

DIN EN ISO 10218-1



ICS 25.040.30

Entwurf

Einsprüche bis 2021-09-30
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 10218-1:2012-01;
Ersatz für
E DIN EN ISO 10218-1:2020-04

**Robotik –
Sicherheitsanforderungen –
Teil 1: Industrieroboter (ISO/DIS 10218-1.2:2021);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 10218-1:2021**

Robotics –
Safety requirements –
Part 1: Industrial robots (ISO/DIS 10218-1.2:2021);
German and English version prEN ISO 10218-1:2021

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-07-30 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nam@vdma.org möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM), 60498 Frankfurt am Main, Postfach 71 08 64 oder Lyoner Str. 18, 60528 Frankfurt am Main.

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

Gesamtumfang 218 Seiten

DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM)

Nationales Vorwort

Dieser Norm-Entwurf enthält sicherheitstechnische Festlegungen.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Die nationalen Interessen bei der Erarbeitung werden vom Ausschuss NA 060-38-01 AA „Robotik“ im DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM) wahrgenommen. Vertreter der Hersteller und Anwender von Industrierobotern sowie der Berufsgenossenschaften sind an der Erarbeitung beteiligt.

Dieser Norm-Entwurf 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).

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 10218-1:2012-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Überarbeitung der technischen Inhalte (ISO-lead) auf der Basis von Erfahrungen, die seit der Veröffentlichung von DIN EN ISO 10218-1 und DIN EN ISO 10218-2 im Jahr 2012 gewonnen wurden. Diese Norm bleibt im Einklang mit den Mindestanforderungen einer harmonisierten Typ C-Norm für Roboter in einer Industrieumgebung.
- b) Wo zutreffend, wurde die in ISO/TS 15066:2016 enthaltene Anleitung zur Sicherheit kollaborierender Robotersysteme hinzugefügt. Der größte Teil von ISO/TS 15066 wurde in ISO 10218-2 eingebunden, da die Zusammenarbeit zwischen Mensch und Roboter für die Anwendung und nicht nur für den Roboter gilt. Sicherheitsfunktionen, die eine kollaborierende Aufgabe ermöglichen, könnten in den Roboter integriert oder durch eine Schutzvorrichtung oder eine Kombination aus Roboter und Schutzvorrichtung bereitgestellt werden.
- c) Revisionen der Stoppfunktionen der Kategorie 2, Definitionen, funktionalen Sicherheitsanforderungen, Kennzeichnung, Betriebsartauswahl, Anforderungen an die Leistungs- und Kraftbegrenzung, Leistungsverlustanforderungen.

Titel de: Robotik — Sicherheitsanforderungen — Teil 1: Industrieroboter
(ISO/DIS 10218-1.2:2021)

Titel en: Robotics — Safety requirements — Part 1: Industrial robots
(ISO/DIS 10218-1.2:2021)

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden Richtlinie 2006/42/EG	6
Vorwort	9
Einleitung	10
1 Anwendungsbereich.....	12
2 Normative Verweisungen	13
3 Begriffe und Abkürzungen	14
4 Risikobewertung.....	26
5 Konstruktion und Schutzmaßnahmen	26
5.1 Konstruktion von Robotern.....	26
5.1.1 Allgemeines	26
5.1.2 Werkstoffe, mechanische Festigkeit und mechanische Konstruktion.....	26
5.1.3 Handhabung, Anheben und Transport	28
5.1.4 Verpackung.....	28
5.1.5 Stabilität.....	28
5.1.6 Temperatur und Brandrisiken	28
5.1.7 Spezielle Geräte.....	29
5.1.8 Positionshaltung	29
5.1.9 Hilfsachse (Achsen).....	29
5.1.10 Energieverlust oder Energieschwankungen	29
5.1.11 Fehlfunktion von Bauteilen	30
5.1.12 Gefährdende Energie.....	30
5.1.13 Elektrische, pneumatische und hydraulische Teile.....	31
5.1.14 Einstellung des Werkzeugarbeitspunktes (en: Tool Centre Point, TCP).....	31
5.1.15 Nutzlasteinstellung	32
5.1.16 Cybersicherheit	32
5.1.17 Roboterklasse	32
5.2 Robotersteuerungen	33
5.2.1 Allgemeines	33
5.2.2 Schutz vor unerwartetem Anlauf.....	33
5.2.3 Singularität	34
5.2.4 Verriegelungsfunktionen.....	34
5.2.5 Zustandsanzeige und Warneinrichtungen	34
5.2.6 Kennzeichnung.....	34
5.2.7 Ausschließliche Bedienung von einer Bedienstation	35
5.2.8 Betriebsarten	36
5.2.9 Mittel zur Steuerung des Roboters.....	38
5.2.10 Mittel zum Auslösen des Automatikbetriebs	40
5.3 Sicherheitsfunktionen	40
5.3.1 Allgemeines	40
5.3.2 Funktionssicherheitsnormen.....	40
5.3.3 Leistung.....	41
5.3.4 Ausfall- oder Fehlererkennung	41

5.3.5	Parametrisierung der Sicherheitsfunktionen	41
5.3.6	Kommunikation	42
5.3.7	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV).....	43
5.4	Stoppfunktionen des Roboters (altern.: Funktionen zum Stillsetzen des Roboters).....	43
5.4.1	Allgemeines	43
5.4.2	Not-Halt	44
5.4.3	Sicherheitshalt.....	45
5.4.4	Sonstige Stoppfunktionen	46
5.5	Sonstige Sicherheitsfunktionen	46
5.5.1	Anlauf- und Wiederanlaufsperr.....	46
5.5.2	Geschwindigkeitsbegrenzungsüberwachung	47
5.5.3	Zustimmungsfunktion	48
5.6	Simultane Bewegung.....	49
5.7	Begrenzung der Roboterbewegung	50
5.7.1	Allgemeines	50
5.7.2	Mechanische Achsbegrenzungseinrichtungen	51
5.7.3	Elektromechanische Achsbegrenzungseinrichtungen	51
5.7.4	Software zur Achs- und Raumbegrenzung.....	51
5.7.5	Dynamische Begrenzung	51
5.8	Bewegung ohne Antriebsenergie	52
5.9	Laser und Lasereinrichtungen	52
5.10	Fähigkeiten zu kollaborierenden Anwendungen.....	52
5.10.1	Allgemeines	52
5.10.2	Handgeführte Steuerungen (HGC)	52
5.10.3	Geschwindigkeits- und Abstandsüberwachung (en: Speed and Separation Monitoring, SSM)	53
5.10.4	Energie- und Kraftbegrenzung (en: Power and Force Limiting, PFL) durch inhärente Konstruktion oder Sicherheitsfunktionen.....	54
6	Verifizierung und Validierung von Sicherheitsanforderungen und Schutzmaßnahmen	54
6.1	Allgemeines	54
6.2	Verifizierung und Validierung.....	54
7	Benutzerinformationen	55
7.1	Allgemeines	55
7.2	Signale und Warneinrichtungen.....	55
7.3	Kennzeichnung.....	55
7.4	Schilder (Piktogramme) und schriftliche Warnungen	56
7.5	Betriebsanleitung.....	56
7.5.1	Allgemeines	56
7.5.2	Kennzeichnung.....	56
7.5.3	Bestimmungsgemäße Verwendung.....	57
7.5.4	Installation.....	57
7.5.5	Stillsetzen	58
7.5.6	Inbetriebnahme und Programmierung.....	58
7.5.7	Betrieb und Einrichten.....	58
7.5.8	Singularität	58
7.5.9	Gefährdende Energie	58
7.5.10	Bewegung ohne Antriebsenergie	59
7.5.11	Cybersicherheit.....	59
7.5.12	Funktionssicherheit	59
7.5.13	Programmierhandgeräte.....	63
7.5.14	Integration in ein Robotersystem	63
7.5.15	Wartung	63
7.5.16	Schutz gegen elektrischen Schlag.....	63
7.5.17	Ausnahme- und Notsituationen	63

7.5.18 Handhabung, Anheben und Transport	64
Anhang A (informativ) Liste signifikanter Gefährdungen	65
Anhang B (informativ) Darstellungen der Räume	70
Anhang C (normativ) Sicherheitsfunktionen	73
Anhang D (normativ) Erforderliche Informationen zu Sicherheitsfunktionen	78
Anhang E (normativ) Prüfmethodik für Roboter der Klasse I – maximale Kraft je Manipulator (F_{MPM})	80
E.1 Allgemeines	80
E.2 Prüfmethodik für Roboter der Klasse I	80
Anhang F (informativ) Symbole	88
Anhang G (normativ) Mittel zur Verifizierung und Validierung der Gestaltung und der Schutzmaßnahmen	90
Anhang H (normativ) Messung der Anhaltezeit und des Anhaltewegs	107
Anhang I (informativ) Optionale Eigenschaften	108
I.1 Allgemeines	108
I.2 Ausgänge der Not-Halt-Sicherheitsfunktion	108
I.3 Funktionalität von Zustimmungseinrichtungen	108
I.4 Betriebsartauswahl-Ausgang	108
I.5 Antikollisionserkennung	108
I.6 Erhalt der Bahngenaugigkeit bei allen Geschwindigkeiten	108
I.7 Optionale Fähigkeiten	109
I.7.1 Konfigurierbare Position als Sicherheitsfunktion mit überwachter Position	109
I.7.2 Stoppleistungs-Sicherheitsfunktion(en) oder Nicht-Sicherheitsmessung	109
I.7.3 Sicherheitsfunktion der Echtzeit-Schnittstellen	109
Literaturhinweise	110

Europäisches Vorwort

Der Text von ISO/DIS 10218-1.2:2021 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 299 „Robotics“, der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und vom Technischen Komitee CEN/TC 310 „Fortgeschrittene Fertigungstechnologien“ als prEN ISO 10218-1:2021 übernommen, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 10218-1:2011 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 10218-1.2:2021 wurde von CEN als prEN ISO 10218-1:2021 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Anhang ZA (informativ)

Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden Richtlinie 2006/42/EG

Diese Europäische Norm wurde im Rahmen eines von der Europäischen Kommission erteilten Normungsauftrages „M/396 Auftrag an CEN und CENELEC betreffend die Normung im Bereich Maschinen“ erarbeitet, um ein freiwilliges Mittel zur Erfüllung der grundlegenden Anforderungen der Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Neufassung) bereitzustellen.

Sobald diese Norm im Amtsblatt der Europäischen Union im Sinne dieser Richtlinie in Bezug genommen worden ist, berechtigt die Übereinstimmung mit den in Tabelle ZA.1 aufgeführten normativen Abschnitten dieser Norm innerhalb der Grenzen des Anwendungsbereiches dieser Norm zur Vermutung der Konformität mit den entsprechenden grundlegenden Anforderungen der Richtlinie und den zugehörigen EFTA-Vorschriften.

**Tabelle ZA.1 — Übereinstimmung zwischen dieser Europäischen Norm und Anhang I der
Richtlinie 2006/42/EG**

Die relevanten grundlegenden Anforderungen der Richtlinie 2006/42/EG	Abschnitt(e)/Unterabschnitt(e) dieser EN	Anmerkungen/Hinweise
1.1.2. Grundsätze für die Integration der Sicherheit	4, 5, 6, 7.5.3, Anhang G	
1.1.3. Materialien und Produkte	5.1.2.2	
1.1.5. Konstruktion der Maschine im Hinblick auf die Handhabung	5.1.3, 5.1.4, 7.5.18	
1.1.6. Ergonomie	5.2.5, 5.2.9.1, 5.2.9.2	
1.2.1. Sicherheit und Zuverlässigkeit von Steuerungen	5.1.2, 5.1.5, 5.1.8, 5.2.1, 5.2.2, 5.2.9.3, 5.3, 5.4.1, 5.4.3.1, 5.5.1, 5.5.3, 5.6, 5.7, Anhang C	
1.2.2. Stellteile	5.1.13, 5.2.5, 5.2.7, 5.2.8.2.3, 5.2.9.1, 5.2.9.3, 5.2.10, 5.4.1, 5.4.2, 5.6	
1.2.3. Eingangsetzen	5.5.1, 5.2.8.1, 5.2.8.3, 5.2.9.3	
1.2.4.1. Normales Stillsetzen	5.4.1, 5.4.4	
1.2.4.2. Betriebsbedingtes Stillsetzen	5.4.3.3	
1.2.4.3. Stillsetzen im Notfall	5.2.9.3, 5.4.1, 5.4.2, 5.10.1, 5.10.2	
1.2.5. Wahl der Steuerungs- oder Betriebsarten	5.2.8.2, 5.2.8.3	
1.2.6. Störung der Energieversorgung	5.1.8, 5.1.10, 5.3, 5.5.1.1	

Die relevanten grundlegenden Anforderungen der Richtlinie 2006/42/EG	Abschnitt(e)/Unterabschnitt(e) dieser EN	Anmerkungen/Hinweise
1.3.1. Risiko des Verlusts der Standsicherheit	5.1.2, 5.1.3, 5.1.5, 7.5.4	
1.3.2. Bruchrisiko beim Betrieb	5.1.2, 5.1.11, 5.1.13, 7.5.15	
1.3.4. Risiken durch Oberflächen, Kanten und Ecken	5.1.2.4, 5.10.2	
1.3.7. Risiken durch bewegliche Teile	5.1.2.4, 7.5.17	
1.3.8. Wahl der Schutzeinrichtungen gegen Risiken durch bewegliche Teile	5.1.2.4	
1.3.8.1. Bewegliche Teile der Kraftübertragung	5.1.2.4, 5.2.4	
1.3.9. Risiko unkontrollierter Bewegungen	5.1.8	
1.4.1. Allgemeine Anforderungen	5.5.3, 5.7, 5.10	
1.4.2.1. Feststehende trennende Schutzeinrichtungen	5.1.2.4	
1.4.2.2. Bewegliche trennende Schutzeinrichtungen mit Verriegelung	5.1.2.4, 5.2.4	
1.4.3. Besondere Anforderungen an nichttrennende Schutzeinrichtungen	5.3, Anhang H	
1.5.1. Elektrische Energieversorgung	5.1.13	
1.5.2. Statische Elektrizität	5.1.12	
1.5.3. Nichtelektrische Energieversorgung	5.1.13	
1.5.4. Montagefehler	5.1.2.4, 5.1.13, 7.5.15	
1.5.5. Extreme Temperaturen	5.1.6	
1.5.6. Brand	5.1.6	
1.5.9. Vibrationen	5.10.2	
1.6.3. Trennung von den Energiequellen	5.1.12	
1.7.1. Informationen und Warnhinweise an der Maschine	7.1, 7.4	
1.7.1.1. Informationen und Informationseinrichtungen	5.2.5, 5.2.9.1, 7.1	
1.7.1.2. Warneinrichtungen	5.2.5, 7.2	
1.7.2. Warnung vor Restrisiken	7.5.3, 7.5.12.6	

Die relevanten grundlegenden Anforderungen der Richtlinie 2006/42/EG	Abschnitt(e)/Unterabschnitt(e) dieser EN	Anmerkungen/Hinweise
1.7.3. Kennzeichnung der Maschinen	7.3	
1.7.4. Betriebsanleitungen	7.1	
1.7.4.1. Allgemeine Grundsätze für die Abfassung der Betriebsanleitung	7.5.1	
1.7.4.2. Inhalt der Betriebsanleitung	7.1, 7.5	
2.2.1. Allgemeines	5.10.2	
2.2.1.1. Betriebsanleitungen	7.5.15	
4.1.2.1. Risiken durch mangelnde Standsicherheit	5.1	
4.1.2.3. Festigkeit	5.1.2	
4.1.2.4. Rollen, Trommeln, Scheiben, Seile und Ketten	5.1.2.3	
4.1.3. Zwecktauglichkeit	5.1.2.3	
4.2.1. Bewegungssteuerung	5.2.8.2.2, 5.2.8.2.3, 5.5.3, 5.10.2	
4.3.3. Maschinen zum Heben von Lasten	7.3	
4.4.2. Maschinen zum Heben von Lasten	7.5.3	

WARNHINWEIS 1 — Die Konformitätsvermutung bleibt nur bestehen, so lange die Fundstelle dieser Europäischen Norm in der im Amtsblatt der Europäischen Union veröffentlichten Liste erhalten bleibt. Anwender dieser Norm sollten regelmäßig die im Amtsblatt der Europäischen Union zuletzt veröffentlichte Liste einsehen.

WARNHINWEIS 2 — Für Produkte, die in den Anwendungsbereich dieser Norm fallen, können weitere Rechtsvorschriften der EU anwendbar sein.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 299, *Robotics*, in Zusammenarbeit mit dem Europäischen Komitee für Normung (CEN), Technisches Komitee CEN/TC 310, *Fortgeschrittene Fertigungstechnologien*, in Übereinstimmung mit der Vereinbarung zur technischen Zusammenarbeit zwischen ISO und CEN (Wiener Vereinbarung) erarbeitet.

Diese dritte Ausgabe ersetzt die zweite Ausgabe (ISO 10218-1:2011), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

- Einbindung der Sicherheitsanforderungen an Industrieroboter für den Einsatz in gemeinschaftlichen Anwendungen (vormals der Inhalt von ISO/TS 15066);
- Klärung der Anforderungen an die Funktionssicherheit;
- Hinzufügen von Anforderungen an die Cybersicherheit, soweit diese für die Sicherheit von Industrierobotern gelten.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 10218 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

Einleitung

Die Normenreihe ISO 10218 wurde unter Berücksichtigung der von Robotik in einer Industrieumgebung ausgehenden besonderen Gefährdungen erarbeitet. Dieses ISO-Dokument behandelt Roboter als unvollständige Maschinen, während ISO 10218-2 in vollständige Maschinen (Systeme, Anwendungen, Zellen) integrierte Roboter behandelt.

Dieses ISO-Dokument ist eine Typ-C-Norm nach ISO 12100.

Dieses Dokument ist insbesondere für die folgenden interessierten Kreise von Relevanz, die die Marktakteure im Hinblick auf die Robotersicherheit repräsentieren:

- Roboterhersteller (kleine, mittlere und große Unternehmen);
- Robotersystem-/Anwendungsintegratoren (kleine, mittlere und große Unternehmen);
- Organisationen des Arbeits- und Gesundheitsschutzes (Gesetzgeber, Unfallversicherungen, Marktaufsicht usw.).

Andere Interessengruppen können durch das in diesem Dokument (durch die oben genannten Interessengruppen) festgeschriebene Sicherheitsniveau betroffen sein. Es handelt sich dabei um:

- Robotersystemanwender/Arbeitgeber (kleine, mittlere und große Unternehmen);
- Robotersystemanwender/Arbeitnehmer (z. B. Gewerkschaften);
- Dienstleister, z. B. für Wartungsarbeiten (kleine, mittelständische und große Unternehmen);

Den oben angeführten Interessengruppen wurde die Möglichkeit gegeben, sich an dem Entwurfsprozess zu diesem Dokument zu beteiligen.

Auf die Roboter die behandelten Gefährdungen, Gefährdungssituationen und Gefährdungsereignisse wird im Anwendungsbereich dieses ISO-Dokuments hingewiesen.

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.

In Anbetracht der unterschiedlichen Eigenschaften der Gefährdungen bei verschiedenen Anwendungen von Industrierobotern ist die Normenreihe ISO 10218 in zwei Teile unterteilt. Dieses ISO-Dokument enthält die Anforderungen für die Sicherheit in der Konstruktion und dem Bau des Roboters. Da die Sicherheit bei der Anwendung von Industrierobotern von der Gestaltung und Anwendung der Roboteranwendung beeinflusst wird, legt ISO 10218-2 Anforderungen für den Schutz der Bediener während der Integration, der Inbetriebnahme, der Funktionsprüfung, des Programmierens, des Betriebs und der Instandhaltung fest.

Die Normenreihe ISO 10218 behandelt Robotertechnik in einer Industrieumgebung, die aus Arbeitsplätzen besteht, von der die Öffentlichkeit ausgeschlossen ist und die Personen (Bediener) arbeitende Erwachsene sind. Andere Normen behandeln Themen wie Koordinatensysteme und Achsenbewegungen, allgemeine Eigenschaften, Leistungskriterien und damit verbundene Prüfverfahren, Terminologie und mechanische Schnittstellen.

Um das Lesen dieses ISO-Dokuments zu erleichtern, beziehen sich die Begriffe „Roboter“ und „Robotersystem“ auf „Industrieroboter“ und „Industrierobotersysteme“ nach der Festlegung in diesem Dokument.

Dieses ISO-Dokument wurde auf der Basis von Erfahrungen aktualisiert, die seit der Veröffentlichung der Normenreihe ISO 10218 im Jahr 2011 gewonnen wurden. Dieses Dokument bleibt im Einklang mit den Mindestanforderungen einer harmonisierten Typ-C-Norm für Roboter in einer Industrieumgebung.

Wo zutreffend wurde ISO/TS 15066:2016 zur Sicherheit kollaborierender Robotersysteme zur Normenreihe ISO 10218 hinzugefügt. Der größte Teil von ISO/TS 15066 wurde in ISO/DIS 10218-2:2020 eingebunden, da die Zusammenarbeit zwischen Mensch und Roboter für die Anwendung und nicht nur für den Roboter gilt. Sicherheitsfunktionen, die eine kollaborierende Aufgabe ermöglichen, können in den Roboter integriert oder durch eine Schutzvorrichtung oder eine Kombination aus Roboter und Schutzvorrichtung bereitgestellt werden.

Es ist wichtig, zu betonen, dass der Begriff „kollaborativer Roboter“ nicht in diesem ISO-Dokument verwendet wird, da nur die Anwendung als kollaborierende Anwendung entwickelt, verifiziert und validiert werden kann. Darüber hinaus wird der Begriff „kollaborierender Betrieb“ nicht in diesem Dokument verwendet.

Revisionen umfassen das Folgende:

- Stoppfunktionen der Kategorie 2;
- Cybersicherheit;
- Begriffe und Abkürzungen;
- Einzelheiten innerhalb des Abschnitts zur Benutzerinformation;
- funktionale Sicherheitsanforderungen;
- Anforderungen an handgeführte Steuerungen (en: Hand-Guided Control, HGC);
- Kennzeichnung;
- Anforderungen an mechanische Festigkeit und Stabilität;
- Betriebsartauswahl;
- Anforderungen an die Energie- und Kraftbegrenzung (en: Power and Force Limiting, PFL), um kollaborierende Anwendungen zu ermöglichen;
- Leistungsverlustanforderungen;
- Anforderungen an handgeführte Steuerungen (HGC);
- Klassifizierung der Roboter (Klasse I und Klasse II) in Bezug auf funktionale Sicherheitsanforderungen;
- Raumbegrenzungen (maximal, eingeschränkt) wie in Anhang B dargestellt;
- Anforderungen an die Geschwindigkeits- und Abstandsüberwachung (en: Speed and Separation Monitoring, SSM), um kollaborierende Anwendungen zu ermöglichen;
- Prüfmethodik zur Bestimmung der maximalen Kraft je Manipulator bei Robotern der Klasse I.

1 Anwendungsbereich

Dieses ISO-Dokument legt Anforderungen für die eigensichere Konstruktion, für Schutzmaßnahmen und Informationen für die Nutzung von Robotern in Industrieumgebungen fest.

Dieses ISO-Dokument betrachtet den Roboter als unvollständige Maschine.

Dieses ISO-Dokument gilt nicht für die folgenden Verwendungen und Produkte:

- Unterwasser;
- Strafverfolgung;
- Militär (Verteidigung);
- Luft- und Raumfahrtroboter, einschließlich Weltraum;
- Medizinroboter;
- Gesundheitspflegeroboter;
- Prothesen und sonstige Hilfsmittel für Körperbehinderte;
- Serviceroboter, deren Dienste von Personen beansprucht werden und daher öffentlich zugänglich sind;
- Konsumprodukte für die Verwendung im Haushalt, da diese öffentlich zugänglich sind;
- Anheben oder Transport von Personen;
- mobile Plattformen;
- Tele-betriebene Manipulatoren.

ANMERKUNG 1 Anforderungen an Robotersysteme, die Integration und Anwendungen werden in ISO 10218-2 behandelt.

ANMERKUNG 2 Durch spezielle Anwendungen können zusätzliche Gefährdungen verursacht werden (z. B. Schweißen, Laserstrahlschneiden, spanabhebende Bearbeitung). Diese systembezogenen Gefährdungen sind bei der Konstruktion von Robotersystemen und Roboteranwendungen zu beachten. Siehe ISO 10218-2.

Dieses Dokument behandelt alle signifikanten Gefährdungen, Gefährdungssituationen oder Gefährdungsereignisse, wenn sie bestimmungsgemäß und unter bestimmten Bedingungen von durch den Hersteller vernünftigerweise vorhersehbaren Fehlanwendungen verwendet werden.

Dieses Dokument behandelt nicht Gefährdungen in Zusammenhang mit:

- schweren Bedingungen (z. B. extreme Klimabedingungen, Anwendungen bei sehr niedrigen Temperaturen, starke Magnetfelder) außerhalb der Herstellerangaben;
- Untertagenutzung;
- spezifischen Hygieneanforderungen;
- der Verwendung in nuklearen Umgebungen;
- der Verwendung in möglicherweise explosiven Umgebungen;

- der Verwendung in Umgebungen mit ionisierender und nichtionisierender Strahlungsbelastung;
- gefährlicher ionisierender und nichtionisierender Strahlung;
- der Handhabung von Lasten, deren Eigenschaften zu gefährlichen Situationen führen kann (z. B. geschmolzene Metalle, Säuren/Basen, strahlende Materialien);
- Umgang, Beförderung oder Transport von Personen;
- der Öffentlichkeit oder wenn nicht berufstätigen Erwachsene Zugang haben, d. h. Serviceroboter, Konsumgüter.

Lärmemission wird im Allgemeinen nicht als signifikante Gefährdung, die vom Roboter allein ausgeht, betrachtet; daher ist Lärm aus dem Anwendungsbereich dieses Dokuments ausgeschlossen.

Dies gilt nicht für Roboter, die vor dessen Veröffentlichung hergestellt wurden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe.

ISO 4413:2010, *Hydraulic fluid power — General rules and safety requirements for systems and their components*

ISO 4414:2010, *Pneumatic fluid power — General rules and safety requirements for systems and their components*

ISO 7010:2019, *Graphical symbols — Safety colours and safety signs — Registered safety signs*

ISO 12100:2010, *Safety of machinery — General principles for design — Risk assessment and risk reduction*

ISO 13732-1:2006, *Ergonomics of the thermal environment — Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces — Part 1: Hot surfaces*

ISO 13849-1:2015, *Safety of machinery — Safety-related parts of control systems — Part 1: General principles for design*

ISO 13850:2015, *Safety of machinery — Emergency stop — Principles for design*

ISO 14118:2017, *Safety of machinery — Prevention of unexpected start-up*

ISO 14119:2013, *Safety of machinery — Interlocking devices associated with guards — Principles for design and selection*

ISO 14120:2015, *Safety of machinery — Guards — General requirements for the design and construction of fixed and movable guards*

ISO 19353:2019, *Safety of machinery — Fire prevention and fire protection*

ISO 20607:2002, *Safety of machinery — Instruction handbook — General drafting principles*

ISO 20643:2005/AMD 1:2012, *Mechanical vibration — Hand-held and hand-guided machinery — Principles for evaluation of vibration emission*

IEC 60204-1:2016, *Safety of machinery — Electrical equipment of machines — Part 1: General requirements*

IEC 60947-5-8:2006, *Low-voltage switchgear and controlgear — Part 5-8: Control circuit devices and switching elements — Three-position enabling switches*

IEC 61310-1:2007, *Safety of machinery — Indication, marking and actuation — Part 1: Requirements for visual, acoustic and tactile signals*

IEC 61310-2:2007, *Safety of machinery — Indication, marking and actuation — Part 2: Requirements for marking*

IEC 61310-3:2007, *Safety of machinery — Indication, marking and actuation — Part 3: Requirements for locations and operation of actuators*

IEC 61508-2:2010, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems — Part 2: Requirements for electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*

IEC 62061:2015, *Safety of machinery — Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems*

IEC 62745:2017, *Safety of machinery — Requirements for cableless control systems of machinery*

3 Begriffe und Abkürzungen

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

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

3.1 Begriffe

3.1.1 Roboter, Robotersystem, Roboteranwendung, Anwendung

3.1.1.1

Industrieumgebung

Arbeitsplatz, der nicht öffentlich zugänglich ist oder an dem unter normalen Umständen nicht zu erwarten ist, dass Personen aus der Öffentlichkeit für die vorgesehenen Aufgaben und *Roboteranwendungen* (3.1.1.4) anwesend sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Dazu gehören Fertigung, Laborbetrieb, Pharmaindustrie, Lagerhaltung, Logistik und mehr.

3.1.1.2

Industrieroboter

Roboter

automatisch gesteuerte(r), frei programmierbare(r) Mehrzweck-*Manipulator(en)* (3.1.2.5), der in drei oder mehr *Achsen* (3.1.2.1) programmierbar ist und zur Verwendung in Automatisierungsanwendungen (3.1.1.6)

in einer *Industrienumgebung* (3.1.1.1) entweder an einem festen Ort oder fest an einer *mobilen Plattform* (3.1.2.8) angeordnet sein kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Industrieroboter enthält:

- den *Manipulator* (3.1.2.5) einschließlich der *Roboterantriebe* (3.1.2.10), die durch die Robotersteuerung gesteuert werden;
- die Robotersteuerung;
- die Mittel, mit denen der Roboter programmiert oder mit neuen Befehlen versehen wird, einschließlich einer Kommunikationsschnittstelle (Hardware und Software).

Anmerkung 2 zum Begriff: Industrieroboter umfassen alle *Hilfsachsen* (3.1.2.2), die in die Kinematiklösung integriert sind.

Anmerkung 3 zum Begriff: Folgende gelten als Industrieroboter:

- Der/die manipulierende(n) Teil(e) mobiler Roboter, bei mobilen Robotern, die aus einer *mobilen Plattform* (3.1.2.8) mit einem integrierten *Manipulator* (3.1.2.5) oder *Roboter* (3.1.1.2) bestehen;
- Roboter mit handgeführten Steuerungen (HGC);
- Roboter mit der Funktion für Energie- und Kraftbegrenzung (PFL);
- Roboter mit eingebauter Geschwindigkeits- und Abstandsüberwachungs-Sicherheitsfunktion (SSM).

3.1.1.3

Robotersystem

Industrierobotersystem

Maschine, bestehend aus *Industrieroboter* (3.1.1.2), *Endeffektor(en)* (3.1.2.3) und alle Endeffektorsensoren und Geräte, die zur Unterstützung der vorgesehenen Aufgabe und des *Anwenderprogramms* (3.1.4.2) benötigt werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Beispiele für Geräte sind Bilderkennungssysteme, Klebstoffdosierung, Schweißsteuerung.

3.1.1.4

Roboteranwendung

Industrieroboteranwendung

Maschine bestehend aus einem *Industrierobotersystem* (3.1.1.3), Werkstücken, Maschinen und Anwendung von Geräten

bestimmungsgemäßer Gebrauch und Zweck des *Roboters* (3.1.1.2) oder *Robotersystems* (3.1.1.3), d. h. der Prozess, die Aufgabe(n)

BEISPIEL Manipulation, Verarbeitung, maschinelle Bearbeitung, Inspektion, Punktschweißen, Lackieren, Montage, Palettieren.

3.1.1.5

kollaborierende Anwendung

Anwendungen (3.1.1.6), die eine oder mehrere *kollaborierende Aufgabe(n)* (3.1.1.8) beinhalten

Anmerkung 1 zum Begriff: *Kollaborierende Anwendungen* können nicht-kollaborierende und *kollaborierende Aufgaben* enthalten

3.1.1.6

kollaborierende Aufgabe

Teil der Robotersequenz, bei dem sich die *Roboteranwendung* (3.1.1.4) und der/die *Bediener* (3.1.7.2) in demselben *geschützten Raum* befinden (3.1.9.5)

3.1.1.7

Industrieroboterzelle

Roboterzelle

eine oder mehrere *Roboteranwendungen* (3.1.1.4) einschließlich aller Objekte, die Einfluss auf die Risikobeurteilung des bestimmungsgemäßen Gebrauchs, des/der zugehörigen *geschützten Raums/Räume* (3.1.9.5) und der *Schutzeinrichtungen* (3.1.10.2) haben

3.1.2 Unterbaugruppen und Komponenten von Robotern, Robotersystemen und Roboteranwendungen

3.1.2.1

Achse

angetriebene mechanische Verbindung (z. B. um ein Gelenk rotierend, linear), die mindestens ein Grad Spielraum bietet

3.1.2.2

Zusatzachse

Achse (3.1.2.1), die kein physischer Teil des *Manipulators* (3.1.2.5) ist und durch den *Roboter* (3.1.1.2) gesteuert wird

Anmerkung 1 zum Begriff: „Gesteuert“ bedeutet, dass ein oder mehrere Feedback-Signal(e) vorhanden ist/sind, um eine geschlossene Steuerung durch den *Roboter* zu ermöglichen.

3.1.2.3

Endeffektor

Vorrichtung, die speziell zum Anbringen an die *mechanische Schnittstelle* (3.1.2.7) konstruiert ist, und mit der der *Roboter* (3.1.1.2) seine Aufgabe erfüllt

BEISPIEL Greifer, Schweißzange, Spritzpistole.

Anmerkung 1 zum Begriff: Endeffektoren werden manchmal auch als End-of-Arm-Tooling (EOAT) bezeichnet.

3.1.2.4

Greifer

Endeffektor (3.1.2.3) zum Greifen und Halten von Werkstücken

Anmerkung 1 zum Begriff: Verschiedene Greiferarten und die Begriffe gegriffen (grip), zugreifen (grasp), Greifen (grasping) und Loslassen (releasing) sind in ISO 14539:2000 festgelegt.

[QUELLE: ISO 14539:2000, Definition 4.1.2. Durch Hinzufügen der Anmerkung geändert.]

3.1.2.5

Manipulator

Mechanismus bestehend aus einer Anordnung von Segmenten, die miteinander verbunden sind oder relativ zueinander gleiten

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein *Manipulator* (3.1.2.5) enthält *Roboterantriebe* (3.1.2.10).

3.1.2.6

Masse je Manipulator (M)

Masse aller beweglichen Teile des *Roboters* (3.1.1.2)

3.1.2.7

mechanische Schnittstelle

Montagefläche am Ende des *Manipulators* (3.1.2.5), an der der *Endeffektor* (3.1.2.3) angebaut ist

3.1.2.8

mobile Plattform

Baugruppe der Komponenten, die die Ortsveränderung ermöglicht und die Struktur zur Befestigung eines *Manipulators* (3.1.2.5) aufweist

3.1.2.9

Nutzlast

Masse aller am *Manipulator* (3.1.2.5) angebrachten Objekte einschließlich des *Endeffektors* (3.1.2.3) und des Werkstücks

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Nutzlast kann unter anderem die mit der *mechanischen Schnittstelle* (3.1.2.7) des *Roboters* (3.1.1.2) verbundene Nutzlast sein.

3.1.2.10

Roboterantrieb

kraftbetriebener Mechanismus, der Energie in Bewegung umwandelt

Anmerkung 1 zum Begriff: Energie kann elektrisch, hydraulisch, pneumatisch usw. sein.

3.1.2.11

Werkzeugarbeitspunkt

(en: tool centre point, TCP)

für eine vorgegebene *Roboteranwendung* (3.1.1.4) definierter Punkt mit Bezug auf das Koordinatensystem der *mechanischen Schnittstelle* (3.1.2.7)

Anmerkung 1 zum Begriff: Die TCP-Einstellung legt die Position des TCP relativ zur *mechanischen Schnittstelle* fest.

3.1.3 Steuerungsbezogen

3.1.3.1

Bedienstand

Gehäuse, das eine oder mehrere Steuerungsvorrichtungen zur Aktivierung oder Deaktivierung von Funktionen enthält

Anmerkung 1 zum Begriff: Der *Bedienstand* kann ortsfest (z. B. Steuerpult) oder beweglich (*Programmierhandgerät* oder ein *Programmierhandgerät* (3.1.3.2) sein, das auch als tragbare Bedienstation bezeichnet werden kann).

3.1.3.2

Programmierhandgerät

Handbediengerät

tragbare handgehaltene *Bedienstation* (3.1.3.1), die mit dem *Roboter* (3.1.1.2) verbunden ist und mit der ein *Roboter* programmiert, bewegt oder betätigt werden kann

3.1.3.3

direkte Steuerung

Zustand des Systems oder von Teilen des Systems, in dem der Betrieb nur von der *Bedienstation* (3.1.3.1) oder dem *Programmierhandgerät* (3.1.3.2) der einzelnen Maschine(n) oder Teilen der Maschine(n) aus bedient wird

3.1.3.4

ausschließliche Bedienung von einer Bedienstation

Fähigkeit, den *Roboter* (3.1.1.2) so zu bedienen, dass das Auslösen der Bewegung nur von einer Bedienstation aus möglich ist und nicht von einer anderen Bedienstation überlagert werden kann

3.1.3.5

Singularität

tritt auf, wenn die Jacobi-Matrix nicht vollen Rang hat

Anmerkung 1 zum Begriff: Mathematisch gesehen kann in einer singulären Konfiguration die Gelenkgeschwindigkeit im Gelenkraum unendlich werden, um die kartesische Geschwindigkeit zu erhalten. Im eigentlichen Betrieb können Bewegungen, die im kartesischen Raum festgelegt sind und in der Nähe von Singularitäten ablaufen, hohe Achsgeschwindigkeiten verursachen. Diese hohen Geschwindigkeiten können für die *Bedienperson* (3.1.7.2) unerwartet sein.

[QUELLE: ISO 10218-1:2011, 3.21]

3.1.3.6

Wirkungsbereich

vorgegebener Teil einer *Roboterzelle* (3.1.1.9) oder Maschine, der der Kontrolle einer spezifischen Vorrichtung für eine *Sicherheitsfunktion* (3.1.8.1) unterliegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Wirkungsbereich kann sich auf ein Bauteil, einen Teil einer Maschine, eine unvollständige Maschine, d. h. einen *Roboter* (3.1.1.2), oder eine Maschine innerhalb der *Roboterzelle* (3.1.1.9) beziehen.

3.1.3.7

simultane Bewegung

gleichzeitige Bewegung von zwei oder mehr *Robotern* (3.1.1.2), die mit einer einzelnen *Bedienstation* (3.1.3.1) gesteuert wird. Die Bewegung kann koordiniert ablaufen oder synchron sein

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein *Programmierhandgerät* (3.1.3.2) ist ein Beispiel für eine einzelne *Bedienstation* (3.1.3.1).

3.1.3.8

Modus

Betriebsart

Charakterisierung der Art und Weise und des Umfangs, in der/dem der *Bediener* (3.1.7.2) in die Steuerungsvorrichtung eingreift

Anmerkung 1 zum Begriff: Modus bezieht sich im Zusammenhang mit dieser Norm auf den Steuerungszustand des *Roboters* (3.1.1.2), z. B. *automatisch* (3.1.3.10), *manuell* (3.1.3.9).

3.1.3.9

manuelle Betriebsart

Steuerungszustand, der die *direkte Steuerung* (3.1.3.3) ermöglicht

Anmerkung 1 zum Begriff: Gelegentlich auch als „Betriebsart Teachen“ bezeichnet, wenn Programmpunkte und *Roboterattribute* (3.1.1.2) eingestellt werden.

3.1.3.10

automatische Betriebsart

Steuerungszustand, der die Ausführung programmierter Aufgaben erlaubt

3.1.4 Programmbezogen

3.1.4.1

Steuerungsprogramm

inhärenter Satz von Befehlen, der die Fähigkeiten, Aktionen und Reaktionen eines *Roboters* (3.1.1.2) definiert

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieses Programm ist festgelegt und wird normalerweise vom *Anwender* (3.1.7.3) nicht verändert.

3.1.4.2

Anwenderprogramm

Befehlsfolge für Bewegungs- und Hilfsfunktionen und den Programmsteuerungsablauf, die die spezifisch beabsichtigte Aufgabe des *Robotersystems* (3.1.1.3) festlegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Art von Programm wird während der *Integration* (3.1.7.1) oder durch den *Anwender* (3.1.7.3) erstellt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Das *Anwenderprogramm* (3.1.4.2) kann Funktionen anderer Maschinen innerhalb der *Roboteranwendung* (3.1.1.4) umfassen.

3.1.4.3

Teachen

Aufgaben programmieren

Programmierung der Aufgabe durch manuelle Positionierung des *Manipulators* (3.1.2.5), oder durch Verwendung eines *Programmierhandgeräts* (3.1.3.2), um den *Roboter* (3.1.1.2) durch die verschiedenen Positionen zu bewegen, oder durch Verwendung eines *Programmierhandgeräts* zur Programmierung ohne Bewegungsauslösung oder durch Verwendung eines externen Geräts zur Offline-Programmierung

Anmerkung 1 zum Begriff: Die manuelle Positionierung kann als „Lead-Through-Teaching“ bezeichnet werden.

3.1.4.4

Programmverifizierung

Durchlaufen des *Anwenderprogramms* (3.1.4.2) zur Bestätigung der *Roboterbahn* (3.1.1.2) und der Prozessausführung

Anmerkung 1 zum Begriff: Die *Überprüfung* (3.1.11.2) kann die gesamte Bahn umfassen, die vom *Werkzeugarbeitspunkt (TCP)* (3.1.2.11) bei Ausführung eines *Anwenderprogramms* (3.1.4.2) zurückgelegt wird, oder einen Teil davon. Die Befehle können in Einzelschritten oder als laufende Befehlsfolge abgearbeitet werden. Die *Überprüfung* wird bei neuen *Anwendungen* (3.1.1.6) und bei der Feineinstellung bestehender *Anwendungen* eingesetzt.

3.1.5 Energiebezogen

3.1.5.1

Antriebsleistung

Energiequelle oder -quellen, die es *Roboterantrieben* (3.1.2.10) ermöglichen, Kraft oder Drehmoment auszuüben

3.1.5.2

Energiequelle

elektrische, mechanische, hydraulische, pneumatische, chemische, thermische, potentielle, kinetische oder andere Arten von Quellen, die in der Lage sind, Energie zu liefern

3.1.6 Gefährdungsbezogen

3.1.6.1

Gefährdung

potentielle Schadensquelle

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Begriff „Gefährdung“ kann spezifiziert werden, um den Ursprung (z. B. mechanische Gefährdung, elektrische Gefährdung) oder die Art des erwarteten Schadens (z. B. Gefährdung durch elektrischen Schlag, Gefährdung durch Schneiden, Gefährdung durch Vergiftung, Gefährdung durch Feuer) näher zu bezeichnen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Gefährdung im Sinne dieser Definition ist entweder

- bei der bestimmungsgemäßen Verwendung der Maschine dauerhaft vorhanden (z. B. Bewegung von gefährdenden beweglichen Teilen, Lichtbogen beim Schweißen, ungesunde Körperhaltung, Geräuschemission, hohe Temperatur), oder

- kann unerwartet auftreten (z. B. Explosion, Gefährdung durch Quetschen als Folge eines unbeabsichtigten/unerwarteten Anlaufs, Herausschleudern als Folge eines Bruches, Stürzen als Folge von Beschleunigung/Abbremsen).

[QUELLE: ISO 12100:2010, 3.6, geändert durch Löschung von ANMERKUNG 3]

3.1.6.2

gefährdende Bewegung

Bewegung, die zu Verletzungen oder Gesundheitsschädigungen bei Personen führen kann

3.1.6.3

Gefährdungssituation

Sachlage, bei der eine Person mindestens einer *Gefährdung* (3.1.6.1) ausgesetzt ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Situation kann unmittelbar oder über eine Zeitspanne hinweg zu einem Schaden führen.

[QUELLE: ISO 12100:2010, 3.10]

3.1.7 Rollen

3.1.7.1

Integration

Vorgang des Zusammenführens eines *Roboters* (3.1.1.2) mit anderen Ausrüstungen oder einer anderen Maschine, einschließlich weiterer *Robotersysteme* (3.1.1.3) und *Roboteranwendungen* (3.1.1.4), um eine *Roboterzelle* (3.1.1.9) zu bilden, die in der Lage ist, nützliche Arbeiten auszuführen

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser Vorgang des Maschinenbaus kann die Anforderungen an die Installation der zu den *Anwendungen* (3.1.1.6) gehörenden Maschinen und Ausrüstung umfassen.

3.1.7.2

Bediener

eine oder mehrere Personen, die einen *Roboter* (3.1.1.2), ein *Robotersystem* (3.1.1.3) oder eine *Roboterzelle* (3.1.1.9) anwenden, einstellen, instand halten, reinigen, instand setzen, Fehler beheben, transportieren, in Betrieb nehmen und demontieren

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Definition umfasst Personen, die sich erwartungsgemäß an oder in der Nähe von Maschinen aufhalten können, auch wenn sie keine mit der jeweiligen Maschine oder einem bestimmten Teil der Maschine verbundene Aufgabe erfüllen.

3.1.7.3

Anwender

Entität, die *Roboteranwendungen* (3.1.1.4) und *Roboterzellen* (3.1.1.9) verwendet und für den/die *Bediener* (3.1.7.2) der *Roboteranwendungen* und *Roboterzellen* verantwortlich ist

3.1.8 Funktionssicherheitsbezogen

3.1.8.1

Sicherheitsfunktion

Funktion der Maschine, wobei ein Ausfall dieser Funktion zur unmittelbaren Erhöhung des Risikos (der Risiken) führen kann

[QUELLE: ISO 12100:2010]

3.1.8.2

Not-Halt-Funktion

Funktion, die dazu bestimmt ist, bestehende *Gefährdungen* (3.1.6.1) für Personen, Schäden an Maschinen oder an laufenden Arbeiten abzuwenden oder zu verringern, und die durch eine einzige menschliche Handlung ausgelöst wird

Anmerkung 1 zum Begriff: ISO 13850 beschreibt detaillierte Vorkehrungen.

[QUELLE: ISO 12100:2010, 3.40]

3.1.8.3

Sicherheitshalt

automatische Unterbrechung und Verhinderung der Bewegung, bei der die Informationen zum Zustand des *Roboters* (3.1.1.2), einschließlich seines Programms, erhalten bleiben und die Fortsetzung an der unterbrochenen Stelle möglich ist

3.1.8.4

überwachter Stillstand

sicherheitsbewerteter überwachter Halt

Sicherheitsfunktion (3.1.8.1), die die Position überwacht, in der der *Roboter* (3.1.1.2) bei aktiver Antriebsenergie angehalten wurde

3.1.8.5

überwachte Geschwindigkeit

Sicherheitsfunktion (3.1.8.1), die die Geschwindigkeit auf einen konfigurierten Wert begrenzt

3.1.8.6

reduzierte Geschwindigkeit

Sicherheitsfunktion (3.1.8.1), die die Geschwindigkeit auf einen Höchstwert von 250 mm/s begrenzt

3.1.8.7

Software zur Achs- und Raumbegrenzung

Softwarebegrenzung

Sicherheitsfunktion(en) (3.1.8.1) mit überwachten Begrenzungen des Bewegungsbereichs des *Roboters* (3.1.1.2)

3.1.8.8

Eingang der Sicherheitsfunktion

Eingangssignal mit einer festgelegten sicherheitsbezogenen Leistungsfähigkeit

3.1.8.9

Ausgang der Sicherheitsfunktion

Ausgangssignal mit einer festgelegten sicherheitsbezogenen Leistungsfähigkeit

3.1.9 Räume, Bereiche und Abstände

3.1.9.1

maximaler Raum

Raum, der von den beweglichen Teilen des *Roboters* (3.1.1.2) erreicht werden kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Maximaler Raum bezieht sich im Zusammenhang mit diesem ISO-Dokument auf den *Roboter* (3.1.1.2). Siehe Anhang B, Bild B.2 für eine Darstellung des *Roboterraums*.

Anmerkung 2 zum Begriff: Maximaler Raum bezieht sich im Zusammenhang mit ISO 10218-2 entweder auf das *Robotersystem* (3.1.1.3) oder die *Roboteranwendung* (3.1.1.4). Siehe Anhang B, Bild B.1 und Bild B.3 für die Darstellung von Räumen.

Anmerkung 3 zum Begriff: Im Zusammenhang mit *mobilen Plattformen* (3.1.2.8) ist der maximale Raum unbestimmt.

3.1.9.2

Arbeitsraum

Anteil des *eingeschränkten Raumes* (3.1.9.3), der während der Ausführung aller vom *Anwenderprogramm* (3.1.4.2) vorgegebenen Bewegungen benutzt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Arbeitsraum bezieht sich im Zusammenhang mit diesem ISO-Dokument auf den *Roboter* (3.1.1.2).

3.1.9.3

eingeschränkter Raum

Teil des *maximalen Raums* (3.1.9.1), der durch die *Begrenzungseinrichtungen* (3.1.9.4) reduziert ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn sich der eingeschränkte Raum auf das *Robotersystem* (3.1.1.3) bezieht, umfasst dies den von dem *Endeffektor* (3.1.2.3) erreichten Raum, siehe ISO 10218-2.

Anmerkung 2 zum Begriff: Wenn sich der eingeschränkte Raum auf die *Roboteranwendung* (3.1.1.4) bezieht, umfasst dies den von dem *Endeffektor* (3.1.2.3) erreichten Raum und das Werkstück, siehe ISO 10218-2.

3.1.9.4

Begrenzungseinrichtung

Mittel zur Reduzierung des Bewegungsbereichs des *maximalen Raums* (3.1.9.1), das zu einem *eingeschränkten Raum* (3.1.9.3) führt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Definition einer Begrenzungseinrichtung nach ISO 12100:2010, 3.28.8 ist allgemeiner und umfasst mehr als die Bewegung. In ISO 12100 ist dies eine Einrichtung, die verhindert, dass eine Maschine oder gefahrbringende Maschinenbedingungen einen Bemessungsgrenzwert (wie zum Beispiel Raumbegrenzung, Druckbegrenzung, Lastmomentbegrenzung usw.) überschreitet/überschreiten.

Anmerkung 2 zum Begriff: Begrenzungseinrichtung(en) können durch *Sicherheitsfunktion(en)* (3.1.8.1) erfüllt werden, z. B. *Software zur Achs- und Raumbegrenzung* (3.1.8.7). Siehe dazu *Software zur Achs- und Raumbegrenzung* und *Schutzeinrichtung* (3.1.10.2).

3.1.9.5

geschützter Raum

Raum, in dem *Schutzeinrichtungen* (3.1.10.2) aktiv sind oder in dem die äußeren Schutzeinrichtungen Schutz bieten

Anmerkung 1 zum Begriff: Dies bezieht sich manchmal auf den Raum innerhalb der Umfangs-Schutzeinrichtung.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der *geschützte Raum* kann sich dynamisch verändern.

3.1.9.6

Gefährdungsbereich

jeder Raum innerhalb einer und/oder um eine Maschine, in der eine Person einer *Gefährdung* (3.1.6.1) ausgesetzt sein kann

[QUELLE: ISO 12100:2010, 3.11]

3.1.9.7

Aufgabenbereich

jeder vorgegebene Raum in einem und/oder um ein *Robotersystem* (3.1.1.3), in dem Personal eine bestimmte Aktivität ausführen kann

3.1.9.8

Detektionsbereich

Bereich, innerhalb dessen ein bestimmtes Prüfstück durch *sensitiven Schutzeinrichtungen* (3.1.10.5) erfasst wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Detektionsbereich kann ein Punkt, eine Linie, eine Ebene oder ein Raum sein.

Anmerkung 2 zum Begriff: Angepasst nach IEC 61496-1:2004, Definition 3.4.

[QUELLE: ISO 13855:2010, 3.1.8, durch das Hinzufügen von „sensitiven“ vor „Schutzeinrichtungen“ und das Hinzufügen von „oder ein Raum“ bei ANMERKUNG 1 zum Begriff geändert.]

3.1.9.9

Gefährdungsbereich

jeder Raum innerhalb einer und/oder um eine Maschine, in der eine Person einer *Gefährdung* (3.1.6.1) ausgesetzt sein kann

[QUELLE: ISO 12100:2010, 3.11]

3.1.9.10

Aufgabenbereich

jeder vorgegebene Raum in einem und/oder um eine *Roboteranwendung* (3.1.1.4), in dem *Bediener* (3.1.7.2) eine bestimmte Aktivität ausführen können

3.1.9.11

Trennungsabstand

kürzester zulässiger Abstand zwischen einem beweglichen gefahrbringenden Teil der *Roboteranwendung* (3.1.1.4) und einem *Bediener* (3.1.7.2)

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser Wert kann fest oder variabel sein.

3.1.10 Maßnahmen zur Risikominderung

3.1.10.1

Schutzmaßnahme:

Maßnahme für das Erreichen der Risikominderung, implementiert:

- durch den Konstrukteur (eigensichere Konstruktion, Schutz und ergänzende Schutzmaßnahmen, Benutzerinformationen) und/oder
- durch den *Anwender* (3.1.7.3) (Organisation: sichere Arbeitsweisen, Überwachung, Arbeitsgenehmigungssysteme, Bereitstellung und Nutzung zusätzlicher trennender *Schutzeinrichtungen* (3.1.10.2), Nutzung persönlicher Schutzausrüstung, Schulung)

[QUELLE: ISO 12100:2010, 3.19]

3.1.10.2

Schutzmaßnahmen

Schutzmaßnahme unter Verwendung von *Schutzeinrichtungen* (3.1.10.2) zum Schutz von Personen vor *Gefährdungen* (3.1.6.1), die vernünftigerweise nicht beseitigt werden können, oder Risiken, die durch eigensichere Konstruktionsmaßnahmen nicht ausreichend reduziert werden können

[QUELLE: ISO 12100, 3.21]

3.1.10.3

Schutzeinrichtung

trennende oder nicht trennende *Schutzeinrichtungen* (3.1.10.4)

Anmerkung 1 zum Begriff: *Schutzeinrichtungen* (3.1.10.4) umfassen ein breites Spektrum von Maßnahmen zur Risikominderung oder -kontrolle, wie beispielsweise:

- Verriegelungseinrichtungen für trennende Schutzeinrichtungen;
- *sensitive Schutzeinrichtungen (SPE)* (3.1.10.5);
- *Sicherheitsfunktion* (3.1.8.1), z. B. *Begrenzungseinrichtungen* (3.1.9.4) durch *Software zur Achs- und Raumbegrenzung* (3.1.8.7);
- *Begrenzungseinrichtungen* (3.1.9.4);
- Einrichtungen zur Begrenzung der Beweglichkeit.

[QUELLE: ISO 12100, 3.26, geändert – Anmerkung 1 zum Begriff wurde ergänzt.]

3.1.10.4

nichttrennende Schutzeinrichtung

andere als eine *trennende Schutzeinrichtung* (3.1.10.2)

Anmerkung 1 zum Begriff: Beispiele für Arten von Schutzeinrichtungen sind in 3.28.1 bis 3.28.9 von ISO 12100:2010 aufgeführt.

[QUELLE: ISO 12100:2010, 3.18, geändert – Anmerkung 1 zum Begriff wurde angepasst.]

3.1.10.5

sensitive Schutzeinrichtung

(en: sensitive protective equipment, SPE)

Einrichtung zur Erkennung von Personen oder Teilen von Personen, die ein entsprechendes Signal an das Steuerungssystem sendet, um das Risiko für die erkannte Person zu reduzieren

[QUELLE: ISO 12100:2010, 3.28.5, geändert – Anmerkung 1 zum Begriff wurde gelöscht.]

3.1.11 Verifizierung und Validierung

3.1.11.1

Validierung

Bestätigung durch Bereitstellung eines objektiven Nachweises, dass die Anforderungen für einen spezifischen beabsichtigten Gebrauch oder eine spezifische beabsichtigte *Anwendung* (3.1.1.6) erfüllt worden sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Validierung bestimmt, ob die Spezifikation die Zielvorgabe erfüllt, z. B. dass eine festgelegte Grenze für den Zweck annehmbar ist. Die Validierung umfasst Funktionsprüfungen.

[QUELLE: ISO 9000:2015, 3.8.13, geändert – Anmerkung 1 zum Begriff wurde ergänzt.]

3.1.11.2

Verifizierung

Bestätigung durch Bereitstellung eines objektiven Nachweises, dass festgelegte Anforderungen erfüllt wurden

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei der Verifizierung wird festgestellt, ob die Konstruktion seine Spezifikation erfüllt, z. B. durch Überprüfung, Messung, Analyse oder Inspektion.

[QUELLE: ISO 9000:2015, 3.8.12, geändert – Anmerkung 1 zum Begriff wurde ergänzt.]

3.2 Abkürzungen

Abkürzung	Begriff	
3P	3-Position <3-Positionen-Zustimmungseinrichtung>	5.2.9.1, 5.5.3.2, 5.5.3.3, Anhang C, Anhang G
Kat	Kategorie	5.3.3, Anhang C, Tabelle D.1
Klasse	Klassifizierung	5.1.17, Tabelle 1, 5.2.8.2.2, 5.2.9.1, 5.3.3, 5.7.1, 5.9.1, h), 7.5.12.7, Anhang C, Tabelle C.1, Anhang E, Anhang G
EMV	elektromagnetische Verträglichkeit	5.3.7, Anhang G
EMI	Elektromagnetische Beeinflussung (en: electromagnetic interference)	5.3.7, Anhang A, Anhang G
F _{MPM}	Maximale Kraft je Manipulator	5.1.17.c), Tabelle 1, Anhang E
HFT	Hardware-Fehlertoleranz	5.3.3, 7.5.12.1, Anhang C, Tabelle D.1, Anhang G
HGC	Handgeführte Steuerung (en: Hand-Guided Control)	Einleitung, 3.1.1.2, 5.2.9.1, 5.5.1.2, 5.10.2, Anhang C, Anhang G
M	Gesamtmasse der beweglichen Teile des Manipulators	5.1.17, Tabelle 1
m _L	Effektive Masse der Nutzlast für die Roboteranwendung (spezifizierte maximale Nutzlast der Anwendung)	5.1.17, Tabelle 1
m _M	Effektive Masse der beweglichen Teile des Manipulators	5.1.17, Tabelle 1
m _R	Effektive Masse des Robotersystems in Abhängigkeit von der Roboterhaltung und -bewegung bei vorgegebener maximaler Nutzlast $m_R = \frac{M}{2} + m_L$	5.1.17, Tabelle 1
n _{op}	Durchschnittliche Anzahl jährlicher Arbeitsgänge	Anhang D
PFH _D	mittlere Wahrscheinlichkeit eines gefahrbringenden Ausfalls je Stunde (en: average Probability of dangerous Failure per Hour)	5.3.3, 7.5.12, Tabelle D.1
PFL	Leistungs- und Kraftbegrenzung	Einleitung, 3.1.1.2, 5.2.9.1, 5.4.3.3, 5.10.2, 5.10.4, Anhang C, Anhang G
PL	Performance Level	5.3.3, Anhang C
PLa	Performance Level a	Anhang C, Tabelle C.2
PLb	Performance Level b	Anhang C
PLc	Performance Level c	Anhang C, Tabelle C.2
PLd	Performance Level d	5.3.3, Anhang C, Anhang D, Anhang G

Abkürzung	Begriff	
PLe	Performance Level e	5.3.3, Anhang C
SIL	Sicherheitsintegritätslevel (en: Safety Integrity Level)	5.3.3, 7.5.12.1, Anhang C, Anhang D
SIL 1	Sicherheitsintegritätslevel 1	Anhang C
SIL 2	Sicherheitsintegritätslevel 2	5.3.3, Anhang C, Anhang G
SSM	Geschwindigkeits- und Abstandsüberwachung	Anhang C
SPE	sensitive Schutzeinrichtung (en: sensitive protective equipment)	3.1.10.2, 3.1.10.5, Anhang C
TCP	Werkzeugarbeitspunkt	3.1.2.11, 3.1.4.4, 5.1.9, 5.1.14, 5.1.16, 5.1.17, 5.5.2.1, 5.5.2.2, 7.5.3.d), 7.5.12.2, Anhang G

4 Risikobewertung

Der Hersteller eines Robotersystems muss eine Risikobeurteilung in Übereinstimmung mit ISO 12100 durchführen.

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

ANMERKUNG 2 Anhang A enthält eine Liste von Gefährdungen, die bei Robotern auftreten können.

Für Anforderungen an Robotersystem, Roboteranwendung und Roboterzelle siehe ISO 10218-2:2021.

5 Konstruktion und Schutzmaßnahmen

5.1 Konstruktion von Robotern

5.1.1 Allgemeines

Der Roboter muss nach den Grundsätzen von ISO 12100 hinsichtlich identifizierter Gefährdungen konstruiert sein.

Für Schutzmaßnahmen bezüglich Informationen siehe Abschnitt 7.

ANMERKUNG Siehe IEC 60812 und andere ähnliche Normen für Informationen über die Ausfalleffektanalyse (en: Failure Mode Effect Analysis, FMEA).

5.1.2 Werkstoffe, mechanische Festigkeit und mechanische Konstruktion

5.1.2.1 Allgemeines

Roboter müssen so gestaltet und konstruiert sein, dass keine Gefährdungssituationen als Folge von ermüdungs- und verschleißbedingten Ausfällen entstehen. Bei der Gestaltung und Konstruktion muss die bestimmungsgemäße Verwendung über den Lebenszyklus hinreichend berücksichtigt werden (z. B. Transport, Installation, Betriebsbedingungen und Instandhaltung in Übereinstimmung mit den Benutzerinformationen).

5.1.2.2 Werkstoffe

Die für den Bau des Roboters verwendeten Materialien:

- a) müssen so ausgewählt werden, dass sie für die bestimmungsgemäße Verwendung des Roboters angemessen sind (z. B. Korrosions-, Abrieb-, Stoß der Temperatur-, Ermüdungs-, Sprödbbruch-, Alterungsbeständigkeit);
- b) dürfen die Sicherheit und Gesundheit von Personen nicht gefährden;
- c) müssen unter allen vernünftigerweise vorhersehbaren Anwendungsbedingungen ungiftig sein;
- d) dürfen nicht zu Sprödbbruch, übermäßiger Verformung oder zur Emission von giftigen oder brennbaren Dämpfen neigen;
- e) müssen ihre Eigenschaften im vernünftigerweise vorhersehbaren Umfang der Klima- und Arbeitsplatzbedingungen, einschließlich Temperaturschwankungen und plötzlicher Änderungen, beibehalten.

Wo Flüssigkeiten verwendet werden, müssen Maschinen so gestaltet und konstruiert sein, dass Risiken in Verbindung mit Auffüllen, Verwendung, Rückgewinnung oder Ablassen vermieden werden.

5.1.2.3 Mechanische Festigkeit

Der Roboter muss so konstruiert und gebaut sein, dass:

- er einer Überlast in statischen Prüfungen ohne dauerhafte Verformung oder offenkundige Mängel standhält, wobei die Festigkeitsberechnungen einen statischen Prüfkoeffizienten von mindestens 1,25 haben müssen;
- er dynamischen Prüfungen, bei denen die maximale Nutzlast einer Einheit, multipliziert mit dem dynamischen Prüfkoeffizient verwendet wird, ohne Ausfälle standhält, wobei der dynamische Prüfkoeffizient mindestens 1,1 betragen muss.

Die Prüfungen müssen mit der maximalen Drehzahl durchgeführt werden. Sofern gleichzeitige Bewegungen programmiert werden können, müssen die Prüfungen unter Verwendung der nachteiligsten Bedingungen durchgeführt werden.

5.1.2.4 Mechanische Konstruktion

Roboter müssen so konstruiert und gebaut sein, dass freiliegende scharfe Kanten, scharfe Ecken und gefährliche Überstände so weit wie mit vertretbarem Aufwand möglich reduziert werden. Mechanismen, die Bewegungen ermöglichen, müssen so im Robotergestell installiert oder angebracht sein, dass sie unter üblichen Umständen unerreichbar sind.

Die Exposition gegenüber Gefährdungen, die von Komponenten wie Antriebswellen, Getriebe, Zahnriemen oder Verbindungen, die nicht durch integrierte Abdeckungen (z. B. Platte über einem Getriebekasten) geschützt sind, ausgehen, muss entweder mithilfe feststehender trennender Schutzeinrichtungen oder beweglicher trennender Schutzeinrichtungen in Übereinstimmung mit ISO 14120 verhindert werden. Die Befestigungssysteme feststehender trennender Schutzeinrichtungen, deren Entfernung für routinemäßige Servicearbeiten vorgesehen ist, müssen am Roboter oder an der Schutzeinrichtung bleiben. Bewegliche trennende Schutzeinrichtungen müssen so mit den gefahrbringenden Bewegungen verzahnt sein, dass die gefährlichen Maschinenfunktionen aufhören, bevor sie erreicht werden können.

Die Konstruktion muss sicherstellen, dass Fehler bei der Montage oder Wiedermontage bestimmter Teile, die eine Risikoquelle darstellen können, verhindert werden. Falls dies nicht praktikabel ist, müssen mindestens auf den Teilen selbst und/oder deren Gehäusen die Benutzerinformationen angegeben werden.

5.1.3 Handhabung, Anheben und Transport

Gefährdungen durch plötzliche Bewegungen oder Instabilität, wie z. B. Kippen und Umfallen beim Transport, Anheben und Handhabung des Roboters oder seiner Bauteile, müssen vermieden werden, sofern sie in Übereinstimmung mit der Gebrauchsanweisung erfolgen.

Beim Anheben sind eine oder mehrere der folgenden Maßnahmen vorzusehen, die für die Handhabung der zu erwartenden Last geeignet sein müssen:

- geeignete Konstruktion;
- zusätzliche Stützelemente;
- angemessene Verpackung.

Es müssen Vorkehrungen zur Handhabung und 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.

Für Roboter und Teile des Roboters, die separat gehandhabt werden sollen, deren Gewicht 23 kg nicht übersteigt und die für die Handhabung durch eine Person vorgesehen sind, können Anweisungen für den sicheren Transport, das Anheben und die Handhabung ausreichend sein.

ANMERKUNG Siehe EN 1005-2 für manuelle Handhabung von Gegenständen in Verbindung mit Maschinen und Maschinenteilen.

5.1.4 Verpackung

Der Roboter und alle Teile des Roboters, die separat gehandhabt werden sollen, müssen so verpackt oder konstruiert sein, dass eine gefahrlose Handhabung und eine Lagerung ohne Beschädigung des Roboters gewährleistet ist.

5.1.5 Stabilität

Die Roboter müssen für die Installation, den Betrieb, die Verwendung, die Demontage und den Abbau so stabil sein, dass ein Kippen und Umfallen durch die vorgesehene Befestigung zur sicheren Verankerung des Roboters und seiner Komponenten (z. B. Manipulator, Bedienfeld, Programmierhandgerät) verhindert wird.

5.1.6 Temperatur und Brandrisiken

Die Konstruktion des Roboters muss so sein, dass die Temperaturen zugänglicher Oberflächen in Übereinstimmung mit der Normenreihe ISO 13732 sind.

Falls ein Brand- oder Überhitzungsrisiko besteht, müssen die Konstruktionsgrundlagen aus ISO 19353 angewendet werden.

5.1.7 Spezielle Geräte

Spezielle Geräte und Zubehörteile, die die Einstellung, Wartung und sichere Verwendung des Roboters ermöglichen, müssen mitgeliefert oder zur Verfügung gestellt werden.

ANMERKUNG Gewöhnliche Arbeitsplatzausrüstung, z. B. Leitern, Schraubenschlüssel, Schraubendreher, Sechskantschlüssel, gelten nicht als spezielle Geräte.

5.1.8 Positionshaltung

Wenn der Energieverlust zu einer Gefährdung aufgrund der Schwerkrafteinwirkung auf den Manipulator führen kann, muss der Motor über Mittel verfügen, um die Roboterposition ohne Antriebsenergie aufrechtzuerhalten (z. B. Bremsen, Stifte oder andere Technologien).

Falls für die Sicherheit erforderlich,

- muss die Positionshaltung angemessene Konstruktionsspannen in Übereinstimmung mit 5.1.2 verwenden; und
- es muss ein Verfahren zur Prüfung der Mittel zur Positionshaltung vorgesehen sein, wenn ein Versagen der Mittel zur Positionshaltung eine gefährliche Situation, z. B. eine unerwartete Bewegung des Manipulators, verursachen kann.

ANMERKUNG 1 Siehe 5.3.4 zur Ausfall- oder Fehlererkennung, wenn die Positionshaltung durch eine Sicherheitsfunktion erfolgt.

ANMERKUNG 2 Siehe 5.1.10 zu Energieverlust oder Energieschwankungen.

5.1.9 Hilfsachse (Achsen)

Die Hilfsachse (Achsen) ist eine optionale Fähigkeit.

Mittel zur Positionshaltung, die mit einer Hilfsachse (Achsen) ausgestattet sind, müssen 5.1.8 entsprechen.

Eine Hilfsachse kann Teil der allgemeinen Kinematiklösung des Roboters sein und ermöglicht die Koordination mit der Manipulatorkinematik.

Wenn die Bewegung der Hilfsachse die TCP-Geschwindigkeit bei reduzierter Geschwindigkeit in manueller Betriebsart beeinflusst, müssen die Anforderungen an die reduzierte Geschwindigkeit (5.5.2.1) für die Hilfsachse (Achsen) gelten.

Wenn der Roboter über eine überwachte Geschwindigkeitssicherheitsfunktion verfügt, muss diese Sicherheitsfunktion (siehe 5.5.2.2) auch für die Hilfsachse (Achsen) bereitgestellt werden.

Die Achsbegrenzung muss in Übereinstimmung mit 5.7 vorgesehen werden, wenn die Hilfsachse(n) zu den drei Achsen der größten (weitesten) Bewegungen gehören.

5.1.10 Energieverlust oder Energieschwankungen

Der Verlust oder die Veränderung der elektrischen, hydraulischen oder pneumatischen Energie des Roboters darf nicht zu einer Gefährdungssituation führen.

Das Wiedereinschalten der Energie darf nicht

- zu gefährbringenden Bewegungen oder

— zu einer Änderung der Parameter führen.

Um einen unbeabsichtigten Anlauf zu verhindern, muss der Roboter ISO 14118 entsprechen.

ANMERKUNG Siehe IEC 60204-1 für Anforderungen an die Stromversorgung. Siehe ISO 4413 für Hydraulik- und ISO 4414 für Pneumatikanforderungen.

5.1.11 Fehlfunktion von Bauteilen

Roboterbauteile müssen in Übereinstimmung mit 5.1.2 so gestaltet, ausgeführt, gesichert oder gekapselt sein, dass Risiken, die durch Bruch oder Lösen oder Freisetzen, einschließlich solcher, die mit gespeicherter Energie zusammenhängen, auf ein akzeptables Maß begrenzt werden.

5.1.12 Gefährdende Energie

Gespeicherte Energie darf nicht zu Gefährdungssituationen führen. Es muss eine Einrichtung zur Verhinderung einer unkontrollierten Bewegung oder dem gefährlichen Freisetzen der gespeicherten Energie vorgesehen werden. Wenn die gefährdende Energie potentiell ist (z. B. Federzug, Gaszug), muss der Roboter über Mittel verfügen, um sie in einer Position zu sichern, die entweder die energieführende oder die energielose Position sein kann.

Der Roboter muss mit Mitteln ausgestattet sein, die ihn von allen Energiequellen trennen. Diese Mittel müssen verschließbar sein oder gesichert werden können.

Die sichere Freisetzung oder Eindämmung muss in Übereinstimmung mit ISO 14118 ermöglicht werden.

Eine Kennzeichnung der Gefährdung durch gespeicherte Energie muss angebracht werden.

Wenn sich Roboterachsen aufgrund der Schwerkraft bewegen können, müssen Mittel eingesetzt werden, die entweder eine Achsbewegung verhindern oder sicherstellen, dass entstehende Bewegungen kontrolliert werden können und auf kontrollierte Weise zu einer energielosen Position führen. Sicherheitsfunktion(en) zur Positionshaltung (siehe 5.1.8) können vorgesehen werden, um ein unkontrolliertes oder gefährliches Freisetzen der gespeicherten Energie zu verhindern.

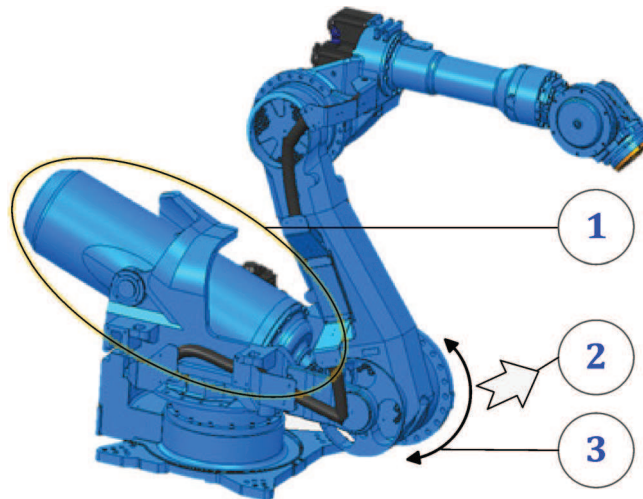
ANMERKUNG 1 Gefährdende Energie kann viele Formen annehmen, z.B. kinetisch, Schwerkraft, elektrisch, pneumatisch, hydraulisch, thermisch, chemisch. Diese Energiequellen können manchmal direkt identifiziert werden. Oftmals sind diese Quellen jedoch verborgen oder nicht offensichtlich, wie etwa Akkumulatoren, Kondensatoren, Batterien, Federn, Kontergewichte, Schwungräder, Wärme durch Reibung oder andere Reaktionen.

ANMERKUNG 2 Energiesparfunktionen, z. B. Energierückgewinnung oder -rückspeisung direkt am Roboter oder zurück ins lokale Stromnetz, können eine gespeicherte Energiequelle darstellen.

ANMERKUNG 3 Dieses Dokument behandelt keine Gefährdungen in Zusammenhang mit kerntechnischen, explosionsgefährdeten Umgebungen und Strahlung. Siehe Anwendungsbereich 1.

ANMERKUNG 4 Das Verhindern von Achsbewegungen kann durch sichere Befestigung mit Schrauben, Halteklammern mit ausreichender Konstruktionsspanne usw. erfolgen.

ANMERKUNG 5 Bild 1 zeigt ein Beispiel für gespeicherte Energie in einem Federzug. Eine Gefährdungssituation kann auftreten, wenn ein Motor entfernt wird, auch wenn die Energieversorgung zum Roboter isoliert wird. Bei der Freisetzung kann die unerwartete Bewegung des Roboters aufgrund der Energie im Federzug zu Verletzungen, z. B. Einklemmen, Einschließen und mehr führen.



Legende

- 1 Federzug
- 2 Motorentfernung (Richtung der Bewegungsentfernung)
- 3 Bewegungsrichtung

Bild 1 — Beispiel für gespeicherte Energie in einem Federzug

5.1.13 Elektrische, pneumatische und hydraulische Teile

Die elektrischen Teile müssen in Übereinstimmung mit den zutreffenden Anforderungen aus IEC 60204-1 sein.

Die pneumatische Ausrüstung des Roboters muss in Übereinstimmung mit den zutreffenden Anforderungen aus ISO 4414 sein.

Die hydraulische Ausrüstung des Roboters muss in Übereinstimmung mit den zutreffenden Anforderungen aus ISO 4413 sein.

ANMERKUNG 1 Anforderungen in Verbindung mit spezifischen Unterbaugruppen und Bauteilen können den entsprechenden IEC- oder ISO-Normen, z. B. IEC 60269, IEC 60947, ISO 13850 entnommen werden.

Elektrische, hydraulische und pneumatische Steckverbinder müssen so ausgewählt werden, dass fehlerhafte Verbindungen vermieden werden, wenn diese zu einer Gefährdungssituation führen kann. Falls dies nicht praktikabel ist, müssen Steckverbinder gekennzeichnet werden, um die Wahrscheinlichkeit falscher Verbindungen zu senken.

ANMERKUNG 2 Siehe IEC 60204-1, 13.4.5 für Anforderungen an Stecker-Muffe-Kombinationen.

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

5.1.14 Einstellung des Werkzeugarbeitspunktes (en: Tool Centre Point, TCP)

Wenn eine TCP-Einstellung für eine Sicherheitsfunktion benötigt wird, muss es möglich sein, eine TCP-Einstellung in Übereinstimmung mit 5.3.5 einzugeben.

Wird die TCP-Einstellung nicht eingegeben, muss eine Warnung über die Notwendigkeit der Eingabe eines Wertes erfolgen. Nach dem manuellen Zurücksetzen der Warnung kann das Programm fortgesetzt werden. Nach dem manuellen Zurücksetzen der Warnung sind nachfolgende Warnungen nicht erforderlich.

Der Bereich der zulässigen Werte muss begrenzt sein.

BEISPIEL: Wenn der Roboter über eine TCP-überwachte Sicherheitsfunktion verfügt, kann eine TCP-Offset-Einstellung nötig sein.

ANMERKUNG 1 TCP-Einstellungen sind Dimensionswerte, die die Lage des TCP relativ zur mechanischen Schnittstelle festlegen, um die Steuerung des TCP zu ermöglichen, z. B. Geschwindigkeit, Stellung.

ANMERKUNG 2 Wenn der Roboter und die Hilfsachsen in Koordination miteinander betrieben werden, kann sich jede einzelne Achse mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten bewegen und dies umfasst die Hilfsachse.

5.1.15 Nutzlasteinstellung

Wenn für eine Sicherheitsfunktion eine Nutzlasteinstellung erforderlich ist, muss die Eingabe einer Nutzlasteinstellung in Übereinstimmung mit 5.3.5 möglich sein.

Wird die Nutzlast nicht eingegeben, so muss eine Warnung über die Notwendigkeit der Eingabe eines Wertes erfolgen. Nach dem manuellen Zurücksetzen der Warnung kann das Programm fortgesetzt werden. Nach dem manuellen Zurücksetzen der Warnung sind nachfolgende Warnungen nicht erforderlich.

Der Bereich der zulässigen Werte muss begrenzt sein.

5.1.16 Cybersicherheit

Es muss eine Prüfung der Cybersicherheit des Roboters durchgeführt werden. Wenn die Prüfung ergeben hat, dass eine Bedrohung zu (einem) Sicherheitsrisiko(en) führen kann, müssen Maßnahmen zur Unterstützung der Cybersicherheit vorgesehen werden. Zu diesen Maßnahmen müssen die Mittel gehören, die einen unbefugten Zugriff auf den Roboter, seine Hardware, Software, Konfigurationsdaten und das Programm der Industrieroboteranwendung verhindern.

Die Mittel zur Verhinderung von unautorisiertem Zugriff können Folgendes umfassen:

- Fähigkeit, den Zugriff auf Kommunikationsports zu unterbinden, z. B. TCP/UDP-Port;
- Fähigkeit, die TCP/UDP-Portnummer zu ändern, z. B. logische Verbindung;
- authentifizierter Schutz der Sicherheitskonfiguration;
- Fähigkeit, die voreingestellten Benutzernamen und Passwörter zu ändern;
- Verwendung von verschlüsselten und authentifizierten Protokollen.

ANMERKUNG 1 Für weitere Informationen, siehe ISO/TR 22100-4:2018.

ANMERKUNG 2 Informationen und Anforderungen zur Sicherheit von industriellen Automatisierungs- und Steuerungssystemen sind in der Normenreihe IEC 62443 und IEC TR 63074:2019 zu finden.

5.1.17 Roboterklasse

Roboter müssen entweder als Klasse I oder als Klasse II eingestuft werden. Die Einstufung als Roboter der Klasse I muss in Übereinstimmung mit Tabelle 1 durch die maximale Leistungsfähigkeit des Manipulators bestimmt werden, ohne dass diese durch die Steuerung oder Sicherheitsfunktionen des Roboters begrenzt wird, basierend auf den folgenden Werten:

- a) maximal erreichbare Geschwindigkeit des TCP;
- b) Gesamtmasse der beweglichen Teile des Manipulators (M);

c) maximal erreichbare Kraft je Manipulator (F_{MPM}) in Übereinstimmung mit der Prüfmethode in Anhang E.

ANMERKUNG 1 Die Höchstgeschwindigkeit M und F_{MPM} werden nicht zur Bestimmung des Risikos oder der Eignung für den Einsatz in kollaborierenden Anwendungen verwendet (siehe ISO 10218-2). Es handelt sich hierbei um Faktoren, die ausschließlich dazu dienen, festzustellen, ob es sich bei einem Roboter um einen Roboter der Klasse I handelt.

Die Gesamtmasse der beweglichen Teile des Manipulators (M) muss durch Messung des Gewichts der beweglichen Teile des Manipulators ohne seinen befestigten Sockel bestimmt werden. Wenn der Manipulator für Anwendungen vorgesehen ist, bei denen sich der Sockel bewegt, muss die Gesamtmasse des Manipulators (mit Sockel und seinen Befestigungen) angegeben werden.

ANMERKUNG 2 Anwendungen, bei denen sich der Sockel bewegt, können die Montage des Manipulators (einschließlich seines Sockels) an einer mobilen Plattform, einer Schiene, einem Tragarm usw. umfassen.

Roboter dürfen als Roboter der Klasse II eingestuft werden, ohne dass eine Prüfung in Übereinstimmung mit Anhang E durchgeführt wird. In diesem Fall muss der Roboter die Anforderungen an Roboter der Klasse II einschließlich der Anforderungen an die Funktionssicherheit in Übereinstimmung mit 5.3 erfüllen.

Tabelle 1 — Roboterklasse

Roboter- klasse	Gesamtmasse je Manipulator (M) [kg]	Maximale Kraft* je Manipulator (F_{MPM}) [N]	Höchstgeschwindigkeit [mm/s]
I	10 kg oder weniger	50 und weniger	250 mm/s und weniger
II	Über 10 kg	Über 50	Über 250 mm/s

ANMERKUNGEN:

M ist die Gesamtmasse der beweglichen Teile des Manipulators.

Siehe Anhang E für M Prüfmethode.

Wenn mehrere Manipulatoren vorhanden sind, gilt M je Manipulator.

Siehe Literaturhinweis [65] FP 0317 (Mainzer Studie) zur Herleitung des Wertes für die maximale Kraft von 50 N je Manipulator (F_{MPM}).

* Die maximale Kraft gilt bei einer minimalen Kontaktfläche des Manipulators von 0,5 cm² [65].

Literaturhinweis [65] FP 0317 (Mainzer Studie): das dritte Quartil der 29 betrachteten Körperteile (außer Kopf und Hals) der Studie FP 0317 zeigt, dass Kräfte um 50 N unterhalb der Schmerzgrenze liegen, unabhängig vom Druck (außer Nadeln und Messern). Daher kann die 50-N-Grenze als allgemeine Grenzlinie zwischen Robotern der Klasse I und der Klasse II angewendet werden.

5.2 Robotersteuerungen

5.2.1 Allgemeines

Steuerungssysteme müssen so ausgelegt sein, dass ein nach vernünftigem Ermessen vorhersehbares menschliches Versagen während des Betriebs nicht zu Gefährdungssituationen führt.

5.2.2 Schutz vor unerwartetem Anlauf

Die Mittel zur Vermeidung von unerwartetem Anlauf müssen ISO 14118 entsprechen. Die Steuerfunktionen müssen implementiert und die Steuerungseinrichtungen, sofern vorhanden, müssen in geeigneter Weise angeordnet sein.

Unerwartetes Anlaufen aufgrund eines Fehlers in der Steuerungseinrichtung oder einer externen Einwirkung darauf, muss durch eine geeignete Konstruktion des Steuerungssystems in Übereinstimmung mit den Anforderungen aus 5.3, 5.4 und 5.5 vermieden werden.

Ein unerwarteter Anlauf aufgrund eines Startbefehls, der durch eine unangemessene Einwirkung auf eine Startsteuerung oder andere Teile der Maschine, wie z. B. einen Sensor oder ein Energiesteuerungselement, erzeugt wurde, muss durch eine Wiederanlaufsperrfunktion in Übereinstimmung mit 5.5.1.2 verhindert werden.

Unerwartetes Anlaufen durch Wiederherstellung der Energieversorgung nach einer Unterbrechung muss durch eine Anlaufsperrfunktion in Übereinstimmung mit Unterabschnitt 5.5.1.1 verhindert werden.

5.2.3 Singularität

Bewegungen, die im kartesischen Raum festgelegt sind und in der Nähe von Singularitäten ablaufen, können unerwartete Achsgeschwindigkeiten und Bewegungen verursachen. Vor dem Auftreten einer Singularität muss der Roboter einen der folgenden Punkte erfüllen:

- a) eine wiederholbare Bewegung und Geschwindigkeit erzeugen, während er im Zustand der Singularität ist;
- b) die Ausführung des Anwenderprogramms ohne weitere Bewegung anhalten, eine Warnung abgeben und zur Wiederherstellung nach dem Anhalten einen manuellen Neustart des Anwenderprogramms erfordern;
- c) ein akustisches oder sichtbares Warnsignal erzeugen und die Singularität mit einer reduzierten Geschwindigkeit in Übereinstimmung mit der reduzierten Geschwindigkeit (5.5.2.1) fortsetzen.

ANMERKUNG Risiken, die durch Singularität entstehen, können in der automatischen Betriebsart (5.2.8.1) auftreten, wenn Fähigkeiten zur Aktivierung von kollaborierenden Anwendungen (5.12) aktiv sind und in der manuellen Betriebsart (5.2.8.2).

5.2.4 Verriegelungsfunktionen

Zu trennenden Schutzeinrichtungen gehörende Verriegelungseinrichtungen müssen ISO 14119 entsprechen.

ANMERKUNG Siehe 5.5.1, Anlauf- und Wiederanlaufssperre.

5.2.5 Zustandsanzeige und Warneinrichtungen

Der Zustand des Roboters muss deutlich angezeigt werden, z. B. Energie EIN, Fehler erkannt, Betriebsart (5.2.8), Automatikbetrieb in Bearbeitung, direkte Steuerung (5.2.7.2), externe Steuerung (5.2.7.3). Die Anzeigen müssen für den Einbauort geeignet sein und die Anforderungen nach IEC 60204-1 erfüllen.

Falls vorgesehen, müssen Warneinrichtungen (z. B. akustisch und optisch) mit ISO 12100, IEC 60204-1 und IEC 60073 übereinstimmen.

ANMERKUNG IEC 60073 enthält Grund- und Sicherheitsregeln für die Mensch-Maschine-Schnittstelle, Kennzeichnung – Codierungsgrundsätze für Anzeigengeräte und Bedienteile. Die Normenreihe IEC 61310 ist auf die Sicherheit von Maschinen mit Anforderungen an die Anzeige, Kennzeichnung und Betätigung ausgelegt. Auf die Normenreihe IEC 61310 wird in IEC 60204-1 normativ verwiesen.

5.2.6 Kennzeichnung

Steuerungseinrichtungen, Anzeigen und Displays müssen so beschriftet sein, dass ihre Funktion eindeutig erkennbar ist, z. B. Einschalten „I“ Ausschalten „O“, in Übereinstimmung mit IEC 60204-1 und IEC 60073-2. Siehe Anhang F.

5.2.7 Ausschließliche Bedienung von einer Bedienstation

5.2.7.1 Allgemeines

Die ausschließliche Bedienung einer Bedienstation muss durch eine der folgenden Maßnahmen umgesetzt werden:

- durch Authentifizierung der den Roboter steuernden Kommunikation in Übereinstimmung mit 5.1.16;
- als Sicherheitsfunktion in Übereinstimmung mit 5.3.

Es darf jeweils nur eine Steuerungsquelle zur gleichen Zeit akzeptiert werden.

5.2.7.2 Direkte Steuerung

Wenn eine direkte Steuerung vorgesehen ist, muss diese in Übereinstimmung mit 5.2.7 (ausschließliche Bedienung von einer Bedienstation) erfolgen. Wenn der Roboter direkt gesteuert wird, muss Folgendes durch externe Steuerungen verhindert werden (5.2.7.3):

- a) Auslösen der Roboterbewegung;
- b) Programmänderungen;
- c) Änderung der Sicherheitskonfiguration;
- d) Wechsel der Steuerung zu einem anderen Bedienstand;
- e) Aktualisierungen des Steuerungsprogramms.

Die Aktivierung der direkten Steuerung muss immer Vorrang vor allen anderen Steuerungsquellen haben. Die Aktivierung der direkten Steuerung muss das Ergebnis einer bewussten Handlung an einem bestimmten Steuergerät des Bedienstands sein.

ANMERKUNG Für Mittel zur Steuerung des Roboters, zu denen auch Programmierhandgeräte gehören, siehe 5.2.9.

5.2.7.3 Externe Steuerung

Die Möglichkeit der externen Steuerung kann zur Verfügung gestellt werden. Wenn Mittel zur Programmierung nicht mit dem Roboter mitgeliefert werden, sodass externe Mittel erforderlich sind (z. B. durch Anschluss an einen Computer), müssen diese als externe Steuerungen betrachtet werden.

Wenn eine direkte Steuerung (5.2.7.2) vorgesehen ist, muss in Übereinstimmung mit 5.2.7.1 Folgendes erfüllt sein:

- a) zur Aktivierung der externen Steuerung muss eine bewusste Handlung an der direkten Steuerung vorgenommen werden;
- b) das Aktivieren der direkten Steuerung muss zu einer sofortigen Deaktivierung der externen Steuerung führen.

ANMERKUNG Für Mittel zur Steuerung des Roboters, zu denen auch Programmierhandgeräte gehören, siehe 5.2.9.

5.2.8 Betriebsarten

5.2.8.1 Automatisch

Der Roboter muss über eine automatische Betriebsart verfügen. In der Betriebsart Automatik muss der Roboter das Anwenderprogramm ausführen und die relevanten konfigurierten Sicherheitsfunktionen müssen aktiv sein. Jeder erkannte Stoppzustand muss zu einem Halt aller beweglichen Teile des Roboters führen.

Die automatische Betriebsart darf erst nach einer separaten Bestätigung durch den Bediener anlaufen.

5.2.8.2 Manuell

5.2.8.2.1 Allgemeines

Die Roboterbewegungen dürfen nur in Übereinstimmung mit 5.2.9 möglich sein, was die ausschließliche Bedienung von einer Bedienstation (5.2.7) des Roboters darstellt.

5.2.8.2.2 Reduzierte Geschwindigkeit

Der Roboter muss über eine manuelle Betriebsart mit reduzierter Geschwindigkeit für den Tippbetrieb, das Teachen, die Programmierung und die Programmverifizierung verfügen. Diese Anforderung darf für Roboter der Klasse I, die ausschließlich für Anwendungen bestimmt sind, bei denen vorhersehbar ist, dass der Tippbetrieb, das Teachen, die Programmierung und die Programmverifizierung nicht zu einer gefährlichen Situation führen, ausgeschlossen werden.

Roboterbewegungen dürfen nur während der Betätigung der Zustimmungseinrichtung in Übereinstimmung mit 5.5.3 und mit reduzierter Geschwindigkeit in Übereinstimmung mit 5.5.2.1 möglich sein.

Die automatische Betriebsart muss verhindert werden, wenn sich der Roboter in der manuellen Betriebsart befindet.

ANMERKUNG Die manuelle Betriebsart mit reduzierter Geschwindigkeit war in der Vergangenheit als manuell reduzierte Geschwindigkeit, T1 oder Teach bekannt.

5.2.8.2.3 Hohe Geschwindigkeit

Der Roboter kann eine manuelle Betriebsart mit hoher Geschwindigkeit haben, bei der die Geschwindigkeit höher sein kann als bei reduzierter Geschwindigkeit. Die manuelle Betriebsart mit hoher Geschwindigkeit ist nur zur Verifizierung programmierter Aufgaben vorgesehen (siehe ISO 10218-2).

Wenn die manuelle Betriebsart mit hoher Geschwindigkeit vorgesehen ist, muss der Roboter:

- a) über Mittel zur Auswahl der manuellen Betriebsart mit hoher Geschwindigkeit in Übereinstimmung mit 5.2.8.2.3 verfügen;
- b) über Mittel zur manuellen Erhöhung der Geschwindigkeit in mehreren Schritten beginnend bei der Einstellung für reduzierte Geschwindigkeit, die 250 mm/s oder weniger betragen können, verfügen;
- c) die tatsächliche Geschwindigkeit anzeigen;
- d) über eine überwachte Geschwindigkeit verfügen, in Übereinstimmung mit 5.5.2.2, die aktiv ist;
- e) über eine separate Start/Stopp-Steuerung in Verbindung mit einer Zustimmungseinrichtung nach 5.5.3 verfügen;

- f) über eine Geschwindigkeitsbegrenzung nicht größer als die Einstellung der reduzierten Geschwindigkeit für die folgenden Situationen verfügen:
 - bei Auswahl oder Aktivierung der manuellen hohen Geschwindigkeit;
 - wenn die Zustimmungseinrichtung nach 5.5.3 durch Stellen der Zustimmungseinrichtung in die Mittelstellung der Freigabeposition, nachdem er entweder losgelassen oder vollständig gedrückt wurde, wiederausgelöst wird;
- g) wenn die Zustimmungseinrichtung für fünf (5) Minuten oder länger losgelassen wird, ist eine separate bewusste Handlung erforderlich, um die zuvor gewählte höhere Geschwindigkeit wieder aufzunehmen;
- h) wenn die Sicherheitsfunktionsausgabe der überwachten Geschwindigkeit anzeigt, dass sich der Roboter in der manuellen Betriebsart mit hoher Geschwindigkeit befindet.

Der Roboter kann über eine oder beide der folgenden Fähigkeiten verfügen:

- die Mittel, um die manuelle Betriebsart mit hoher Geschwindigkeit zu deaktivieren;
- die Mittel, um die überwachte Geschwindigkeitsgrenze auf einen Wert von 250 mm/s oder weniger zu setzen.

ANMERKUNG Diese optionale manuelle Betriebsart mit hoher Geschwindigkeit war zuvor als manuell hohe Geschwindigkeit oder T2 bekannt.

5.2.8.3 Auswahl, Aktivierung und Wechsel der Betriebsart

Die Auswahl der Betriebsart muss durch eine absichtliche Handlung erfolgen, z. B. über einen Schlüsselschalter, Auswahl am Touchscreen.

ANMERKUNG 1 Die Auswahl der Betriebsart gilt nicht als Sicherheitsfunktion.

Die ausgewählte Betriebsart muss:

- klar erkennbar sein;
- eindeutig angezeigt werden;
- sichtbar sein oder angezeigt werden.

Die Betriebsartauswahl kann mit einem gesicherten Zugangsmittel eingeschränkt werden (z. B. Schlüssel, Zugangskontrollsysteme oder Zugangscodes), das die Nutzung einiger Betriebsarten oder Funktionen des Roboters begrenzt.

Der Wechsel zwischen den Betriebsarten muss einen Sicherheitshalt (5.4.3) zur Folge haben. Die Auslösung der Bewegung muss in Übereinstimmung mit den Anforderungen der Anlauf- und Wiederanlaufsperrung (5.5.1) erfolgen.

Wenn der Wechsel der Betriebsart zu einer Änderung der aktiven Risikominderungsmaßnahmen führt:

- a) muss die Aktivierung der gewählten Betriebsart als eine Sicherheitsfunktion angesehen werden;
- b) darf immer nur eine Betriebsart zur gleichen Zeit aktiv sein;
- c) müssen in jeder Betriebsart die für diese Betriebsart erforderlichen Maßnahmen zur Risikominderung aktiv sein;

- d) die Aktivierung der gewählten Betriebsart darf keine Roboterbewegung oder andere Gefährdungen auslösen.

ANMERKUNG 2 Bei vielen Robotern ist die manuelle Betriebsart so eingestellt, dass die Robotereingänge für die „Umfangs-Schutzeinrichtungen“ im manuellen Betrieb nicht aktiv sind (um den Zutritt zu ermöglichen), während die „Umfangs-Schutzeinrichtungen“ im automatischen Betrieb aktiv wären.

Es kann/können ein optionaler Ausgang/optionale Ausgänge zur Anzeige der aktivierten Betriebsart vorgesehen werden. Falls für sicherheitsbezogene Zwecke vorgesehen, muss/müssen der Ausgang/die Ausgänge der Sicherheitsfunktion den Anforderungen von 5.3 entsprechen.

ANMERKUNG 3 Symbole für die Betriebsartkennzeichnung sind in Anhang F angegeben.

5.2.9 Mittel zur Steuerung des Roboters

5.2.9.1 Allgemeines

Der Roboter muss über Mittel zur Steuerung, Befehlsgebung, Programmierung/Teachen, Konfiguration und Fehlerbehebung des Roboters verfügen, wie zum Beispiel Programmierhandgerät oder andere Steuerungseinrichtungen. Es muss mindestens eines der folgenden Mittel angewendet werden:

- a) Regeleinrichtung oder Programmierhandgerät;
- b) Möglichkeit zur externen Steuerung und die entsprechende Konnektivität (kabelgebunden oder drahtlos).

Jede Bedienstation bzw. jedes Programmierhandgerät muss über eine Not-Halt-Einrichtung in Übereinstimmung mit ISO 13850:2015, 4.3.5 zum Auslösen einer Not-Halt-Funktion in Übereinstimmung mit 5.4.2 verfügen.

Jedes Programmierhandgerät, das eine Bewegung einleiten oder Bewegungen verursachen kann, muss mit einer Zustimmungseinrichtung und einer 3P-Zustimmungseinrichtung in Übereinstimmung mit 5.5.3 ausgestattet sein.

Bei Robotern der Klasse I in Übereinstimmung mit 5.1.17, bei denen ihre maximale Kraft und Geschwindigkeit durch eine eigensichere Konstruktion begrenzt sind:

- ist eine 3P-Zustimmungseinrichtung nicht erforderlich; und
- muss ein Sicherheitsfunktionseingang für die Integration einer externen 3P-Zustimmungseinrichtung vorgesehen sein.

Roboter der Klasse I muss so konstruiert sein, dass vorhersehbare Roboteraufgaben (z. B. Instandhaltung, Fehlerbehebung und andere Aufgaben) sicher ohne die 3P-Zustimmungseinrichtung ausgeführt werden können. Wenn dies nicht möglich ist, muss eine 3P-Zustimmungseinrichtung mit dem Roboter geliefert werden.

ANMERKUNG 1 Mit dem Roboter verbundene in der Hand gehaltene Geräte (Handgeräte), die nur in der Lage sind, Roboterparameter zu veranschaulichen, gelten nicht als Bedienstände oder Programmierhandgeräte.

Programmierhandgeräte und Regeleinrichtungen müssen in Übereinstimmung mit IEC 61310-1:2007, IEC 61310-2:2007 und IEC 61310-3:2007 sein.

Ein visuelles Signal an der Bedienstation muss den aktiven Status der Bedienstation anzeigen, z. B. eine Anzeigeleuchte an einer Regeleinrichtung oder eine Warnung auf der Anzeige des Programmierhandgeräts.

Bei Robotern mit externer Steuerungsmöglichkeit müssen die mit dem Roboter gelieferten Steuergeräte (einschließlich der Programmierhandgeräte) anzeigen, wenn die externe Steuerung aktiv ist.

Wenn Bedienstationen am oder im Manipulator des Roboters montiert sind, müssen eines oder mehrere der folgenden Mittel zur Risikominderung angewendet werden:

- handgeführte Steuerungen (en: Hand-Guided Control, HGC) in Übereinstimmung mit 5.10.2;
- Energie- und Kraftbegrenzung (en: Power and Force Limiting, PFL) in Übereinstimmung mit 5.10.4.

ANMERKUNG 2 HGC (5.10.2) kann mit PFL (5.10.4) kombiniert werden.

ANMERKUNG 3 Für Anforderungen an die ausschließliche Bedienung von einer Bedienstation, direkte Steuerung und externe Steuerung, siehe 5.2.7.

5.2.9.2 Programmierhandgerät(e)

Programmierhandgeräte können eine feste Verbindung, z. B. ein an den Roboter fest angebrachtes Kabel, oder eine lösbare Verbindung (entfernbares und abnehmbares Kabel oder drahtlose Verbindung in Übereinstimmung mit 5.2.9.3) haben.

Masse und Größe der Programmierhandgeräte dürfen aufgrund der bestimmungsgemäßen Verwendung nicht zu Ermüdung und Beeinträchtigungen führen.

ANMERKUNG EN 1005-5 gibt Anleitung zur Beurteilung der Handhabung von Maschinenteilen mit einer Masse unter 3 kg. EN 1005-2 gibt Anleitung zur Beurteilung der Handhabung von Maschinenteilen mit einer Masse gleich oder größer als 3 kg über Entfernungen von weniger als 2 m.

Programmierhandgeräte müssen mit den folgenden Mitteln oder Anweisungen ausgestattet sein:

- Platzierung oder Verstauung, um die Möglichkeit eines Schadens, der zu einer Gefährdung führen kann, zu minimieren;
- zur Kabelunterbringung, falls vorhanden, um Gefährdungen durch Verheddern und Stolpern zu vermindern.

5.2.9.3 Kabellose(s) oder abnehmbare(s) Programmierhandgerät(e)

Programmierhandgeräte, die keine Kabelverbindung zum Roboter haben oder bei denen das Kabel gelöst werden kann, müssen Folgendes erfüllen:

- a) es muss eine visuelle Anzeige vorgesehen werden, die signalisiert, dass das Programmierhandgerät aktiv ist, z. B. am Display des Programmierhandgeräts;
- b) es muss eine visuelle Anzeige vorgesehen werden, die anzeigt, mit welchem Roboter das Programmierhandgerät verbunden ist (z. B. am Display des Programmierhandgeräts);
- c) ein sicherheitsbezogener Kommunikationsverlust muss einen Sicherheitshalt aller gesteuerten Roboter auslösen, wenn sie sich in der/den manuellen Betriebsart(en) befinden.
- d) die Wiederherstellung der sicherheitsbezogenen Kommunikation darf die Roboterbewegung nicht ohne gesonderte bewusste Handlung wieder anlaufen lassen;
- e) die Not-Halt-Einrichtung(en) muss/müssen ISO 13850:2015, 4.3.8 entsprechen;

- f) ein eindeutiges Mittel zum Verbinden und Trennen der Robotersteuerung mit dem Programmierhandgerät muss vorgesehen sein (z. B. eine bestätigende Handlung des Bedieners);
- g) die sicherheitsbezogene kabellose Kommunikation (z. B. Funk, Infrarot) von Programmierhandgeräten muss IEC 62745 entsprechen; und
- h) es muss ein Mittel vorgesehen sein, das eine Verwechslung zwischen aktiven und inaktiven Not-Halt-Einrichtungen verhindert (z. B. Verstaung oder Anweisungen zur Verstaung).

5.2.10 Mittel zum Auslösen des Automatikbetriebs

Der Roboter darf den Automatikbetrieb erst starten, nachdem eine separate Bestätigung durch den Bediener erfolgt ist.

Der Roboter muss Mittel bieten, durch die

- der Automatikbetrieb von einer anderen Steuerungseinrichtung als dem Programmierhandgerät aus gestartet werden kann;

ANMERKUNG 1 Diese Funktion kann durch die Wiederanlaufsperrung ausgeführt werden, siehe 5.5.1.2.

- verhindert wird, dass der Automatikbetrieb des Roboters nur durch das Programmierhandgerät alleine gestartet wird.

ANMERKUNG 2 Dies kann durch die Integration (ISO 10218-2) unter Verwendung eines externen Eingangs zum Roboter erreicht werden.

5.3 Sicherheitsfunktionen

5.3.1 Allgemeines

Sicherheitsbezogene Steuerungssysteme (elektrisch, hydraulisch, pneumatisch, mechanisch und Software) müssen 5.3 und Anhang C entsprechen.

Die sicherheitsbezogene Steuerungssystemleistung aller Sicherheitsfunktionen des Roboters muss in den Benutzerinformationen in Übereinstimmung mit Anhang D angegeben werden.

ANMERKUNG 1 Tabelle D.1 zeigt ein Beispielformat zur Darstellung der erforderlichen Informationen.

Ein Roboter kann mit Fähigkeiten und Sicherheitsfunktionen nach 5.10 ausgestattet sein, um die Ausführung von kollaborierenden Aufgaben in Übereinstimmung mit ISO 10218-2 zu ermöglichen. Optionale Eigenschaften (Anhang I) können bereitgestellt werden (siehe Anhang C).

ANMERKUNG 2 Sicherheitsbezogene Steuerungssysteme können auch als SRP/CS (sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen) oder SCS (sicherheitsbezogenes Steuerungssystem) bezeichnet werden.

5.3.2 Funktionssicherheitsnormen

Sicherheitsbezogene Teile des Steuerungssystems (SRP/CS oder SCS) müssen in Übereinstimmung mit einer der folgenden Normen konstruiert werden:

- ISO 13849-1, *Safety-related parts of control systems — General principles for design*; oder
- IEC 62061, *Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems*.

Die Normen ISO 13849 und IEC 62061 behandeln die Funktionssicherheit mit ähnlichen, aber unterschiedlichen Verfahren.

5.3.3 Leistung

Die minimale Funktionssicherheitsleistung für Sicherheitsfunktionen muss mindestens eine der folgenden Eigenschaften aufweisen:

- Performance Level (PL) d und eine Architektur der Kategorie 3 in Übereinstimmung mit ISO 13849-1:2015;
- oder
- Sicherheitsintegritätslevel (SIL) 2, Hardware-Fehlertoleranz (HFT) = 1 mit einer Gebrauchsdauer von mindestens 20 Jahren, in Übereinstimmung mit IEC 62061:2015;
- oder
- Performance Level (PL) d oder SIL 2, mit PFH_D kleiner als $4,43 \times 10^{-7}/h$.

Ein weiteres Kriterium kann für eine bestimmte Roboterklasse (5.1.17, Tabelle 1) und eine bestimmte Sicherheitsfunktion (Tabelle C.2) nach Anhang C vorgesehen werden.

ANMERKUNG Eine Roboteranwendung kann Sicherheitsfunktion(en) erfordern, die PLe (Kat 3) oder SIL 3 (HFT 1) entsprechen. Siehe ISO 10218-2.

Ein Roboter kann Sicherheitsfunktionen mit einer höheren Funktionssicherheitsleistung als das erforderliche Performance Level PLd oder SIL 2 haben, die in Sicherheitsfunktionssysteme außerhalb des Roboters über sicherheitsbezogene Ein- und Ausgänge integriert werden können.

Wenn vorgesehen, müssen die sicherheitsbezogenen Ein- und Ausgänge des Roboters, die mit einer PLd- oder SIL-2-Sicherheitsfunktion verbunden sind, redundant sein und in ein Steuerungssystem mit redundanter Architektur implementiert werden können.

5.3.4 Ausfall- oder Fehlererkennung

Ein Ausfall des sicherheitsbezogenen Steuerungssystems oder ein erkannter Fehler einer sicherheitsbezogenen Funktion muss zu einer Stopp-Kategorie 0 oder 1 nach IEC 60204-1 führen. Das Auslösen einer Sicherheitsfunktion zeigt an, dass die Sicherheitsfunktion wie vorgesehen funktioniert. Dies ist kein Ausfall oder Fehler der Sicherheitsfunktion. Die Auslösung der Sicherheitsfunktion muss zu dem/den festgelegten Ergebnis(sen) der Sicherheitsfunktion in Übereinstimmung mit Anhang C führen.

5.3.5 Parametrisierung der Sicherheitsfunktionen

Der Roboter muss mit den Mitteln und der Möglichkeit der software-basierten Parametrisierung sicherheitsbezogener Anwendungssoftware und für Entwicklung der sicherheitsbezogenen Anwendungssoftware ausgestattet werden. Dies ist als sicherheitsbezogener Aspekt nach ISO 13849-1:2015, 4.6.4 oder IEC 62061:2015, 6.11.2 zu betrachten.

ANMERKUNG Der korrekte Betrieb der Sicherheitsfunktionen basiert auf der richtigen und zuverlässigen Einstellung eines oder mehrerer sicherheitsbezogener Parameter(s), der/die in der/den Sicherheitsfunktion(en) und insbesondere sicherheitsbezogener Anwendungssoftware verwendet werden.

Deswegen dürfen Online-Softwaretools nach IEC 61508-4:2010, 3.2.10 nicht verwendet werden.

Sobald die Sicherheitsfunktion(en) aktiviert wurde(n), muss/müssen die Sicherheitsfunktion(en) bei Einschalten aktiv sein.

Manuelle Änderungen an sicherheitsbezogenen Parametern müssen einen Neustart der Robotersteuerung nach der/den Änderung(en) erfordern. Sicherheitsbezogene Parameter dürfen während der automatischen Ausführung des Anwenderprogramms nicht rekonfiguriert werden können.

Für einen bestimmten Parameter kann ein Satz verschiedener Werte konfiguriert werden und ein bestimmter Wert des jeweiligen Satzes während eines bestimmten Teils des Anwenderprogramms angewendet werden.

Sicherheitsfunktionsparameter müssen einen Bezeichner (z. B. Prüfsumme) erzeugen, damit Änderungen dieser Einstellungen erkannt werden können.

Informationen über die aktiven Einstellungen und die Konfiguration der Sicherheitsfunktionen müssen einsehbar und dokumentierbar sein, z. B. durch Anzeige des Ergebnisses des Bezeichners auf der Benutzeroberfläche. Zusätzliche Daten wie etwa Konfigurationsinformationen, befugtes Personal, Konfigurationsdatum können vorgesehen werden.

5.3.6 Kommunikation

Wenn Datenkommunikation in der Implementierung einer Sicherheitsfunktion angewendet wird, muss diese den Anforderungen nach IEC 61508-2:2010, 7.4.11, entsprechen.

Wenn ein Roboter über ein internes Roboternetzwerk verfügt, muss das Netzwerk als Netzwerk der Übertragungskategorie 1 in Übereinstimmung mit Tabelle 2 betrachtet werden. Wenn ein Roboter über ein externes Netzwerk verfügt, muss das Netzwerk als Netzwerk der Übertragungskategorie 2 oder 3 nach Tabelle 2 betrachtet werden. Die Eigenschaften der Übertragungskategorien (1, 2 oder 3) werden in Tabelle 3 beschrieben.

ANMERKUNG 1 Ein Netzwerk der Übertragungskategorie 1 hat üblicherweise eine festgelegte Maximalanzahl von Teilnehmern, während es sich bei einem Netzwerk der Kategorie 2 um ein weniger kontrolliertes Netzwerk handelt, das jedoch unerhebliche Möglichkeiten für unautorisierten Zugriff bietet. Ein Netzwerk der Übertragungskategorie 3 hat unbekannte Eigenschaften und ein hohes Risiko für unautorisierten Zugriff. Siehe Tabelle 3.

Tabelle 2 — Roboternetzwerk – Anforderungen an Gegenmaßnahmen

Übertragungs- kategorien	Wieder- holung	Löschung	Einfügung	Resequenzierung	Korruption	Verzö- gerung	Maskierung
1	+	+	+	+	++	+	-
2	++	++	++	+	++	++	-
3	++	++	++	++	++	++	++
ANMERKUNG Der Begriff: „Maskierung“ bedeutet, dass die wahre Quelle der Nachricht nicht korrekt identifiziert wurde. Eine Nachricht eines nicht sicherheitsbezogenen Elements wird beispielsweise als Nachricht eines Sicherheitselements identifiziert. [QUELLE: IEC 61508-2:2010, 7.4.11.1]							
Legende - Bedrohung ist vernachlässigbar. + Bedrohung existiert, ist aber selten; leichte Gegenmaßnahmen sind ausreichend. ++ Bedrohung existiert und erfordert starke Gegenmaßnahmen							

Tabelle 3 — Kategorien von Kommunikationsübertragungssystemen

Übertragungs-kategorien	Haupteigenschaften
1	Auf eine bekannte und feste Maximalanzahl an Teilnehmern ausgelegt. Alle Eigenschaften des Übertragungssystems sind bekannt und über die Lebensdauer des Systems unveränderlich. Vernachlässigbare Möglichkeit des unautorisierten Zugriffs.
2	Eigenschaften sind unbekannt, teilweise unbekannt oder über die Lebensdauer des Systems veränderlich. Begrenzter Erweiterungsumfang der Nutzergruppe. Bekannte Nutzergruppe oder -gruppen. Vernachlässigbare Möglichkeit des unautorisierten Zugriffs (Netzwerke sind vertrauenswürdig). Gelegentliche Nutzung nicht vertrauenswürdiger Netzwerke.
3	Eigenschaften sind unbekannt, teilweise unbekannt oder über die Lebensdauer des Systems veränderlich. Mehrere unbekannte Nutzergruppen. Erhebliche Möglichkeit des unautorisierten Zugriffs.
QUELLE: IEC 62280:2014, Tabelle B.1, erste 2 Spalten	

ANMERKUNG 2 Für eine vollständige Beschreibung der Kommunikationskategorien, siehe IEC 62280:2014 oder EN 50159:2010.

5.3.7 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

Die sicherheitsbezogene EMV (d.h. Störfestigkeit und Emission) muss den Anforderungen an elektromagnetische Beeinflussung (EMI) und EMV nach ISO 13849-1 oder IEC 62061 entsprechen.

ANMERKUNG Diese Anforderung ist für die Funktionssicherheit relevant. Andere Normen können andere EMV-Normen erfordern.

5.4 Stoppfunktionen des Roboters (altern.: Funktionen zum Stillsetzen des Roboters)

5.4.1 Allgemeines

Jeder Roboter muss über eine Sicherheitshalt-Funktion, eine unabhängige Not-Halt-Funktion und eine weitere Stoppfunktion verfügen. Jede Stoppfunktion muss Vorkehrungen für den Anschluss externer Einrichtungen haben.

Der Roboter muss so ausgelegt sein, dass Haltefunktionen Vorrang vor sämtlichen anderen Steuerfunktionen haben. Sobald eine Haltefunktion ausgelöst wurde, dürfen keine anderen Steuerfunktionen die Roboterbewegung aktivieren bis der Haltezustand erzielt wurde.

Die Funktionssicherheitsleistung muss 5.3 entsprechen.

In Tabelle 3 werden die Stoppfunktionen verglichen.

Tabelle 1— Vergleich der Stoppfunktionen

Parameter	Sonstige Stoppfunktionen	Not-Halt	Sicherheitshalt
Zweck	Anhalten, Ein/Aus	Notfall	Schutzmaßnahmen
Wirkung	Anhalten des Roboters oder seiner gefährbringenden Funktionen, dann Wegnahme der Energie zu allen Gefährdungen	Wegnahme der Energie zu allen Gefährdungen	Sichere Kontrolle der geschützten Gefährdung(en) nach 5.4.3.1 (Sicherheitshalt, allgemein) oder 5.4.3.3 (Sicherheitsfunktion überwachter Stillstand)
Auslösung	Manuell	Manuell	Manuell, automatisch oder kann automatisch durch eine Sicherheitsfunktion ausgelöst werden
Stoppkategorie in Übereinstimmung mit IEC 60204-1	0 oder 1	0 oder 1	0, 1 oder 2
Leistung des sicherheitsbezogenen Steuerungssystems	Nicht erforderlich	Siehe Leistungsanforderungen in Anhang C.2	Siehe Leistungsanforderungen in 5.3.
Rücksetzung	Nicht anwendbar	Nur manuell	Manuell oder automatisch <i>Kann je nach Sicherheitsfunktion, die einen Sicherheitshalt auslöst, variieren</i>
Häufigkeit der Nutzung	Häufig	Selten	Variabel: von dauerhaft (d. h. interne Robotersicherheitsfunktionen) bis selten

5.4.2 Not-Halt

5.4.2.1 Allgemeines

Der Roboter muss über eine Not-Halt-Funktion verfügen, Kategorie 0 oder 1, in Übereinstimmung mit IEC 60204-1. Die Not-Halt-Funktion(en) und -Einrichtung(en) muss/müssen in Übereinstimmung mit ISO 13850 sein und die Not-Halt-Funktion muss

- Vorrang vor allen anderen Steuerungs- und Stoppfunktionen des Roboters haben,
- alle Gefährdungen innerhalb des Wirkungsbereichs beenden,
- die Antriebsenergie des Roboterantriebs abschalten, und
- bis zum Rücksetzen aktiv bleiben.

Die Not-Halt-Funktion darf nur durch manuelle Betätigung zurückgesetzt werden, die keinen Wiederanlauf nach Rücksetzen auslöst, sondern den Wiederanlauf lediglich zulässt.

Der Roboter muss die Möglichkeit bieten, einen externen Not-Halt-Eingang zur Nutzung durch das Robotersystem anzuschließen, siehe ISO 10218-2.

5.4.2.2 Bedienstation und Programmierhandgerät

Jede Bedienstation und jedes Programmierhandgerät, die/das eine Roboterbewegung oder andere Gefährdungssituationen auslösen kann, muss über eine manuell zu betätigende Not-Halt Funktion verfügen.

5.4.2.3 Not-Halt-Eingang

Jeder Eingang der Sicherheitsfunktion für einen Not-Halt muss in Betrieb bleiben, wenn die Energieversorgung getrennt und wiederhergestellt wird.

ANMERKUNG Siehe 5.2.2 zur Vermeidung von unerwartetem Anlauf.

5.4.2.4 Not-Halt-Ausgang

Wenn der Ausgang einer Sicherheitsfunktion für einen Not-Halt vorgesehen ist, muss der Ausgang in Betrieb bleiben, wenn die Energieversorgung getrennt und wiederhergestellt wird:

- a) die Fehlererkennung muss 5.3.6 entsprechen;
- b) die Funktionssicherheitsleistung muss 5.3 entsprechen.

ANMERKUNG Siehe 5.2.2 zur Vermeidung von unerwartetem Anlauf.

5.4.3 Sicherheitshalt

5.4.3.1 Allgemeines

Der Roboter muss über eine oder mehrere Sicherheitshalt-Funktionen verfügen, die durch eine interne Sicherheitsfunktion oder externe Schutzeinrichtungen initiiert werden kann/können.

Diese Haltfunktion muss:

- a) einen Stopp aller Roboterbewegungen auslösen;
- b) eine Stopp-Kategorie 0, 1 oder 2 in Übereinstimmung mit IEC 60204-1 sein;
- c) wenn der Sicherheitshalt in Übereinstimmung mit der Stopp-Kategorie 2 IEC 60204-1 ist, muss er zu einem überwachten Stillstand in Übereinstimmung mit 5.4.3.3 führen;
- d) bei Robotern, die über keine Zustimmungseinrichtung (5.5.3) verfügen, in allen Betriebsarten immer aktiv sein.

Dieser Halt kann manuell oder automatisch ausgelöst werden.

5.4.3.2 Sicherheitshalt-Ausgang

Wenn eine Sicherheitsfunktion für einen Sicherheitshalt vorgesehen ist, muss der Ausgang auch nach Abschalten der Energieversorgung weiterhin funktionieren oder einen Sicherheitshalt auslösen.

5.4.3.3 Überwachter Stillstand

Ein überwachter Stillstand muss vorgesehen werden, wenn er erforderlich ist, um eine unbeabsichtigte Roboterbewegung nach einem Roboterstopp in Übereinstimmung mit der Kategorie 2 der IEC 60204-1:2016 zu verhindern. Jegliche unbeabsichtigte Bewegung des Roboters im überwachten Stillstand muss zu einem Stopp der Kategorie 0 oder 1 in Übereinstimmung mit IEC 60204-1:2016 führen.

Ein überwachter Stillstand muss für Folgendes vorgesehen werden:

- handgeführte Roboter in Übereinstimmung mit 5.10.2, ohne PFL-Fähigkeiten in Übereinstimmung mit 5.10.4;
- Energie und Kraft begrenzt durch Sicherheitsfunktionen in Übereinstimmung mit 5.10.4;
- simultane Bewegung (5.6).

Wenn ein überwachter Stillstand vorgesehen ist, muss der Roboter über einen Ausgang der Sicherheitsfunktion verfügen, der signalisiert, dass der Stillstand des Roboters überwacht wird.

Diese Sicherheitsfunktion kann auch durch externe Schutzeinrichtungen ausgelöst werden.

5.4.4 Sonstige Stoppfunktionen

Der Roboter muss mit einer Einrichtung zum Auslösen einer Stoppfunktion ausgestattet sein.

Diese Stoppfunktion führt, wenn sie aktiviert ist, zu einem Stopp der Kategorie 0 oder 1 nach IEC 60204-1:2016. Diese Funktion kann als normale Stoppfunktion verwendet werden. Ein Sicherheitshalt-Eingang, der einen Stopp der Kategorie 0 oder 1 (IEC 60204-1) auslöst, kann für diese Stoppfunktion verwendet werden.

Wenn eine Bedienstation mit der Fähigkeit ausgestattet ist, eine Bewegung oder eine automatische Betriebsart einzuleiten, dann muss sie auch die Fähigkeit haben, eine Bewegung zu stoppen, d. h. normales Stillsetzen.

ANMERKUNG 1 Dieser bereitet den Roboter für die Roboteranwendung vor, um ein normales Stillsetzen auszuführen.

ANMERKUNG 2 Zur Auslösung des Automatikbetriebs siehe 5.2.10.

5.5 Sonstige Sicherheitsfunktionen

5.5.1 Anlauf- und Wiederanlaufsperr

5.5.1.1 Anlaufsperr

Die Robotersteuerung muss über eine Anlaufsperrfunktion zur Verhinderung eines automatischen Anlaufs verfügen, wenn sich der Roboter in der manuellen Betriebsart befindet und die Energieversorgung des Roboters eingeschaltet oder unterbrochen und wiederhergestellt wird.

Das Zurücksetzen der Anlaufsperr darf nur durch absichtliche Aktivierung einer bestimmten Steuerungseinrichtung einer Bedienstation des Roboters möglich sein (z. B. eines elektromechanischen Drucktasters in einer Regeleinrichtung oder eines virtuellen Drucktasters auf dem Touchscreen eines Programmierhandgeräts).

5.5.1.2 Wiederanlaufssperre

Das Steuerungssystem des Roboters muss über eine Wiederanlaufssperrenfunktion verfügen, die den automatischen Wiederanlauf des Roboters wie folgt verhindert:

- a) nach Änderung der Betriebsart:
 - von der automatischen Betriebsart zur manuellen Betriebsart;
 - von der manuellen Betriebsart mit reduzierter Geschwindigkeit zur manuellen Betriebsart mit Hochgeschwindigkeit und von der manuellen Betriebsart mit Hochgeschwindigkeit zur manuellen Betriebsart mit reduzierter Geschwindigkeit;
 - von in 5.2.8 beschriebenen Betriebsarten zu anderen Betriebsarten und umgekehrt, wenn der automatische Anlauf zu einer Gefährdung führen kann;

ANMERKUNG Bei einem Wechsel innerhalb einer Betriebsart zur selben Betriebsart mit HGC, kann die Wiederanlaufssperre durch die Betätigung der Wiederanlaufssperre mit selbsttätiger Rückstellung zurückgestellt werden.

- b) in der manuellen Betriebsart, nachdem ein Sicherheitshalt durch eine aktivierte Schutzfunktion ausgelöst wurde.

Das Zurücksetzen der Wiederanlaufssperre muss die absichtliche Aktivierung einer bestimmten Steuerungseinrichtung in einer Bedienstation des Roboters erfordern (z. B. eines elektromechanischen Drucktasters in einer Regeleinrichtung, eines virtuellen Drucktasters auf dem Touchscreen eines Programmierhandgeräts).

Die Steuerungseinrichtung darf nicht dieselbe sein wie die Steuerungseinrichtung, die für die Rückstellung der Anlaufssperre verwendet wird (5.5.1.1).

5.5.2 Geschwindigkeitsbegrenzungsüberwachung

5.5.2.1 Reduzierte Geschwindigkeit

Der Roboter muss über (eine) Sicherheitsfunktion(en) für reduzierte Geschwindigkeit verfügen, um die Begrenzung der Geschwindigkeit(en) auf 250 mm/s oder weniger zu ermöglichen. Bei der Sicherheitsfunktion der reduzierten Geschwindigkeit darf die Geschwindigkeit des TCP und eines beliebigen Punktes des Manipulators 250 mm/s nicht überschreiten, einschließlich der Auswirkungen jeder Hilfsachse.

Es muss möglich sein, Geschwindigkeiten unter 250 mm/s als maximale Begrenzung auszuwählen.

Die Funktionssicherheitsleistung der reduzierten Geschwindigkeit muss 5.3 entsprechen. Diese Sicherheitsfunktion muss mit der manuellen Betriebsart mit reduzierter Geschwindigkeit aktiviert sein (siehe 5.2.8.2.2).

ANMERKUNG Siehe ISO 10218-2 für Anforderungen an die Roboteranwendung in der manuellen Betriebsart mit reduzierter Geschwindigkeit.

5.5.2.2 Überwachte Geschwindigkeit

Die überwachte Geschwindigkeit muss 5.3 entsprechen. Der Roboter kann über eine Sicherheitsfunktion(en) mit überwachter Geschwindigkeit verfügen, um die Begrenzung der Geschwindigkeit von einem oder mehreren der folgenden Punkte zu ermöglichen:

- den TCP;

— eine oder mehrere Achsen.

Wenn die Sicherheitsfunktion für überwachte Geschwindigkeit aktiviert ist, darf die Geschwindigkeit des TCP und eines beliebigen Punktes des Manipulators die eingestellte (überwachte) Geschwindigkeit einschließlich der Auswirkungen einer Hilfsachse nicht überschreiten.

Wenn eine Sicherheitsfunktion für überwachte Geschwindigkeit vorgesehen ist, kann der Roboter die Fähigkeit haben, die Sicherheitsfunktion für überwachte Geschwindigkeit zu deaktivieren. Die Deaktivierung dieser Funktion muss Teil der Parametrisierung in Übereinstimmung mit 5.3.5 sein.

5.5.3 Zustimmungsfunktion

5.5.3.1 Allgemeines

Eine Zustimmungsfunktion muss in der manuellen Betriebsart in Übereinstimmung mit 5.7.1 aktiviert sein. Die Zustimmungsfunktion ist eine durch ein oder mehrere Zustimmungseinrichtungen manuell aktivierte Steuerfunktionsverriegelung, die:

- a) wenn sie aktiviert ist, die Auslösung eines Roboterbetriebs durch eine separate Startsteuerung ermöglicht; und
- b) wenn sie nicht aktiviert ist,
 - eine Stoppfunktion auslöst und
 - das Auslösen des Maschinenbetriebs verhindert.

ANMERKUNG Eine Zustimmungsfunktion ermöglicht die Bewegung des Roboters, wenn der Not-Halt nicht aktiviert ist, während er sich in der manuellen Betriebsart befindet.

5.5.3.2 Zustimmungseinrichtung

Die Zustimmungseinrichtung muss eine 3P-Zustimmungsschalter in Übereinstimmung mit IEC 60204-1:2016, 10.9 und IEC 60947-5-8 sein. Wenn nicht-elektromechanische Schalter in der Zustimmungseinrichtung verwendet werden, müssen diese vergleichbare Anforderungen erfüllen.

Zustimmungseinrichtungen, die in ein Programmierhandgerät nach 5.2.9 integriert sind, müssen vom dreistufigen (3P) Typ sein und über eine Funktionalität nach 5.5.3.3 verfügen.

Zusätzliche 3P-Zustimmungseinrichtungen können in das Programmierhandgerät integriert oder physisch von diesem getrennt sein (z. B. eine separate 3P-Zustimmungseinrichtung als Handgriff) und müssen unabhängig von jeder anderen Funktion oder jedem anderen Gerät wirken, die/das Bewegungen steuert.

5.5.3.3 Funktionalität

Die Implementierung der Zustimmungseinrichtung muss eine Funktionssicherheitsleistung nach 5.3 haben.

Sofern sie dauerhaft in einer Mittelstellung der Freigabeposition (EIN) gehalten wird, muss die Implementierung der Zustimmungseinrichtung die Roboterbewegung erlauben.

ANMERKUNG 1 Bei einer Dreipunktregler-Zustimmungseinrichtung (3P) ist die Mittelstellung EIN die aktivierte Position, während AUS für die losgelassenen und gedrückten Positionen steht.