F.1 — (fortgesetzt)

Unterabschnitt	Zutreffende Sicherheitsanforderungen und/oder Maßnahmen	Verifizierungs- und/oder Validierungsmethode (siehe 6.2)						
		A	B	C	D	E	F	G
5.11	Die Robotersteuerung löst ein akustisches oder visuelles Warnsignal aus und durchläuft die Singularität weiter bei einer Geschwindigkeitsbegrenzung für jedes Glied des Roboterarms von maximal 250 mm/s.		X	X	X		X	
5.11	Falls die Singularität gesteuert werden kann, ohne eine gefährdende Bewegung zu verursachen, ist kein zusätzlicher Schutz erforderlich.		X		X	X	X	
5.12	<b>Achsbegrenzungen</b>							
5.12.1	Eine Möglichkeit zum Einbau einstellbarer mechanischer Anschläge ist vorgesehen, um die Bewegung der Hauptachse zu begrenzen.	X	X					X
5.12.1	Der Roboter entspricht 5.12.2 und/oder 5.12.3 (sofern nicht ausgeschlossen aufgrund einer konstruktiv begrenzten Struktur).	X	X			X		
5.12.1	Erreicht der Roboter eine Achsbegrenzung wird er angehalten.		X			X		
5.12.2	Es sind Vorkehrungen getroffen für einstellbare mechanische oder nicht-mechanische Begrenzungseinrichtungen für die Achsen zwei und drei.	X				X		X
5.12.2	Mechanische Anschläge können die Roboterbewegung bei Nennlast, maximaler Geschwindigkeit und bei maximaler und minimaler Auslenkung stoppen.	X	X	X		X		
5.12.2	Die Prüfung mechanischer harter Anschläge erfolgte ohne unterstützendes Anhalten.	X			X			
5.12.2	Die Leistung des Steuerkreises von elektro-mechanischen Begrenzungseinrichtungen entspricht den Anforderungen von 5.4.		X			X		
5.12.2	Die Steuer- und Anwenderprogramme des Roboters verändern nicht die Einstellungen der elektro-mechanischen Begrenzungseinrichtung.		X			X		
5.12.2	Die Benutzerinformation enthält Informationen über die Anhaltezeit von elektro-mechanischen Begrenzungseinrichtungen bei maximaler Geschwindigkeit, einschließlich Überwachungszeit und Weg der bis zum Erreichen eines vollständigen Stillstands zurückgelegt wird.							X
5.12.3	Bei der Verwendung sicherheitsbewerteter Softwarebegrenzungen ist der eingeschränkte Raum an der tatsächlich zu erwartenden Halteposition festgelegt, die den Nachlaufweg berücksichtigt.		X	X	X	X		
5.12.3	Die Fähigkeit zur Anwendung sicherheitsbewerteter Softwarebegrenzungen, falls unterstützt, ist in der Benutzerinformation festgelegt.							X
5.12.3	Steuerungsprogramme, die sicherheitsbewertete Softwarebegrenzungen anwenden, entsprechen 5.4.		X			X		
5.12.3	Steuerungsprogramme für sicherheitsbewertete Softwarebegrenzungen können nur durch befugtes Personal verändert werden.		X			X		

Tabelle F.1 — (fortgesetzt)

Unterabschnitt	Zutreffende Sicherheitsanforderungen und/oder Maßnahmen	Verifizierungs- und/oder Validierungsmethode (siehe 6.2)						
		A	B	C	D	E	F	G
5.12.3	Wird die sicherheitsbewertete Softwarebegrenzung übertreten, wird ein Sicherheitshalt ausgelöst.		X			X		
5.12.3	Die Bewegung während der Wiederherstellung einer sicherheitsbewerteten Softwarebegrenzung nach einer Überschreitung erfolgt unter Steuerung mit reduzierter Geschwindigkeit.		X	X				
5.12.3	Die Informationen über die aktuellen Einstellungen und die Konfiguration der Sicherheitsbegrenzungen sind einsehbar und mit einer eindeutigen Kennzeichnung dokumentiert, so dass Änderungen in der Konfiguration leicht erkennbar sind.	X						X
5.12.3	Die Benutzerinformation enthält Informationen über die Anhaltezeit von sicherheitsbewerteten Softwarebegrenzungen bei maximaler Geschwindigkeit einschließlich Überwachungszeit und Nachlaufweg bis ein endgültiger Halt erreicht ist.							X
5.12.3	Sicherheitsbewertete Bereichsausgänge zur Verwendung in Anwendungen mit dynamisch eingeschränktem Raum erfüllen 5.4.		X			X		
5.12.3	Die Hardwarekonfiguration für diese Ausgänge ist in der Benutzerinformation angegeben.							X
5.12.3	Eine sicherheitsbewertete Softwarebegrenzung kann nicht verändert werden ohne dass das sicherheitsbezogene Teilsystem erneut initialisiert wird. Eine Rekonfiguration kann nicht während der automatischen Ausführung des Anwenderprogramms durchgeführt werden.		X			X		
5.12.3	Die Autorisierung zum Ändern der sicherheitsbewerteten Softwarebegrenzung ist geschützt und gesichert.		X			X		
5.12.3	Sicherheitsbewertete Softwarebegrenzungen, falls angewendet, werden stets bei Einschalten der Energie aktiviert.		X			X		
5.12.4	Dynamische Begrenzungseinrichtungen und zugehörige Steuerungssysteme können die Roboterbewegung unter Nennlast und Geschwindigkeit anhalten. Die zugehörigen sicherheitsbezogenen Steuerungssysteme entsprechen 5.4.2, sofern die Risikobeurteilung nicht festgelegt hat, dass eine andere Kategorie erforderlich ist.		X	X	X	X		
5.13	<b>Bewegung ohne Antriebsenergie</b>							
5.13	Der Roboter ist so gestaltet, dass die Achsen in Notfällen oder außergewöhnlichen Situationen ohne Anwendung von Antriebsenergie von einer Person bewegt werden können (falls anwendbar) .	X	X		X	X		
5.13	Betätigungselemente hierfür sind frei zugänglich, jedoch vor unbeabsichtigter Betätigung geschützt.	X						
5.13	Anleitungen hierzu sind in der Benutzerinformation enthalten sowie Empfehlungen für die Ausbildung des Personals hinsichtlich des Verhaltens in Notfällen oder außergewöhnlichen Situationen.							X

Tabelle F.1 — (fortgesetzt)

Unterabschnitt	Zutreffende Sicherheitsanforderungen und/oder Maßnahmen	Verifizierungs- und/oder Validierungsmethode (siehe 6.2)						
		A	B	C	D	E	F	G
5.13	Die Benutzerinformation enthält Warnungen darüber, dass Schwerkraft und das Lösen von Bremseinrichtungen zusätzliche Gefährdungen verursachen können.							X
5.13	Falls durchführbar, sind Warnhinweise in der Nähe der Betätigungselemente angebracht.	X						
5.14	<b>Vorkehrungen zum Anheben</b>							
5.14	Es sind Anleitungen und Vorkehrungen zum Anheben des Roboters und seiner zugehörigen Bauteile vorgesehen. Sie sind für die Handhabung der erwarteten Last geeignet.	X	X		X			X
5.15	<b>Elektrische Steckverbindungen</b>							
5.15	Elektrische Steckverbinder, die eine Gefährdung verursachen können, wenn sie getrennt werden oder sich lösen können, sind so gestaltet und ausgeführt, dass ein unbeabsichtigtes Trennen verhindert ist.	X	X					
5.15	Steckverbindungen sind mit einem Mittel zur Vermeidung einer Fehlverbindung ausgestattet.	X						

## Literaturhinweise

- [1] ISO/IEC *Guide 51, Safety aspects — Guidelines for their inclusion in standards*
- [2] ISO 7000, *Graphical symbols for use on equipment — Index and synopsis*
- [3] ISO 8373:1994, *Manipulating industrial robots — Vocabulary*
- [4] ISO 9409 (alle Teile), *Manipulating industrial robots — Mechanical interfaces*
- [5] ISO 9946, *Manipulating industrial robots — Presentation of characteristics*
- [6] ISO 13851, *Safety of machinery — Two-hand control devices — Functional aspects and design principles*
- [7] ISO 13855, *Safety of machinery — Positioning of safeguards with respect to the approach speeds of parts of the human body*
- [8] ISO 14118, *Safety of machinery — Prevention of unexpected start-up*
- [9] ISO 14119, *Safety of machinery — Interlocking devices associated with guards — Principles for design and selection*
- [10] ISO 14120, *Safety of machinery — Guards — General requirements for the design and construction of fixed and movable guards*
- [11] ISO/TS 15066<sup>1)</sup>, *Robots and robotic devices — Safety requirements — Industrial collaborative workspace*
- [12] ISO/TR 23849, *Guidance on the application of ISO 13849-1 and IEC 62061 in the design of safety-related control systems for machinery*
- [13] IEC 61000-6-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-2: Generic standards — Immunity for industrial environments*
- [14] IEC 61000-6-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-4: Generic standards — Emission standard for industrial environments*
- [15] IEC 61496-2, *Safety of machinery — Electro-sensitive protective equipment — Part 2: Particular requirements for equipment using active opto-electronic protective devices (AOPDs)*
- [16] IEC 61800-5-2, *Adjustable speed electrical power drive systems — Part 5-2: Safety requirements — Functional*

---

1) in Vorbereitung.

## Anhang ZA (informative)

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

Diese Europäische Norm wurde im Rahmen eines Mandates erarbeitet, das CEN von der Europäischen Kommission und der Europäischen Freihandelszone erteilt wurde, um ein Mittel zur Erfüllung der grundlegenden Anforderungen der EU-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 unter den Anwendungsbereich dieser Norm fallen, können weitere Anforderungen und weitere EU-Richtlinien anwendbar sein.