

DIN EN ISO 13482**DIN**

ICS 25.040.30

Einsprüche bis 2024-11-20

Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 13482:2014-11**Entwurf**

**Robotik –
Sicherheitsanforderungen für Serviceroboter (ISO/DIS 13482:2024);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 13482:2024**

Robotics –
Safety requirements for service robots (ISO/DIS 13482:2024);
German and English version prEN ISO 13482:2024

Robotique –
Exigences de sécurité pour les robots de service (ISO/DIS 13482:2024);
Version allemande et anglaise prEN ISO 13482:2024

Anwendungswarnvermerk

Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2024-09-20 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil das beabsichtigte Dokument 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.

Es wird gebeten, mit den Kommentaren zu diesem Entwurf jegliche relevanten Patentrechte, die bekannt sind, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 308 Seiten

DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM)



E DIN EN ISO 13482:2024-10**Nationales Vorwort**

Das Dokument prEN ISO 13482:2024 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 299 „Robotics“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 310 „Fortgeschrittene automatisierungstechnologien und deren Anwendung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 060-38-01 AA „Robotik“ im DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM).

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.

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 3746:2010	siehe	DIN EN ISO 3746:2011-03
ISO 3864-1:2011	siehe	DIN ISO 3864-1:2012-06
ISO 3864-2:2016	siehe	DIN ISO 3864-2:2017-11
ISO 4413:2010	siehe	DIN EN ISO 4413:2011-04
ISO 4414:2010	siehe	DIN EN ISO 4414:2011-04
ISO 4871:1996	siehe	DIN EN ISO 4871:2009-11
ISO 7010:2019	siehe	DIN EN ISO 7010:2020-07
ISO 9227:2022	siehe	DIN EN ISO 9227:2023-03
ISO 11202:2010	siehe	DIN EN ISO 11202:2010-10
ISO 12100:2010	siehe	DIN EN ISO 12100:2011-03
ISO 13732-1:2006	siehe	DIN EN ISO 13732-1:2008-12
ISO 13732-3:2005	siehe	DIN EN ISO 13732-3:2008-12
ISO 13849-1:2023	siehe	DIN EN ISO 13849-1:2023-12
ISO 13850:2015	siehe	DIN EN ISO 13850:2016-05
ISO 13854:2017	siehe	DIN EN ISO 13854:2020-01
ISO 13855:2010	siehe	DIN EN ISO 13855:2010-10
ISO 13856:2013 (alle Teile)	siehe	DIN EN ISO 13856:2013-08 (alle Teile)
ISO 13857:2019	siehe	DIN EN ISO 13857:2020-04
ISO 14118:2017	siehe	DIN EN ISO 14118:2018-07
ISO 14119:2013	siehe	DIN EN ISO 14119:2014-03
ISO 21227-3:2007	siehe	DIN EN ISO 21227-3:2007-07
IEC 60335-2-29:2019	siehe	DIN EN 60335-2-29:2023-05
IEC 60825-1:2014	siehe	DIN EN 60825-1:2022-07
IEC 61140:2016	siehe	DIN EN 61140:2016-11
IEC 61326-3-1:2017	siehe	DIN EN 61326-3-1:2018-04
IEC 61496 (alle Teile)	siehe	DIN EN IEC 61496 (alle Teile)
IEC 61508-1	siehe	DIN EN 61508-1
IEC 62133-2:2017	siehe	DIN EN 62133-2:2017-11
IEC 62471:2006	siehe	DIN EN 62471:2009-03
IEC 62619:2022	siehe	DIN EN IEC 62619:2023-08
IEC/TS 62998-1:2019	siehe	DIN IEC/TS 62998-1:2021-10
ISO 2919	siehe	DIN EN ISO 2919
ISO 3740	siehe	DIN EN ISO 3740

ISO 3925	siehe	DIN EN ISO 3925
ISO 4629-1	siehe	DIN EN ISO 4629-1
ISO 6385	siehe	DIN EN ISO 6385
ISO 9000	siehe	DIN EN ISO 9000
ISO 9241-210	siehe	DIN EN ISO 9241-210
ISO 9241-920	siehe	DIN EN ISO 9241-920
ISO 10075-2	siehe	DIN EN ISO 10075-2
ISO 10218-1	siehe	DIN EN ISO 10218-1
ISO 10218-2	siehe	DIN EN ISO 10218-2
ISO 11200	siehe	DIN EN ISO 11200
ISO 14120	siehe	DIN EN ISO 14120
ISO 14123-1	siehe	DIN EN ISO 14123-1
ISO 14738	siehe	DIN EN ISO 14738
ISO 15118-1	siehe	DIN EN ISO 15118-1
ISO 15667	siehe	DIN EN ISO 15667
ISO/TR 11688-1	siehe	DIN EN ISO 11688-1
ISO/TR 11688-2	siehe	DIN EN ISO 11688-2
ISO 20643	siehe	DIN EN ISO 20643
ISO/TR 22100-3	siehe	DIN ISO/TR 22100-3
ISO/TR 22100-4	siehe	DIN ISO/TR 22100-4
ISO/TS 15066	siehe	DIN ISO/TS 15066
IEC 60335-2-2	siehe	DIN EN IEC 60335-2-2
IEC 61000-1-2	siehe	DIN EN 61000-1-2
IEC 61000-4-2	siehe	DIN EN 61000-4-2
IEC 61000-6-1	siehe	DIN EN IEC 61000-6-1
IEC 61000-6-2	siehe	DIN EN IEC 61000-6-2
IEC 61000-6-3	siehe	DIN EN IEC 61000-6-3
IEC 61000-6-4	siehe	DIN EN IEC 61000-6-4
IEC 61800-5-2	siehe	DIN EN 61800-5-2
IEC 61851-1	siehe	DIN EN IEC 61851-1
IEC 62046	siehe	DIN EN IEC 62046
IEC 63281-2-1	siehe	DIN EN IEC 63281-2-1
IEC/TR 63074	siehe	DIN IEC/TR 63074

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 13482:2014-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Die Struktur des Dokuments wurde von Sicherheitsanforderungen in spezifische Robotertypen geändert;
- die Abschnitte zu Personenbeförderungsrobotern wurden entfernt;
- neue Abschnitte zu Cybersicherheit, Datenschutz und mit Aufzügen (Lifte) kooperierenden Roboter mit dem zugehörigen informativen Anhang H wurden in das Dokument aufgenommen;
- Abschnitt 5 enthält ausführliche Informationen zu tragbaren Robotern, die zuvor als persönliche Assistentenroboter bezeichnet wurden, mit einem informativen Anhang G.

E DIN EN ISO 13482:2024-10**Nationaler Anhang NA**
(informativ)**Literaturhinweise**

DIN CEN ISO/TR 22100-4, *Sicherheit von Maschinen — Zusammenhang mit ISO 12100 — Teil 4: Leitlinien für Maschinenhersteller zur Berücksichtigung der damit verbundenen IT-Sicherheits- (Cybersicherheits-) Aspekte*

DIN EN 60335-2-29:2023-05, *Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke — Teil 2-29: Besondere Anforderungen für Batterieladegeräte (IEC 60335-2-29:2016, modifiziert + A1:2019); Deutsche Fassung EN 60335-2-29:2021 + A1:2021*

DIN EN 60825-1:2022-07, *Sicherheit von Lasereinrichtungen — Teil 1: Klassifizierung von Anlagen und Anforderungen (IEC 60825-1:2014); Deutsche Fassung EN 60825-1:2014 + AC:2017 + A11:2021 + A11:2021/AC:2022*

DIN EN 61000-1-2, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 1-2: Allgemeines — Verfahren zum Erreichen der funktionalen Sicherheit von elektrischen und elektronischen Systemen einschließlich Geräten und Einrichtungen im Hinblick auf elektromagnetische Phänomene*

DIN EN 61000-4-2, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 4-2: Prüf- und Messverfahren — Prüfung der Störfestigkeit gegen die Entladung statischer Elektrizität*

DIN EN 61140:2016-11, *Schutz gegen elektrischen Schlag — Gemeinsame Anforderungen für Anlagen und Betriebsmittel (IEC 61140:2016); Deutsche Fassung EN 61140:2016*

DIN EN 61326-3-1:2018-04, *Elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte — EMV-Anforderungen — Teil 3-1: Störfestigkeitsanforderungen für sicherheitsbezogene Systeme und für Geräte, die für sicherheitsbezogene Funktionen vorgesehen sind (Funktionale Sicherheit) — Allgemeine industrielle Anwendungen (IEC 61326-3-1:2017); Deutsche Fassung EN 61326-3-1:2017*

DIN EN 61508-1, *Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme — Teil 1: Allgemeine Anforderungen*

DIN EN 61800-5-2, *Elektrische Leistungsantriebssysteme mit einstellbarer Drehzahl — Teil 5-2: Anforderungen an die Sicherheit — Funktionale Sicherheit*

DIN EN 62133-2:20177-11, *Sekundärzellen und -batterien mit alkalischen oder anderen nichtsäurehaltigen Elektrolyten — Sicherheitsanforderungen für tragbare gasdichte Sekundärzellen und daraus hergestellte Batterien für die Verwendung in tragbaren Geräten — Teil 2: Lithium-Systeme (IEC 62133-2:2017); Deutsche Fassung EN 62133-2:2017*

DIN EN 62471:2009-03, *Photobiologische Sicherheit von Lampen und Lampensystemen (IEC 62471:2006, modifiziert); Deutsche Fassung EN 62471:2008*

DIN EN IEC 60335-2-2, *Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke — Teil 2-2: Besondere Anforderungen für Staubsauger und Wassersauger*

DIN EN IEC 61000-6-1, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 6-1: Fachgrundnormen — Störfestigkeit für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe*

DIN EN IEC 61000-6-2, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 6-2: Fachgrundnormen — Störfestigkeit für Industriebereiche*

DIN EN IEC 61000-6-3, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 6-3: Fachgrundnormen — Störaussendung von Geräten in Wohnbereichen*

DIN EN IEC 61000-6-4, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 6-4: Fachgrundnormen — Störaussendung für Industriebereiche*

DIN EN IEC 61496, *Sicherheit von Maschinen — Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen*

DIN EN IEC 61851-1, *Konduktive Ladesysteme für Elektrofahrzeuge — Teil 1: Allgemeine Anforderungen*

DIN EN IEC 62046, *Sicherheit von Maschinen — Anwendung von Schutzeinrichtungen zur Anwesenheitserkennung von Personen*

DIN EN IEC 62619:2023-08, *Sekundärzellen und -batterien mit alkalischen oder anderen nicht-säurehaltigen Elektrolyten — Sicherheitsanforderungen an sekundäre Lithiumzellen und -batterien für die Verwendung in industriellen Anwendungen (IEC 62619:2022); Deutsche Fassung EN IEC 62619:2022*

DIN EN IEC 63281-2-1, *Elektrokleinstfahrzeuge — Teil 2-1: Sicherheitsanforderungen und Prüfverfahren für Personen-Elektrokleinstfahrzeuge*

DIN EN ISO 2919, *Strahlenschutz — Umschlossene radioaktive Stoffe — Allgemeine Anforderungen und Klassifikation*

DIN EN ISO 3740, *Akustik — Bestimmung der Schallleistungspegel von Geräuschquellen — Leitlinien zur Anwendung der Grundnormen*

DIN EN ISO 3746:2011-03, *Akustik — Bestimmung der Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen — Hüllflächenverfahren der Genauigkeitsklasse 3 über einer reflektierenden Ebene (ISO 3746:2010); Deutsche Fassung EN ISO 3746:2010*

DIN EN ISO 3925, *Offene radioaktive Stoffe — Kennzeichnung und Dokumentation*

DIN EN ISO 4413:2011-04, *Fluidtechnik — Allgemeine Regeln und sicherheitstechnische Anforderungen an Hydraulikanlagen und deren Bauteile (ISO 4413:2010); Deutsche Fassung EN ISO 4413:2010*

DIN EN ISO 4414:2011-04, *Fluidtechnik — Allgemeine Regeln und sicherheitstechnische Anforderungen an Pneumatikanlagen und deren Bauteile (ISO 4414:2010); Deutsche Fassung EN ISO 4414:2010*

DIN EN ISO 4629-1, *Bindemittel für Beschichtungsstoffe — Bestimmung der Hydroxylzahl — Teil 1: Titrimetrisches Verfahren ohne Katalysator*

DIN EN ISO 4871:2009-11, *Akustik — Angabe und Nachprüfung von Geräuschemissionswerten von Maschinen und Geräten (ISO 4871:1996); Deutsche Fassung EN ISO 4871:2009*

DIN EN ISO 6385, *Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen*

DIN EN ISO 7010:2020-07, *Graphische Symbole — Sicherheitsfarben und Sicherheitszeichen — Registrierte Sicherheitszeichen (ISO 7010:2019); Deutsche Fassung EN ISO 7010:2020*

DIN EN ISO 9000, *Qualitätsmanagementsysteme — Grundlagen und Begriffe*

DIN EN ISO 9227:2023-03, *Korrosionsprüfungen in künstlichen Atmosphären — Salzsprühnebelprüfungen (ISO 9227:2022); Deutsche Fassung EN ISO 9227:2022*

DIN EN ISO 9241-210, *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion — Teil 210: Menschzentrierte Gestaltung interaktiver Systeme*

E DIN EN ISO 13482:2024-10

DIN EN ISO 9241-920, *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion — Teil 920: Anleitung zu taktilen und haptischen Interaktionen*

DIN EN ISO 10075-2, *Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung — Teil 2: Gestaltungsgrundsätze*

DIN EN ISO 10218-1, *Industrieroboter — Sicherheitsanforderungen — Teil 1: Roboter*

DIN EN ISO 10218-2, *Industrieroboter — Sicherheitsanforderungen — Teil 2: Robotersysteme und Integration*

DIN EN ISO 11200, *Akustik — Geräuschabstrahlung von Maschinen und Geräten — Leitlinien zur Anwendung der Grundnormen zur Bestimmung von Emissions-Schalldruckpegeln am Arbeitsplatz und an anderen festgelegten Orten*

DIN EN ISO 11202:2010-10, *Akustik — Geräuschabstrahlung von Maschinen und Geräten — Bestimmung von Emissions-Schalldruckpegeln am Arbeitsplatz und an anderen festgelegten Orten unter Anwendung angenäherter Umgebungskorrekturen (ISO 11202:2010); Deutsche Fassung EN ISO 11202:2010*

DIN EN ISO 12100:2011-03, *Sicherheit von Maschinen — Allgemeine Gestaltungsleitsätze — Risikobeurteilung und Risikominderung (ISO 12100:2010); Deutsche Fassung EN ISO 12100:2010*

DIN EN ISO 13732-1:2008-12, *Ergonomie der thermischen Umgebung — Bewertungsverfahren für menschliche Reaktionen bei Kontakt mit Oberflächen — Teil 1: Heiße Oberflächen (ISO 13732-1:2006); Deutsche Fassung EN ISO 13732-1:2008*

DIN EN ISO 13732-3:2008-12, *Ergonomie der thermischen Umgebung — Bewertungsmethoden für Reaktionen des Menschen bei Kontakt mit Oberflächen — Teil 3: Kalte Oberflächen (ISO 13732-3:2005), Deutsche Fassung EN ISO 13732-3:2008*

DIN EN ISO 13849-1:2023-12, *Sicherheit von Maschinen — Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen — Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze (ISO 13849-1:2023); Deutsche Fassung EN ISO 13849-1:2023*

DIN EN ISO 13850:2016-05, *Sicherheit von Maschinen — Not-Halt-Funktion — Gestaltungsleitsätze (ISO 13850:2015); Deutsche Fassung EN ISO 13850:2015*

DIN EN ISO 13854:2020-01, *Sicherheit von Maschinen — Mindestabstände zur Vermeidung des Quetschens von Körperteilen (ISO 13854:2017); Deutsche Fassung EN ISO 13854:2019*

DIN EN ISO 13855:2010-10, *Sicherheit von Maschinen — Anordnung von Schutzeinrichtungen im Hinblick auf Annäherungsgeschwindigkeiten von Körperteilen (ISO 13855:2010); Deutsche Fassung EN ISO 13855:2010*

DIN EN ISO 13856:2013-08 (alle Teile), *Sicherheit von Maschinen — Druckempfindliche Schutzeinrichtungen (ISO 13856:2013); Deutsche Fassung EN ISO 13856:2013*

DIN EN ISO 13857:2020-04, *Sicherheit von Maschinen — Sicherheitsabstände gegen das Erreichen von Gefährdungsbereichen mit den oberen und unteren Gliedmaßen (ISO 13857:2019); Deutsche Fassung EN ISO 13857:2019*

DIN EN ISO 14118:2018-07, *Sicherheit von Maschinen — Vermeidung von unerwartetem Anlauf (ISO 14118:2017); Deutsche Fassung EN ISO 14118:2018*

DIN EN ISO 14119:2014-03, *Sicherheit von Maschinen — Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen — Leitsätze für Gestaltung und Auswahl (ISO 14119:2013); Deutsche Fassung EN ISO 14119:2013*

DIN EN ISO 14120, *Sicherheit von Maschinen — Trennende Schutzeinrichtungen — Allgemeine Anforderungen an Gestaltung und Bau von feststehenden und beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen*

DIN EN ISO 14123-1, *Sicherheit von Maschinen — Minderung von Gesundheitsrisiken, die auf Gefahrstoffemissionen von Maschinen zurückzuführen sind — Teil 1: Grundsätze und Festlegungen für Maschinenhersteller*

DIN EN ISO 14738, *Sicherheit von Maschinen — Anthropometrische Anforderungen an die Gestaltung von Maschinenarbeitsplätzen*

DIN EN ISO 15118-1, *Straßenfahrzeuge — Kommunikationsschnittstelle zwischen Fahrzeug und Ladestation — Teil 1: Allgemeine Informationen und Festlegungen der Anwendungsfälle*

DIN EN ISO 15667, *Akustik — Leitfaden für den Schallschutz durch Kapseln und Kabinen*

DIN EN ISO 11688-1, *Akustik — Richtlinien für die Konstruktion lärmärmer Maschinen und Geräte — Teil 1: Planung*

DIN EN ISO 11688-2, *Akustik — Richtlinien für die Gestaltung lärmärmer Maschinen und Geräte — Teil 2: Einführung in die Physik der Lärmreduktion durch konstruktive Maßnahmen*

DIN EN ISO 20643, *Mechanische Schwingungen — Handgehaltene und handgeföhrte Maschinen — Grundsätzliches Vorgehen bei der Ermittlung der Schwingungsemission*

DIN EN ISO 21227-3:2007-07, *Beschichtungsstoffe — Beurteilung von Beschichtungsschäden mittels digitaler Bildverarbeitung — Teil 3: Auswertung der von einem Ritz ausgehenden Enthaftung und Korrosion (ISO 21227-3:2007); Deutsche Fassung EN ISO 21227-3:2007*

DIN IEC/TS 62998-1:2021-10, *Sicherheit von Maschinen — Sicherheitsrelevante Sensoren für den Schutz von Personen (IEC TS 62998-1:2019)*

DIN IEC/TR 63074, *Maschinensicherheit — Aspekte zur Cybersicherheit in Verbindung mit der funktionalen Sicherheit von sicherheitsrelevanten Steuerungssystemen*

DIN ISO 3864-1:2012-06, *Graphische Symbole — Sicherheitsfarben und Sicherheitszeichen — Teil 1: Gestaltungsgrundlagen für Sicherheitszeichen und Sicherheitsmarkierungen (ISO 3864-1:2011)*

DIN ISO 3864-2:2017-11, *Graphische Symbole — Sicherheitsfarben und Sicherheitszeichen — Teil 2: Gestaltungsgrundlagen für Sicherheitsschilder zur Anwendung auf Produkten (ISO 3864-2:2016)*

DIN ISO/TR 22100-3, *Sicherheit von Maschinen — Beziehung zu ISO 12100 — Teil 3: Implementierung ergonomischer Grundsätze in Sicherheitsnormen*

DIN ISO/TS 15066, *Roboter und Robotikgeräte — Kollaborierende Roboter*

E DIN EN ISO 13482:2024-10

- Leerseite -

August 2024

prEN ISO 13482

Robotik – Sicherheitsanforderungen für Serviceroboter (ISO/DIS 13482:2024)

Robotics – Safety requirements for service robots (ISO/DIS 13482:2024)

Robotique – Exigences de sécurité pour les robots de service (ISO/DIS 13482:2024)

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
prEN ISO 13482:2024 (D)**

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	8
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden Richtlinie 2006/42/EG	9
Anhang ZB (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden Verordnung (EU) 2023/1230/EU	12
Vorwort	16
Einleitung	18
1 Anwendungsbereich	20
2 Normative Verweisungen	20
3 Begriffe	22
4 Allgemeine Sicherheitsanforderungen	29
4.1 Allgemeines	29
4.2 Gefährdungen durch Energiespeicherung und -versorgung	31
4.2.1 Kontakt mit gefährlichen energieführenden Teilen	31
4.2.2 Gefährdungen in Verbindung mit Batterien	32
4.2.3 Unkontrollierte Freisetzung gespeicherter Energie	34
4.2.4 Ausfall der Energieversorgung oder Energieabschaltung	35
4.3 Einschalten des Roboters und Wiederaufnahme des normalen Betriebs	36
4.3.1 Allgemeines	36
4.3.2 Inhärent sichere Konstruktion	36
4.3.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen	36
4.3.4 Benutzerinformation	37
4.3.5 Verifizierung und Validierung	37
4.4 Elektrostatisches Potential	37
4.4.1 Allgemeines	37
4.4.2 Inhärent sichere Konstruktion	37
4.4.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen	37
4.4.4 Benutzerinformation	37
4.4.5 Verifizierung und Validierung	38
4.5 Gefährdungen durch die Form des Roboters	38
4.5.1 Allgemeines	38
4.5.2 Inhärent sichere Konstruktion	38
4.5.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen	38
4.5.4 Benutzerinformation	39
4.5.5 Verifizierung und Validierung	39
4.6 Gefährdungen durch Bauteile des Antriebsstrangs	39
4.6.1 Allgemeines	39
4.6.2 Inhärent sichere Konstruktion	39
4.6.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen	39
4.6.4 Benutzerinformation	40
4.6.5 Verifizierung und Validierung	40
4.7 Emissionen	40
4.7.1 Lärm	40
4.7.2 Substanzen und Flüssigkeiten	41
4.7.3 Extremtemperaturen	42
4.7.4 Strahlung	43
4.8 Elektromagnetische Störungen	44
4.8.1 Allgemeines	44
4.8.2 Inhärent sichere Konstruktion	44
4.8.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen	45
4.8.4 Benutzerinformation	45

4.8.5	Verifizierung und Validierung	45
4.9	Stress, Körperhaltung und Benutzung	45
4.9.1	Allgemeines	45
4.9.2	Stress und Körperhaltung	45
4.9.3	Psychische Belastung	46
4.10	Roboterbewegung	47
4.10.1	Allgemeines	47
4.10.2	Mechanische Stabilität	47
4.10.3	Instabilität während der Fahrt	49
4.10.4	Instabilität während des Tragens von Lasten	51
4.10.5	Instabilität bei Kollisionen	53
4.10.6	Kollisionen	53
4.10.7	Physischer Kontakt während der Mensch-Roboter-Kooperation	55
4.11	Haltbarkeit	57
4.11.1	Allgemeines	57
4.11.2	Inhärent sichere Konstruktion	57
4.11.3	Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen	57
4.11.4	Benutzerinformation	57
4.11.5	Verifizierung und Validierung	58
4.12	Autonome Entscheidungen und Handlungen	58
4.12.1	Allgemeines	58
4.12.2	Inhärent sichere Konstruktion	58
4.12.3	Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen	58
4.12.4	Benutzerinformation	59
4.12.5	Verifizierung und Validierung	59
4.13	Erkennung von Robotern durch den Menschen	59
4.13.1	Allgemeines	59
4.13.2	Inhärent sichere Konstruktion	59
4.13.3	Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen	60
4.13.4	Benutzerinformation	60
4.13.5	Verifizierung und Validierung	60
4.14	Umgebungsbedingungen	60
4.14.1	Allgemeines	60
4.14.2	Inhärent sichere Konstruktion	61
4.14.3	Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen	61
4.14.4	Benutzerinformation	62
4.14.5	Verifizierung und Validierung	62
4.15	Lokalisierung und Navigation	62
4.15.1	Allgemeines	62
4.15.2	Inhärent sichere Konstruktion	63
4.15.3	Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen	63
4.15.4	Benutzerinformation	63
4.15.5	Verifizierung und Validierung	63
5	Tragbare Roboter	63
5.1	Allgemeines	63
5.2	Gefährdungen durch den Verlust der Energieversorgung oder durch Abschaltung	64
5.2.1	Allgemeines	64
5.2.2	Inhärent sichere Gestaltung	64
5.3	Einschalten des Roboters und Wiederaufnahme des normalen Betriebs	64
5.3.1	Allgemeines	64
5.3.2	Inhärent sichere Konstruktion	65
5.3.3	Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen	65
5.3.4	Benutzerinformation	65
5.4	Gefährdungen durch körperliche Belastung	65
5.4.1	Allgemeines	65
5.4.2	Inhärent sichere Konstruktion	65
5.4.3	Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen	65

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
prEN ISO 13482:2024 (D)**

5.4.4 Benutzerinformation	66
5.5 Gefährliche Schwingungen	66
5.5.1 Allgemeines	66
5.5.2 Inhärent sichere Konstruktion	66
5.5.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen	67
5.5.4 Benutzerinformation	67
5.5.5 Verifizierung und Validierung	67
5.6 Mechanische Instabilität	67
5.6.1 Allgemeines	67
5.6.2 Inhärent sichere Konstruktion	67
5.6.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen	67
5.6.4 Benutzerinformation	68
5.7 Instabilität bei Kollisionen oder beabsichtigtem Kontakt	68
5.7.1 Allgemeines	68
5.7.2 Inhärent sichere Konstruktion	68
5.7.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen	68
5.7.4 Benutzerinformation	68
5.8 Gefährdungen während des Anlegens oder Ablegens	69
5.8.1 Allgemeines	69
5.8.2 Inhärent sichere Konstruktion	69
5.8.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen	69
5.8.4 Benutzerinformation	69
5.9 Gefährdungen durch unzureichende Haltbarkeit aufgrund von Reinigung und Desinfektion	69
5.9.1 Allgemeines	69
5.9.2 Inhärent sichere Konstruktion	70
5.9.3 Benutzerinformation	70
5.10 Gefährdungen durch unterstützende Kräfte	70
5.10.1 Allgemeines	70
5.10.2 Inhärent sichere Konstruktion	70
5.10.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen	71
5.10.4 Benutzerinformation	72
5.10.5 Verifizierung und Validierung	72
5.11 Gelenkverletzungen durch den Bewegungsbereich überschreitende Unterstützung	73
5.11.1 Allgemeines	73
5.11.2 Inhärent sichere Konstruktion	73
5.11.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen	73
5.11.4 Benutzerinformation	74
5.11.5 Verifizierung und Validierung	74
5.12 Gefährdungen durch unharmonisierte und unkoordinierte Bewegung	75
5.12.1 Allgemeines	75
5.12.2 Inhärent sichere Konstruktion	75
5.12.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen	75
5.12.4 Benutzerinformation	76
5.12.5 Verifizierung und Validierung	76
6 Anforderungen an das sicherheitsbezogene Steuerungssystem	76
6.1 Erforderliche Leistung des sicherheitsbezogenen Steuerungssystems	76
6.1.1 Allgemeines	76
6.1.2 Erforderliche Leistung des sicherheitsbezogenen Steuerungssystems	76
6.1.3 Bestimmung des Schweregrads	76
6.1.4 Bestimmung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens	76
6.1.5 Bestimmung der Möglichkeit der Vermeidung	77
6.2 Anhalten des Roboters	77
6.2.1 Allgemeines	77
6.2.2 Stoppfunktionen des Roboters	77
6.2.3 Bremsen	79
6.3 Anlauf- und Wiederanlaufsperrre	80

6.3.1	Anlauf sperre	80
6.3.2	Wiederanlauf sperre	80
6.4	Grenzen des Betriebsraums	81
6.5	Geschwindigkeitsregelung	82
6.6	Detektion der Umgebung	82
6.6.1	Allgemeines	82
6.6.2	Objektdetektion	82
6.6.3	Fahrflächendetektion	84
6.7	Stabilitätsregelung	84
6.8	Kraftregelung	84
6.9	Schutz gegen Singularitäten	85
6.10	Beweglicher Roboter in Notfällen	85
6.11	Zusammenarbeit mit einem Aufzug	85
6.12	Auslegung von Benutzerschnittstellen	86
6.12.1	Allgemeines	86
6.12.2	Statusanzeige	88
6.12.3	Herstellen und Trennen der Verbindung	88
6.12.4	Ein Befehlsgerät für mehrere Roboter	88
6.12.5	Mehrere Befehlsgeräte	88
6.12.6	Kabelloses oder abnehmbares Befehlsgerät	89
6.12.7	Schutz gegen unbefugte Verwendung	89
6.13	Handsteuergeräte	89
6.13.1	Allgemeines	89
6.13.2	Kennzeichnung	89
6.13.3	Schutz gegen unbeabsichtigten Betrieb	90
6.14	Betriebsarten	90
6.14.1	Allgemeines	90
6.14.2	Autonomer Betrieb	92
6.14.3	Handbetrieb	92
6.14.4	Teilautonomer Betrieb	93
6.14.5	Instandhaltungsbetrieb	93
6.15	Cybersicherheit und Datenschutz	94
6.15.1	Allgemeines	94
6.15.2	Maßnahmen für den Datenschutz und die Datensicherheit	94
6.15.3	Maßnahmen für die Verwaltung von Zugangsrechten im Hinblick auf die Cybersicherheit und Stabilität des Betriebs	95
7	Verifizierung und Validierung	95
8	Benutzerinformation	96
8.1	Allgemeines	96
8.2	Kennzeichnungen oder Hinweise	96
8.3	Benutzerhandbuch	99
8.4	Service-Handbuch	100
Anhang A	(informativ) Liste der von einem Serviceroboter ausgehenden signifikanten Gefährdungen	102
Anhang B	(informativ) Beispiele für die Betriebsräume von Servicerobotern	115
B.1	Mobiler Serviceroboter	115
B.2	Ein Serviceroboter mit Manipulator	116
B.3	Tragbarer Roboter in Form eines Exoskeletts	117
Anhang C	(normativ) Leistungsanforderungen der Sicherheitsfunktion	119
C.1	Bestimmung des Performance Levels der Sicherheitsfunktion	119
C.2	Parameter und Schwellenwerte für die Risikoeinschätzung zur Bestimmung der Leistung von Sicherheitsfunktionen	123
C.2.1	Parameter	124
Anhang D	(informativ) Beispiel für die Bestimmung des PLr oder erforderlichen SIL aus den Risikoeinschätzungsparametern in Anhang C, C.2	143
D.1	Allgemeines	143
D.2	Beispiele	144

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

D.3	Beispiel 1 — basierend auf ISO 12100:2010	144
D.4	Beispiel 2 — basierend auf IEC 62061:2024	144
Anhang E (informativ) Beispiel für die Implementierung eines geschützten Raums		146
Anhang F (informativ) Beispiele für Serviceroboter		149
F.1	Mobile Serviceroboter	149
F.2	Ortsfeste Serviceroboter	155
F.3	Tragbare Roboter	157
Anhang G (informativ) Informationen zum Heben von Lasten		162
G.1	Allgemeines	162
Anhang H (informativ) Beispiel für Sicherheitsbewertungsverfahren für Aufzüge nutzende Roboter		164
Anhang I (informativ) Beispiel für Sicherheitsbewertungsverfahren für Bremsweg		166
Literaturhinweise		167

Bilder

Bild 6.1 — Betriebsräume von Servicerobotern	81
Bild B.1 — Betriebsräume eines autonomen mobilen Roboters	115
Bild B.2 — Betriebsräume eines Serviceroboters mit Manipulator	116
Bild B.3 — Betriebsräume eines tragbaren Roboters	118
Bild E.1 — Sicherheitsbezogene Räume für Serviceroboter	146
Bild E.2 — Anwendung eines Serviceroboters mit Manipulator auf mobiler Plattform	147
Bild E.3 — Sicherheitsabstand und maximale Relativgeschwindigkeit im geschützten Raum	148
Bild G.1 — Risikokurve basierend auf der Kerndichteschätzung für Alter und Druckfestigkeiten (Als Verletzungsrisiko = 0,1, CS = 2,03 kN für Alter 69-79; CS = 2,98 kN für Alter 40-59; CS = 3,72 kN für Alter 20-39)	163
Bild H.1 — Definition des Aufzugsraums	164
Bild H.2 — Eine Schwelle und eine Lücke des Prüfbodens	165
Bild I.1 — Bremswegprüfung	166

Tabellen

Tabelle ZA.1 — Übereinstimmung zwischen dieser Europäischen Norm und Anhang I der Richtlinie 2006/42/EG	9
Tabelle ZA.1 — Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und Anhang III der Verordnung (EU) 2023/1230	12
Tabelle 4.1 — Beispiele für Instabilitätsereignisse und ihre Faktoren während der Fahrt von Robotern	50
Tabelle 5.1 — Von wesentlichen menschlichen Gelenken ausgeübte maximale Kräfte (wenn keine Benutzergruppe festgelegt ist)	71
Tabelle 6.1 — Vergleich von Not-Halt und Sicherheitshalt	78
Tabelle 6.2 — Eigenschaften, Anforderungen und Beschränkungen von Befehlsgeräten	86
Tabelle 6.3 — Merkmale der Betriebsarten von mobilen Servicerobotern	90
Tabelle 6.4 — Eigenschaften der Betriebsarten tragbarer Roboter	91
Tabelle A.1 — Gefährdungen durch Serviceroboter	102
Tabelle C.1 — Sicherheitsfunktionen	119
Tabelle C.2 — Beispiele zur Bestimmung der Schwereparameter	126
Tabelle C.3 — Beispiele zur Bestimmung der Expositionsparameter	135
Tabelle C.4 — Beispiele für die Bestimmung der Parameter zur Wahrscheinlichkeit des Eintretens	137
Tabelle C.5 — Einschränkung der Wahrscheinlichkeit des Eintretens bei fehlenden oder unbekannten Daten für einen (1) Parameter	137
Tabelle C.6 — Beispiele für die Bestimmung der Parameter zur Schadensvermeidung	139

Tabelle C.7 — Einschränkung der Möglichkeit der Vermeidung (AP) oder Einschränkung der Gefährdung bei unbekannten Parametern	142
Tabelle D.1 — Vergleich von in geltenden Normen und technischen Berichten verwendeten Risikoelementparametern	143
Tabelle D.2 — PL_r Zuordnungsmatrix	144
Tabelle D.3 — Zur Bestimmung des erforderlichen SIL verwendete Parameter	145
Tabelle D.4 — Schadensgrenze (CL) zur SIL-Zuordnungsmatrix	145
Tabelle F.1 — Arten von mobilen Servicerobotern	151
Tabelle F.2 — Arten ortsfester Roboter	155
Tabelle F.3 — Arten tragbarer Roboter	158
Tabelle G.1 — Geschätzte maximale externe Masse (Kerndichteschätzung) bei dem Verletzungsrisiko 0,1	163

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
prEN ISO 13482:2024 (D)**

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 13482:2024) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 299 „Robotics“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 310 „Fortgeschrittene Automatisierungstechnologien und deren Anwendung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 13482:2024 wurde von CEN als prEN ISO 13482:2024 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 zur 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	Abschnitt 4, Abschnitt 5, Abschnitt 6, Abschnitt 8	
1.1.3. Materialien und Produkte	4.7.2	
1.1.5. Konstruktion der Maschine im Hinblick auf die Handhabung	4.5, 5.9	
1.1.6. Ergonomie	4.7, 4.9, 4.10, 5.5, 5.10, 6.12	
1.2.1. Sicherheit und Zuverlässigkeit von Steuerungssystemen	Abschnitt 6	
1.2.2. Stellteile	6.12, 6.13, 6.14, 8.2	
1.2.3. Ingangsetzen	4.3, 5.4, 6.3	
1.2.4.1. Normales Stillsetzen	6.2	
1.2.4.2. Betriebsbedingtes Stillsetzen	6.2	
1.2.4.3. Stillsetzen im Notfall	6.2	
1.2.5. Wahl der Steuerungs- oder Betriebsarten	6.14	
1.2.6. Störung der Energieversorgung	4.2.4, 5.2	
1.3.1. Risiko des Verlusts der Standsicherheit	4.10.2, 4.10.3, 4.10.4, 4.10.5, 4.15.1, 5.7, 5.8, 6.2.3, 6.6.3, 6.7, 6.11	
1.3.2. Bruchrisiko beim Betrieb	4.11, 5.5.2, 5.5, 5.10, 5.11.1	

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
prEN ISO 13482:2024 (D)**
Tabelle ZA.1 (fortgesetzt)

Die relevanten grundlegenden Anforderungen der Richtlinie 2006/42/EG	Abschnitt(e)/Unterabschnitt(e) dieser EN	Anmerkungen/Hinweise
1.3.4. Risiken durch Oberflächen, Kanten und Ecken	4.5, 4.10.6, 4.10.7	
1.3.7. Risiken durch bewegliche Teile	4.2, 4.5, 4.6, 4.10, 5.5.1, 5.6, 6.1, 6.2.3	
1.3.8. Wahl der Schutzeinrichtungen gegen Risiken durch bewegliche Teile	4.2, 4.3, 4.5, 4.6, 4.10.6, 4.12, 4.13, 6.1, 6.4, 6.5, 6.6, 6.9	
1.3.8.1. Bewegliche Teile der Kraftübertragung	4.6	
1.3.9. Risiko unkontrollierter Bewegungen	4.3, 4.10, 5.7, 5.8, 5.12, 6.1, 6.2, 6.5, 6.6, 6.9, 6.13.3, 6.14	
1.4.1. Allgemeine Anforderungen	4.1, 6.1	
1.4.2.1. Feststehende trennende Schutzeinrichtungen	4.1, 4.6.3	
1.4.2.2. Bewegliche trennende Schutzeinrichtungen mit Verriegelung	4.1, 4.6.3	
1.4.3. Besondere Anforderungen an nicht trennende Schutzeinrichtungen	4.1, 4.3, 5.4, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4	
1.5.1. Elektrische Energieversorgung	4.2, 5.2, 5.3, 6.1.3	
1.5.2. Statische Elektrizität	4.4	
1.5.3. Nichtelektrische Energieversorgung	4.2	
1.5.4. Montagefehler	4.5	
1.5.5. Extreme Temperaturen	4.7.3	
1.5.6. Brand	4.2.2, 4.2.3, 4.14	
1.5.8. Lärm	4.7.1	
1.5.9. Vibrationen	5.5	
1.5.10. Strahlung	4.7.4	
1.5.12 Laserstrahlung	4.7.4	
1.5.13. Emission gefährlicher Werkstoffe und Substanzen	4.7.2	
1.5.14. Risiko, in einer Maschine eingeschlossen zu werden	6.1.3	
1.6.3. Trennung von den Energiequellen	4.2	
1.7.1. Informationen und Warnhinweise an der Maschine	Abschnitt 8	
1.7.1.1. Informationen und Informationseinrichtungen	8.2	

Tabelle ZA.1 (fortgesetzt)

Die relevanten grundlegenden Anforderungen der Richtlinie 2006/42/EG	Abschnitt(e)/Unterabschnitt(e) dieser EN	Anmerkungen/Hinweise
1.7.1.2. Warneinrichtungen	8.2	
1.7.2. Warnung vor Restrisiken	8.3, 8.4	
1.7.3. Kennzeichnung der Maschinen	8.2	
1.7.4. Betriebsanleitung	8.3, 8.4	
1.7.4.1. Allgemeine Grundsätze für die Abfassung der Betriebsanleitung	8.3, 8.4	
1.7.4.2. Inhalt der Betriebsanleitung	8.3, 8.4	
2.2.1. Allgemeines	4.10.6, 6.14.3, B.2	
2.2.1.1. Betriebsanleitung	4.10.6.4, 5.6.4, 8.3, 8.4	
4.1.2.1. Risiken durch mangelnde Standsicherheit	4.10, 4.14, 5.7, 6.6, 7	
4.1.2.3. Festigkeit	4.10.1, 4.10.2, 4.10.3, 4.10.4, 4.10.5.1, 4.11, 4.14	
4.1.3. Zwecktauglichkeit	4.10, 4.11, 4.14	
4.2.1. Bewegungssteuerung	4.10, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.11, 6.13	
4.3.3. Maschinen zum Heben von Lasten	8.2	
4.4.2. Maschinen zum Heben von Lasten	8.3	

WARNHINWEIS 1 — Die Konformitätsvermutung bleibt nur bestehen, solange 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.

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
prEN ISO 13482:2024 (D)****Anhang ZB
(informativ)****Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden Verordnung (EU)
2023/1230/EU**

Diese Europäische Norm wurde im Rahmen eines von der Europäischen Kommission erteilten Normungsauftrages C(202X)XXXX final¹ Durchführungsbeschluss vom TT Monat JJJJ² an das Europäische Komitee für Normung und an das Europäische Komitee für elektrotechnische Normung in Bezug auf Maschinen zur Unterstützung der Verordnung (EU) 2023/1230 des Europäischen Parlaments und des Rates (M/XXX)³, um ein freiwilliges Mittel zur Erfüllung der grundlegenden Anforderungen der Verordnung (EU) 2023/1230 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Juni 2023 zu Maschinen (ABl. 165, 29.6.2023) bereitzustellen.

Sobald diese Norm im Amtsblatt der Europäischen Union im Sinne dieser Verordnung 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 dieser Verordnung und der zugehörigen EFTA-Vorschriften.

Tabelle ZA.1 — Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und Anhang III der Verordnung (EU) 2023/1230

Die relevanten grundlegenden Anforderungen der Verordnung (EU) 2023/1230	Abschnitt(e)/Unterabschnitt(e) dieser EN	Anmerkungen/Hinweise
1.1.2. Grundsätze für die Integration der Sicherheit	Abschnitt 4, Abschnitt 5, Abschnitt 6, Abschnitt 8	
1.1.3. Materialien und Produkte	4.7.2	
1.1.5. Konstruktion einer Maschine oder eines dazugehörigen Produkts im Hinblick auf die Handhabung	4.5, 5.9	
1.1.6. Ergonomie	4.7, 4.9, 4.10, 5.5, 5.10, 6.12	
1.1.9. Schutz gegen Korrumperung	6.15	
1.2.1. Sicherheit und Zuverlässigkeit von Steuerungssystemen	Abschnitt 6	

-
- 1 Diese Vorlage ist zu verwenden, um harmonisierte Normen zur Unterstützung der Verordnung über Maschinen zu entwerfen.
 - 2 Da der Normungsauftrag zur Unterstützung der Verordnung über Maschinen noch nicht übernommen wurde (dies wird erwartungsgemäß 2024 stattfinden und anschließend von den BT von CEN und CENELEC angenommen werden), sind die Referenz und das Datum des Normungsauftrags noch nicht bekannt, sodass die Referenzen als „C(202X)XXXX“, „TT Monat JJJJ“ und „M/XXX“ beibehalten werden müssen.
 - 3 Sobald der Normungsauftrag übernommen wird, wird diese Vorlage überarbeitet, um die Zahlenreferenzen und das Datum des übernommenen Normungsauftrags einzubeziehen.

Tabelle ZA.1 (fortgesetzt)

Die relevanten grundlegenden Anforderungen der Verordnung (EU) 2023/1230	Abschnitt(e)/Unterabschnitt(e) dieser EN	Anmerkungen/Hinweise
1.2.2. Stellteile	6.12, 6.13, 6.14, 8.2	
1.2.3. Ingangsetzen	4.3, 5.4, 6.3	
1.2.4.1. Normales Stillsetzen	6.2	
1.2.4.2. Betriebsbedingtes Stillsetzen	6.2	
1.2.4.3. Stillsetzen im Notfall	6.2	
1.2.5. Wahl der Steuerungs- oder Betriebsarten	6.14	
1.2.6. Störung der Energieversorgung oder der Kommunikationsnetzverbindung	4.2.4, 5.2, 6.11, 6.12	
1.3.1. Risiko des Verlusts der Standsicherheit	4.10.2, 4.10.3, 4.10.4, 4.10.5, 4.15.1, 5.7, 5.8, 6.2.3, 6.6.3, 6.7, 6.11	
1.3.2. Bruchrisiko beim Betrieb	4.11, 5.5.2, 5.5, 5.10, 5.11.1	
1.3.4. Risiken durch Oberflächen, Kanten und Ecken	4.5, 4.10.6, 4.10.7	
1.3.7. Risiken durch bewegliche Teile	4.2, 4.5, 4.6, 4.10, 5.5.1, 5.6, 6.1, 6.2.3	
1.3.8. Wahl der Schutzeinrichtungen gegen Risiken durch bewegliche Teile	4.2, 4.3, 4.5, 4.6, 4.10.6, 4.12, 4.13, 6.1, 6.4, 6.5, 6.6, 6.9	
1.3.8.1. Bewegliche Teile der Kraftübertragung	4.6	
1.3.9. Risiko unkontrollierter Bewegungen	4.3, 4.10, 5.7, 5.8, 5.12, 6.1, 6.2, 6.5, 6.6, 6.9, 6.13.3, 6.14	
1.4.1. Allgemeine Anforderungen	4.1, 6.1	
1.4.2.1. Feststehende trennende Schutzeinrichtungen	4.1, 4.6.3	
1.4.2.2. Bewegliche trennende Schutzeinrichtungen mit Verriegelung	4.1, 4.6.3	
1.4.3. Besondere Anforderungen an nicht trennende Schutzeinrichtungen	4.1, 4.3, 5.4, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4	
1.5.1. Elektrische Energieversorgung	4.2, 5.2, 5.3, 6.1.3	
1.5.2. Statische Elektrizität	4.4	
1.5.3. Nichtelektrische Energieversorgung	4.2	
1.5.4. Montagefehler	4.5	
1.5.5. Extreme Temperaturen	4.7.3	
1.5.6. Brand	4.2.2, 4.2.3, 4.14	

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
prEN ISO 13482:2024 (D)**
Tabelle ZA.1 (fortgesetzt)

Die relevanten grundlegenden Anforderungen der Verordnung (EU) 2023/1230	Abschnitt(e)/Unterabschnitt(e) dieser EN	Anmerkungen/Hinweise
1.5.8. Lärm	4.7.1	
1.5.9. Vibrationen	5.5	
1.5.10. Strahlung	4.7.4	
1.5.12 Laserstrahlung	4.7.4	
1.5.13. Emission gefährlicher Werkstoffe und Substanzen	4.7.2	
1.5.14. Risiko, in einer Maschine eingeschlossen zu werden	6.1.3	
1.6.3. Trennung von den Energiequellen	4.2	
1.7.1. Informationen und Warnhinweise an der Maschine und dem dazugehörigen Produkt	Abschnitt 8	
1.7.1.1. Informationen und Informationseinrichtungen	8.2	
1.7.1.2. Warneinrichtungen	8.2	
1.7.2. Warnung vor Restrisiken	8.3, 8.4	
1.7.3. Kennzeichnung von Maschinen oder zugehörigen Produkten	8.2	
1.7.4. Betriebsanleitung	8.3, 8.4	
1.7.4.1. Allgemeine Grundsätze für die Abfassung der Betriebsanleitung	8.3, 8.4	
1.7.4.2. Inhalt der Betriebsanleitung	8.3, 8.4	
2.2.1. Allgemeines	4.10.6, 6.14.3, B.2	
2.2.1.1. Betriebsanleitung	4.10.6.4, 5.6.4, 8.3, 8.4	
4.1.2.1. Risiken durch mangelnde Standsicherheit	4.10, 4.14, 5.7, 6.6, Abschnitt 7	
4.1.2.3. Festigkeit	4.10.1, 4.10.2, 4.10.3, 4.10.4, 4.10.5.1, 4.11, 4.14	
4.1.3. Zwecktauglichkeit	4.10, 4.11, 4.14	
4.2.1. Bewegungssteuerung	4.10, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.11, 6.13	
4.3.3. Maschinen zum Heben von Lasten oder dazugehörige Produkte	8.2	
4.4.2. Maschinen zum Heben von Lasten oder dazugehörige Produkte	8.3	

WARNHINWEIS 1 — Die Konformitätsvermutung bleibt nur bestehen, solange 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.

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

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 Directives, Teil 1, beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC Directives, Teil 2, erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

ISO weist auf die Möglichkeit hin, dass die Anwendung dieses Dokuments mit der Verwendung eines oder mehrerer Patente verbunden sein kann. ISO bezieht jedoch in dieser Hinsicht keinerlei Stellung bezüglich Nachweis, Gültigkeit oder Anwendbarkeit jeglicher beanspruchten Patentrechte. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Dokuments lag ISO [eine/keine] Mitteilung über ein Patent bzw. mehrere Patente vor, welche/s zur Umsetzung dieses Dokuments erforderlich sein könnte/n. Anwender werden jedoch darauf hingewiesen, dass dies möglicherweise nicht der aktuelle Informationsstand ist. Dieser kann jedoch der Patentdatenbank unter www.iso.org/patents entnommen werden. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

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 Handelshemmisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 299, *Robotics*, erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 13482:2014), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

- Die Struktur des Dokuments wurde von Sicherheitsanforderungen in spezifische Robotertypen geändert.
- Die Abschnitte zu Personenbeförderungsrobotern wurden entfernt.
- Neue Abschnitte zu Cybersicherheit, Datenschutz und mit Aufzügen (Lifte) kooperierenden Roboter mit dem zugehörigen informativen Anhang H wurden in das Dokument aufgenommen.
- Abschnitt 5 enthält ausführliche Informationen zu tragbaren Robotern, die zuvor als persönliche Assistentenroboter bezeichnet wurden, mit einem informativen Anhang G.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Normungsauftrages erarbeitet, den die Europäische Kommission [der betreffenden Europäischen Normungsorganisation] erteilt hat. Der Ständige Ausschuss der EFTA-Staaten genehmigt anschließend diese Aufträge für die Mitgliedsstaaten.

Zum Zusammenhang mit EU-Rechtsvorschriften siehe informativen Anhang Z, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

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.

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

Einleitung

Dieses Dokument wurde in Anbetracht der besonderen Gefährdungen erarbeitet, die von Robotern und Robotikgeräten für Anwendungen in nichtindustriellen Umgebungen ausgehen, also von Robotern und Robotikgeräten, die nicht in der Fertigung in der Industrie eingesetzt werden, sondern Dienstleistungen erbringen. Dieses Dokument konzentriert sich auf die Sicherheitsanforderungen an Serviceroboter im nichtmedizinischen Bereich.

Dieses Dokument beinhaltet Informationen in Übereinstimmung mit ISO 12100:2010 und übernimmt den in ISO 13849 und IEC 62061:2024 vorgeschlagenen Sicherheitsansatz. Dieses Sicherheitsdokument berücksichtigt die Bedingungen für den physischen Kontakt zwischen Personen und Robotern, um eine Sicherheitsnorm für Serviceroboter zu formulieren.

Dieses Dokument ist eine Typ-C-Norm wie in ISO 12100:2010 angegeben.

Weicht eine Typ-C-Norm von einer oder mehreren technischen Vorgaben in Typ-A- oder Typ-B-Normen ab, hat die Typ-C-Norm Vorrang.

Es ist anerkannt, dass Roboter und Robotikgeräte für Serviceanwendungen eine enge Interaktion und Kollaboration sowie auch einen physischen Kontakt zwischen Personen und Robotern erforderlich machen.

Die betreffenden Serviceroboter und der Umfang, in dem Gefährdungen, Gefährdungssituationen oder Gefährdungsereignisse behandelt werden, sind im Anwendungsbereich dieses Dokuments angegeben.

Die Gefährdungen sind hinreichend bekannt, und die Gefährdungsquellen sind häufig für bestimmte Robotersysteme spezifisch. Die Anzahl und die Arten der Gefährdungen hängen unmittelbar mit der Art der Roboteranwendung, der Komplexität der Anlage und dem Grad der vorgesehenen Mensch-Roboter-Kooperation zusammen.

Die mit diesen Gefährdungen verbundenen Risiken variieren je nach Art und Zweck des eingesetzten Roboters sowie je nachdem, wie er installiert und programmiert ist, wie er bedient und instand gehalten wird.

Nicht alle in diesem Dokument identifizierten Gefährdungen gelten für jeden Serviceroboter und auch das mit einer bestimmten Gefährdungssituation verbundene Risikoniveau ist nicht für alle Roboter gleich. Infolgedessen können auch die Sicherheitsanforderungen und/oder Schutzmaßnahmen von den Festlegungen dieses Dokuments abweichen. Um zu ermitteln, welche Schutzmaßnahmen in Abweichung von den in diesem Dokument festgelegten Sicherheitsanforderungen und/oder Schutzmaßnahmen für die betreffende Anwendung notwendig sind, wird eine Risikobeurteilung durchgeführt.

In diesem Dokument werden die folgenden Verbformen verwendet:

- „muss“ bedeutet eine Anforderung;
- „sollte“ bedeutet eine Empfehlung;
- „darf“ bedeutet eine Erlaubnis;
- „kann“ bedeutet eine Möglichkeit oder Fähigkeit.

Angesichts der sich aus den Anwendungen der Serviceroboter ergebenden unterschiedlichen Gefährdungsarten bietet dieses Dokument eine Anleitung, wie die Sicherheit bei der Gestaltung und dem Bau der nichtmedizinischen Serviceroboter sowie bei deren Integration, Inbetriebnahme und Verwendung über den gesamten Lebenszyklus sichergestellt werden kann. Da die Sicherheit bei der Anwendung von Servicerobotern von der Gestaltung des jeweiligen Robotersystems beeinflusst wird, besteht ein zusätzlicher, jedoch gleichermaßen wichtiger Zweck darin, Anleitungen für die Benutzerinformation für Serviceroboter und -robotikgeräte bereitzustellen.

Die Sicherheitsanforderungen dieses Dokuments müssen vom Hersteller und vom Lieferanten des Serviceroboters erfüllt werden.

ISO/TR 23482-2 enthält Anleitungen zu in diesem Dokument behandelten Roboteranwendungen und Lücken sowie Überschneidungen mit Normen zu vergleichbaren Produkten.

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Anforderungen an Serviceroboter für persönliche (3.22) und professionelle (3.24) Serviceanwendungen fest.

Dieses Dokument enthält Sicherheitsanforderungen für ortsfeste, mobile und tragbare Serviceroboter.

Dieses Dokument beschreibt signifikante Gefährdungen, die mit der Anwendung dieser Roboter verbunden sind, sowie Anforderungen, wie die mit diesen Gefährdungen zusammenhängenden Risiken beseitigt oder auf ein annehmbares Niveau verringert werden können.

Dieses Dokument ist nicht anzuwenden für:

- Roboter, die sich mit mehr als 20 km/h fortbewegen;
- Spielzeugroboter;
- wassergebundene Roboter und Flugroboter;
- in ISO 10218-1 und ISO 10218-2 behandelte Industrieroboter und Industrieroboteranwendungen;
- in IEC 63327, IEC 60335-2-2 oder IEC 60335-2-107 behandelte Reinigungsroboter und Rasenmäher;
- Roboter als medizinische Geräte;
- Roboter für militärische Anwendungen oder zur Ausübung der öffentlichen Gewalt;
- in ISO 3691-4:2023 behandelte fahrerlose Flurförderzeuge (AGV);
- in IEC 63281-2-2 behandelte autonom fahrende Cargo e-Transporter (ACeTs). Dieses Dokument ist für Roboter mit mehreren bestimmungsgemäßen Gebrauchen anwendbar, sofern einer der bestimmungsgemäßen Gebrauche im Anwendungsbereich dieses Dokuments liegt.

Der Anwendungsbereich dieses Dokuments ist hauptsächlich auf die Sicherheit von Personen beschränkt.

Dieses Dokument ist nicht für Roboter anwendbar, die vor dem Veröffentlichungsdatum dieses Dokuments hergestellt wurden.

Dieses Dokument behandelt alle signifikanten Gefährdungen, Gefährdungssituationen oder Gefährdungsergebnisse wie in Anhang A beschrieben.

Dieses Dokument enthält keine Anforderungen an die Beteiligung von Servicerobotern am Straßenverkehr.

Dieses Dokument enthält keine Anforderungen an den Transport von Personen mit Servicerobotern.

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. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 2631-1:1997, *Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration — Part 1: General requirements*

ISO 3746:2010, *Acoustics — Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure — Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane*

ISO 3864-1:2011, *Graphical symbols — Safety colours and safety signs — Part 1: Design principles for safety signs and safety markings*

ISO 3864-2:2016, *Graphical symbols — Safety colours and safety signs — Part 2: Design principles for product safety labels*

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 4871:1996, *Acoustics — Declaration and verification of noise emission values of machinery and equipment*

ISO 7000:2019, *Graphical symbols for use on equipment — Registered symbols*

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

ISO 8373:2021, *Robotics — Vocabulary*

ISO 9227:2022, *Corrosion tests in artificial atmospheres — Salt spray tests*

ISO 11202:2010, *Acoustics — Noise emitted by machinery and equipment — Determination of emission sound pressure levels at a work station and at other specified positions applying approximate environmental corrections*

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 13732-3:2005, *Ergonomics of the thermal environment — Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces — Part 3: Cold surfaces*

ISO 13849-1:2023, *Safety of machinery — Safety-related parts of control systems — Part 1: General principles for design*

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

ISO 13854:2017, *Safety of machinery — Minimum gaps to avoid crushing of parts of the human body*

ISO 13855:2010,⁴ *Safety of machinery — Positioning of safeguards with respect to the approach speeds of parts of the human body*

ISO 13856:2013, (alle Teile), *Safety of machinery — Pressure-sensitive protective devices*

ISO 13857:2019, *Safety of machinery — Safety distances to prevent hazard zones being reached by upper and lower limbs*

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*

⁴ Falls verwendet, muss die Relevanz und Anwendbarkeit der quantitativen Daten auf die vorgesehenen Anwender des Roboters und insbesondere ältere Menschen und Kinder berücksichtigt werden.

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

ISO 15534:2000 (alle Teile), *Ergonomic design for the safety of machinery*⁴

ISO 21227-3:2007, *Paints and varnishes — Evaluation of defects on coated surfaces using optical imaging — Part 3: Evaluation of delamination and corrosion around a scribe*

ISO/TS 8100-21:2018, *Lifts for the transport of persons and goods — Part 21: Global safety parameters (GSPs) meeting the global essential safety requirements (GESRs)*

IEC 60204-1:2021, *Safety of machinery — Electrical equipment of machines — Part 1: General requirements*

IEC 60335-1:2020, *Household and similar electrical appliances — Safety — Part 1: General requirements*

IEC 60335-2-29:2019, *Household and similar electrical appliances — Safety — Part 2-29: Particular requirements for battery chargers*

IEC 60417:2024, *Graphical symbols for use on equipment*

IEC 60529:2019, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60825-1:2014, *Safety of laser products — Part 1: Equipment classification and requirements*

IEC 61010-1:2010, *Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use — Part 1: General requirements*

IEC 61140:2016, *Protection against electric shock — Common aspects for installation and equipment*

IEC 61326-3-1:2017, *Electrical equipment for measurement, control and laboratory use — EMC requirements — Part 3-1: Immunity requirements for safety-related systems and for equipment intended to perform safety-related functions (functional safety) — General industrial applications*

IEC 61496 (alle Teile), *Safety of machinery — Electro-sensitive protective equipment*

IEC 61508-1, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems — Part 1: General requirements*

IEC 62061:2024, *Safety of machinery — Functional safety of safety-related control systems*

IEC 62133-2:2017, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes — Safety requirements for portable sealed secondary cells, and for batteries made from them, for use in portable applications — Part 2: Lithium systems*

IEC 62368-1:2023, *Audio/video, information and communication technology equipment — Part 1: Safety requirements*

IEC 62471:2006, *Photobiological safety of lamps and lamp systems*

IEC 62619:2022, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes — Safety requirements for secondary lithium cells and batteries, for use in industrial applications*

IEC/TS 62998-1:2019, *Safety of machinery — Safety-related sensors used for the protection of persons*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 12100:2010, ISO 8373:2021 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 <https://www.electropedia.org/>

3.1

zulässiger Kontakt

jeder *Kontakt* (3.4) mit dem *Serviceroboter* (3.36), den der Hersteller erlaubt

3.2

autonomer Betrieb

Betriebsart, in der die Funktion des Roboters ihre vorgesehene Aufgabe ohne direktes Eingreifen einer Person erfüllt

BEISPIEL Ein *Serviceroboter* (3.36), der auf eine Interaktion (einen Befehl) wartet.

[QUELLE: ISO 8373:2021, 6.13.4]

3.3

Befehlsgerät

Gerät, das der *Bedienperson* (3.21) oder einem *Benutzer* (3.43) die Steuerung des Roboters ermöglicht

3.4

Kontakt

nicht vorhandener Abstand zwischen dem Roboter und einem Objekt in dessen äußerer Umgebung

3.5

kontaktbehaftete Detektion

Detektions- oder Messfähigkeit, die einen *Kontakt* (3.4) mit Objekten (einschließlich Personen) in der Umgebung erfordert

3.6

berührungslos wirkende Schutzeinrichtung

BWS

Anordnung von Geräten und/oder Komponenten, die zusammenarbeiten, um für einen Zugangsschutz oder eine Anwesenheitserkennung zu sorgen und mindestens Folgendes beinhalten:

- ein Sensorelement;
- Steuerungs-/Überwachungselemente;
- Ausgangsschaltelemente und/oder eine sicherheitsbezogene Datenschnittstelle

Anmerkung 1 zum Begriff: Das mit der BWS verbundene sicherheitsbezogene Steuerungssystem oder die BWS selbst kann ferner eine Sekundärschalteinrichtung, Überbrückungsfunktionen, eine Nachlaufzeitüberwachung usw. enthalten.

Anmerkung 2 zum Begriff: Eine sicherheitsbezogene Kommunikationsschnittstelle kann im gleichen Gehäuse wie die BWS enthalten sein.

[QUELLE: IEC 61496-1:2020, 3.5, modifiziert: „..., oder die BWS selbst kann ferner [...] enthalten“]

3.7

Gefährdung

potentielle Schadensquelle

[QUELLE: ISO 12100:2010, 3.6, modifiziert, Anmerkungen 1, 2 und 3 zum Begriff entfernt]

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

3.8

gefährliche Kraft

Kraft an einem Punkt eines *Serviceroboters* (3.36), die ein inakzeptables *Risiko* (3.28) erzeugt

3.9

gefährliches Hindernis

Objekt oder Hindernis, das/die bei Kontakt oder Kollision mit der Maschine Schäden verursachen kann

3.10

gefährliche Geschwindigkeit

Geschwindigkeit an einem Punkt (Stelle am Körper) eines *Serviceroboters* (3.36), die ein inakzeptables *Risiko* (3.28) erzeugt

Anmerkung 1 zum Begriff: In der Definition kann Geschwindigkeit absolut oder relativ zum betrachteten Punkt sein.

3.11

gefährliche Oberflächenbedingung

ungünstige Bedingungen der Fahrwegsoberfläche für einen *mobilien Serviceroboter* (3.17), die ein inakzeptables *Risiko* (3.28) erzeugen

BEISPIEL Oberflächenbedingungen, durch die ein *mobilier Serviceroboter* (3.17) umkippen oder ausrutschen und Verletzungen oder Schaden verursachen kann.

3.12

tragbarer Roboter mit geringer Leistung

tragbarer Roboter (3.46), dessen Kraft ein *Benutzer* (3.43) überwinden kann

3.13

Handsteuergerät

durch eine Person betätigtes Gerät, welches mit dem Steuerstromkreis verbunden ist, um den *Serviceroboter* (3.36) zu steuern

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein oder mehrere Handsteuergeräte, die auf einem Bedienpult oder an einem Gehäuse angebracht sind, bilden ein *Befehlsgerät* (3.3).

3.14

Handbetrieb

Betriebsart, in der der Roboter durch direktes Eingreifen einer Person, z. B. über Handführung, Drucktasten oder einen Joystick, bedient wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Betriebsart wird üblicherweise für Teachen, Teleoperation, Fehlersuche, Instandsetzung, Reinigung usw. gewählt.

3.15

maximaler Raum

Volumen, das von den beweglichen Teilen des Roboters entsprechend der Herstellerdefinition erreicht werden kann, zuzüglich des Volumens, das von Manipulatoren und Nutzlasten erreicht werden kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei mobilen Plattformen kann dieses Volumen durch die physischen Grenzen definiert sein, innerhalb der sich der Roboter bewegen kann.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild E.2.

3.16**mobile Plattform**

Baugruppe der Bauteile, die Fortbewegung ermöglichen

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine mobile Plattform kann ein Gestell enthalten, das zum Tragen der Last verwendet werden kann.

Anmerkung 2 zum Begriff: Eine mobile Plattform kann das Tragwerk bereitstellen, an dem ein Manipulator angebracht werden kann.

Anmerkung 3 zum Begriff: Mobile Plattformen, die einer vorgegebenen Bahn folgen, die durch Bodenmarkierungen oder externe Leitbefehle angezeigt wird.

3.17**mobiler Serviceroboter****MSR**

Serviceroboter (3.36), der in der Lage ist, sich unter eigener Kontrolle fortzubewegen

3.18**überwachter Raum**

Raum, in dem eine Person oder ein Objekt von Sensoren erkannt wird, die dem Roboter Informationen übermitteln

Anmerkung 1 zum Begriff: Der überwachte Raum kann über den *maximalen Raum* (3.15) hinausgehen und durch eine Reihe von Sensoren an dem Roboter oder außerhalb des Roboters, die dem Roboter Informationen übermitteln, definiert werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Dieser Raum kann je nach Serviceroboter und dessen Anwendung statisch oder dynamisch sein.

Anmerkung 3 zum Begriff: Siehe Bild E.2.

3.19**kontaktfreie Detektion**

Sensordetectionsvermögen oder Messvermögen, das keinen *Kontakt* (3.4) mit Objekten (einschließlich Personen) in der Umgebung erfordert

3.20**Betriebsart**

Charakterisierung der Art und Weise und des Umfangs, in dem die *Bedienperson* (3.21) oder der *Benutzer* in die Steuergeräte des Serviceroboters eingreift

[QUELLE: ISO 8373:2021, 6.13, modifiziert; „in die Steuerungsumgebung eingreift“ geändert in „oder der Benutzer in die Steuergeräte des Serviceroboters eingreift“ und Anmerkung 1 zum Begriff entfernt]

3.21**Bedienperson**

Person, die dafür bestimmt und geschult ist, Parameter- und Programmänderungen vorzunehmen und den *Serviceroboter* (3.36) zum Nutzen der Benutzer in Gang zu setzen, zu überwachen und anzuhalten

[QUELLE: ISO 8373:2021, 3.11, modifiziert; „und geschult ist, Parameter- und Programmänderungen vorzunehmen“ und „*Serviceroboter* (3.36) zum Nutzen der Benutzer“ hinzugefügt]

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

3.22

persönlicher Service

Mittel zur Erfüllung der Bedürfnisse einer Person, wobei der Roboter für eine Person, der der Service zugute kommt, verwendet und potentiell durch diese bedient wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei persönlichem Service wird der Roboter nicht zur Erzielung eines finanziellen Gewinns verwendet.

BEISPIEL Persönlicher Service umfasst die Handhabung und den Transport von Waren, die Bereitstellung von Informationen einschließlich kognitiver Unterstützung, die Begleitung oder Unterstützung, Pflege, Kochen und Handhabung von Lebensmitteln sowie Bewegungsunterstützung.

3.23

druckempfindliche Schutzeinrichtung

PSPE, en: pressure sensitive protective equipment

sensitive Schutzeinrichtung mit mechanisch aktiver Auslösung zur Erkennung der Berührung einer Person oder eines Körperteils, die auch als abweisende Schutzeinrichtung dienen kann.

Anmerkung 1 zum Begriff: Beispiele für PSPE sind Schaltmatten und -böden, Schaltpuffer, Schaltleisten und Schaltstangen.

Anmerkung 2 zum Begriff: PSPE erzeugen ein Stoppsignal durch Anwendung unterschiedlicher Techniken, z. B. mechanische Kontakte, faseroptische Sensoren, Drucksensoren.

[QUELLE: ISO 13856-3:2013, 3.1, modifiziert: Anmerkung 1 zum Begriff und Anmerkung 2 zum Begriff ersetzt]

3.24

professioneller Service

Mittel zur Erfüllung der Bedürfnisse einer oder mehrerer Personen oder geschäftlicher Organisationen, wobei die Bedienperson des Roboters entweder der Dienstleister oder das Personal der Organisation ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Fall des professionellen Services kann der Roboter zur Erzielung eines finanziellen Gewinns verwendet werden.

BEISPIEL Professionelle Services umfassen die Handhabung und den Transport von Waren, die Inspektion von Gebäuden, Überwachung, Kochen und Handhabung von Lebensmitteln, Heben und Transport von Objekten mit Unterstützung durch ein Exoskelett.

3.25

Sicherheitshaltraum

Raum, in dem der *Serviceroboter* (3.36) einen Sicherheitshalt ausführt, wenn eine Person oder ein Objekt in diesen eindringt

BEISPIEL Anhang B enthält Beispiele für die Betriebsräume unterschiedlicher Serviceroboter.

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser Raum kann je nach Serviceroboter, seiner Anwendung und seiner (dynamischen) Form statisch oder dynamisch sein.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild E.2.

3.26

Relativgeschwindigkeit

Differenz zwischen den Geschwindigkeitsvektoren des Roboters und eines in der Nähe befindlichen Objekts (einschließlich einer Person)

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Robotergeschwindigkeit ist die Vektorsumme der Geschwindigkeiten des Roboterkörpers und seiner beweglichen Teile.

3.27**eingeschränkter Raum**

Teil des durch den Roboterhersteller und/oder Benutzer definierten *maximalen Raums* (3.15), innerhalb dessen der Roboter bewegt (oder betrieben) werden soll (oder darf)

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei *mobilen Servicerobotern* (3.17) kann dieses Volumen durch besondere Markierungen auf Böden und Wänden oder durch in der internen Karte des Roboters oder der Einrichtung festgelegte *Software-Grenzen* (3.38) (maximaler Raum) eingeschränkt werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild E.2.

[QUELLE: ISO 8373:2021, 5.12, modifiziert; „eingeschränkt durch Begrenzungseinrichtungen (6.21), die Grenzen festlegen, die nicht überschritten werden“ geändert in „Roboterhersteller und/oder Benutzer definieren maximalen Raums, innerhalb dessen der Roboter bewegt (oder betrieben) werden soll (oder darf)“ und Anmerkung 2 zum Begriff hinzugefügt]

3.28**Risiko**

Kombination der Wahrscheinlichkeit des Eintritts eines Schadens und seines Schadensausmaßes

[QUELLE: ISO 12100:2010, 3.12]

3.29**Risikobeurteilung**

Gesamtheit des Verfahrens, das eine Risikoanalyse und Risikoeinschätzung umfasst

[QUELLE: ISO 12100:2010, 3.17, modifiziert; „Risikobewertung“ in „Risikoeinschätzung“ geändert]

3.30**geschützter Raum**

Raum, in dem der *Serviceroboter* (3.36) eine sicherheitsbezogene Funktion einleitet, wenn eine Person oder ein Objekt in diesem Raum erkannt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Beispiele für sicherheitsbezogene Funktionen sind Änderungen der Bewegungsbahn, sicherheitsbezogene Geschwindigkeitssteuerung, Sicherheitshalt, sicherheitsbezogene Kraftüberwachung.

Anmerkung 2 zum Begriff: Anhang E enthält weitere Einzelheiten zu möglichen Implementierungen von Algorithmen zur Geschwindigkeitsverringerung.

Anmerkung 3 zum Begriff: Dieser Raum kann je nach Serviceroboter, seiner Anwendung und seiner (dynamischen) Form statisch oder dynamisch sein.

Anmerkung 4 zum Begriff: Siehe Bild E.2.

3.31**sicherer Zustand**

Zustand eines *Serviceroboters* (3.36), von dem keine drohende *Gefährdung* (3.7) ausgeht

[QUELLE: ISO 10218-2:2023, 3.11, modifiziert; „Maschine oder Ausrüstungsteil“ in „Serviceroboter“ geändert]

3.32**sicherheitsbezogene Kraftüberwachung**

Funktion eines sicherheitsbezogenen Steuerungssystems, die verhindert, dass der Roboter eine *gefährliche Kraft* (3.8) entwickelt

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

3.33

sicherheitsbezogener Teil einer Steuerung

Teil einer Steuerung, der eine Sicherheitsfunktion ausführt, von sicherheitsbezogenen Eingängen bis zur Generierung sicherheitsbezogener Ausgänge

[QUELLE: ISO 13489-1:2023, 3.1.1, modifiziert; Anmerkung 1 zum Begriff entfernt]

3.34

sicherheitsbezogene Geschwindigkeitsüberwachung

Funktion eines sicherheitsbezogenen Steuerungssystems, die verhindert, dass der Roboter eine *gefährliche Geschwindigkeit* (3.10) erreicht

3.35

teilautonomer Betrieb

Betriebsart, in der Bewegungen des *Serviceroboters* (3.36) durch eine Kombination aus dem autonomen Aufgabenprogramm und teilweiser Intervention des Benutzers bestimmt werden

BEISPIEL *Tragbarer Roboter* (3.46), der versucht, den von der Person gewählten Weg zu korrigieren, um einen Zusammenstoß zu vermeiden.

[QUELLE: ISO 8373:2021, 6.13.3, modifiziert; „Betrieb“ geändert in „Betriebsart“, „Bewegungen des Serviceroboterliche Bewegungen des Serviceroboters enthalten“ und „zugehörigen Bewegungen des Serviceroboters bei gleichzeitig erfolgenden manuellen Benutzereingaben“ geändert in „teilweiser Intervention des Benutzers“ und Anmerkung 1 zum Begriff entfernt]

3.36

Serviceroboter

Roboter im persönlichen oder professionellen Gebrauch, der nützliche Aufgaben für Personen oder Geräte ausführt

[QUELLE: ISO 8373:2021, 2.10, modifiziert, Anmerkungen 1 und 2 zum Begriff entfernt]

3.37

Singularität

Situation, in der der Rang der Transformationsmatrix (Jacobi-Matrix) geringer wird als der volle Rang

Anmerkung 1 zum Begriff: Mathematisch kann in einer singulären Konfiguration die Gelenkgeschwindigkeit im Gelenkraum unendlich werden, um die kartesische Geschwindigkeit aufrechtzuerhalten. Im tatsächlichen Betrieb können Bewegungen, die im kartesischen Raum definiert sind und in der Nähe von Singularitäten verlaufen, hohe Achsgeschwindigkeiten erzeugen, die zu Gefährdungssituationen führen können.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Jacobi-Matrix ist typischerweise definiert als Matrix der ersten partiellen Ableitungen der Roboterfreiheitsgrade.

[QUELLE: ISO 10218-1:2011, 3.22, modifiziert; Anmerkung 2 zum Begriff hinzugefügt]

3.38

Softwaregrenzen

in der Steuerung definierte Einschränkungen des Betriebs des Roboters auf eines oder mehrere Betriebsparameter

Anmerkung 1 zum Begriff: Softwaregrenzen können Betriebsräume, Geschwindigkeit, Kraft usw. einschränken.

3.39

Wirkungsbereich

vorgegebener Teil einer *Serviceroboter* (3.36)-Anwendung, der der Kontrolle einer spezifischen Vorrichtung für eine Sicherheitsfunktion unterliegt

3.40**ortsfester Serviceroboter**

Serviceroboter (3.36), der an einer Oberfläche befestigt oder transportabel ist

3.41**dritte Partei**

mindestens eine Person, die nicht der *Benutzer* (3.43) (oder die Person, für die der Roboter Dienstleistungen erbringt) ist, oder *Bedienperson* (3.21) in der Nähe des Betriebsbereichs oder in dem Betriebsbereich des Roboters

3.42**unbeabsichtigter Kontakt**

ungeplanter *Kontakt* (3.42) zwischen dem *Serviceroboter* (3.36) und dem Objekt (einschließlich Person) während der Ausführung der vorgesehenen Aufgabe

3.43**Benutzer**

Person, die dafür bestimmt ist, den Roboter für ihre eigene Nutzung oder für eine Person, der die Dienstleistung des *Serviceroboters* (3.36) zugute kommt, zu starten, zu überwachen und anzuhalten

Anmerkung 1 zum Begriff: In einigen Anwendungen könnte ein Benutzer sowohl die Bedienperson sein als auch die Person, der diese Anwendung zugute kommt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Ein Benutzer kann ein Laie oder in der Nutzung des Roboters geschult sein.

Anmerkung 3 zum Begriff: Ein Benutzer kann eine Person sein, die den Roboter besitzt oder für dessen Management verantwortlich ist.

3.44**Validierung**

Bestätigung durch objektiven Nachweis, dass die Anforderungen der bestimmten vorgesehenen Verwendung oder Anwendung des *Serviceroboters* (3.36) erfüllt sind

[QUELLE: ISO 9000:2015, 3.8.13 modifiziert; „Anwendung des Serviceroboters“ hinzugefügt und Anmerkungen 1 und 2 zum Begriff entfernt]

3.45**Verifizierung**

Bestätigung durch objektiven Nachweis, dass die festgelegten Anforderungen an den *Serviceroboter* (3.36) erfüllt sind

[QUELLE: ISO 9000:2015, 3.8.12 modifiziert; „Anforderung an den Serviceroboter“ hinzugefügt und Anmerkungen 1 und 2 zum Begriff entfernt]

3.46**tragbarer Roboter**

Serviceroboter (3.36), der an dem Körper eines *Benutzers* (3.43) während des Gebrauchs befestigt wird und den *Benutzer* (3.43) physisch dabei unterstützt, erforderliche Aufgaben zu erfüllen, indem er die persönlichen Kapazitäten ergänzt oder erhöht

4 Allgemeine Sicherheitsanforderungen

4.1 Allgemeines

Serviceroboter müssen den Sicherheitsanforderungen nach diesem Abschnitt entsprechen. Darüber hinaus muss der Serviceroboter entsprechend den Anforderungen in ISO 12100:2010 gestaltet werden.

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

Für jeden Serviceroboter muss eine Risikobeurteilung nach ISO 12100:2010 durchgeführt werden.

ANMERKUNG 1 ISO 12100:2010 enthält Anforderungen und Anleitungen zur Durchführung der Identifizierung der Gefährdung und Risikominderung.

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

Für die Risikobeurteilung dürfen die Grenzen des Serviceroboters in mehrere Sätze von Grenzen unterteilt werden, die sich jeweils auf eine bestimmte Umgebung, Benutzergruppe und/oder Aufgabe beziehen. Wenn ein solcher Ansatz verwendet wird, müssen geeignete Maßnahmen zur Risikominderung für jeden Satz von Grenzen bestimmt werden. Darüber hinaus müssen Risiken berücksichtigt werden, die auftreten können, wenn der Roboter außerhalb seines aktuellen Satzes von Grenzen betrieben wird.

ANMERKUNG 3 Anhang C enthält Leistungsanforderungen an Sicherheitsfunktionen mit der Möglichkeit, entweder die aufgelistete Leistung anzuwenden oder unter Verwendung der Parameter und Grenzwerte aus C.2 zur Risikoeinschätzung eine Risikobeurteilung durchzuführen.

ANMERKUNG 4 Ein Roboter kann beispielsweise zwei Sätze von Grenzen haben; einen für die Anwendung in Umgebungen, die nur durch Bedienpersonen begrenzt sind und einen für die Anwendung in Umgebungen, die öffentlich zugänglich sind, wobei die letzteren geringere Geschwindigkeitsbegrenzungen haben.

Es müssen Maßnahmen getroffen werden, um das Risiko auf ein für die betroffenen Personen akzeptables Maß zu beschränken.

ANMERKUNG 5 ISO/TR 23482-2:2019, Abschnitt 7, enthält Beispiele für Risikobeurteilungsprozesse, die zu akzeptablen Risikoniveaus für mehrere Arten von Servicerobotern führen.

Die Anwendbarkeit und Eignung der in der Norm aufgeführten Risikominderungsmaßnahmen kann durch die Risikobeurteilung bestimmt werden (z. B. in der Norm als „sofern zutreffend“ angegebene Anforderungen).

Wenn Risiken durch Maßnahmen, die nicht in dieser Norm beschrieben sind, beseitigt oder gemindert werden können, müssen diese Maßnahmen mindestens das gleiche Maß an Risikominderung erreichen wie die in dieser Norm beschriebenen Maßnahmen.

Serviceroboter können zusätzlichen Normen und Vorschriften entsprechen, wenn der Roboter auch für den Einsatz in Umgebungen oder Anwendungen vorgesehen ist, die nicht im Anwendungsbereich dieser Norm liegen.

Die Sicherheitsanforderungen für mobile Serviceroboter unterscheiden sich, je nachdem, ob diese mit Manipulatoren ausgestattet sind oder nicht.

Zusatzeinrichtungen an dem Serviceroboter wie etwa für die Reinigung oder Desinfektion müssen während der Risikobeurteilung berücksichtigt und geeignete Maßnahmen zur Risikominderung müssen identifiziert werden. Die Struktur der folgenden Unterabschnitte gibt die Drei-Stufen-Methode nach ISO 12100:2010 auf folgende Weise wieder:

- Anforderungen an inhärent sichere Konstruktionsmaßnahmen sind in den Unterabschnitten 4.x.2 oder 4.x.x.2 jedes Unterabschnitts 4.x bzw. 4.x.x angegeben.
- Anforderungen an Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen sind in den Unterabschnitten 4.x.3 und 4.x.x.3 angegeben.
- Anforderungen an Benutzerinformationen sind in den Unterabschnitten 4.x.4 und 4.x.x.4 angegeben.

Wenn durch Verwendung sicherheitsbezogener Steuerungsfunktionen eine Minderung eines bestimmten Risikos erreicht wird, gelten die Anforderungen nach Abschnitt 6.

Printed copies are uncontrolled
 Empfohlene Verfahren zur Verifizierung und Validierung verschiedener Anforderungen für die signifikanten Gefährdungen sind in Unterabschnitt 4.x.5 oder 4.x.x.5 jedes Unterabschnitts 4.x bzw. 4.x.x angegeben. Abschnitt 8 enthält eine Beschreibung der Verifizierungs- und Validierungsverfahren.

ANMERKUNG 6 ISO/TR 23482-2 enthält weitere Informationen zu dem strukturierten Risikominderungsansatz nach ISO 13482.

Zusätzliche Sicherheitsanforderungen für mobile Serviceroboter sind in Abschnitt 6 enthalten. Zusätzliche Sicherheitsanforderungen für tragbare Roboter sind in Abschnitt 5 enthalten.

4.2 Gefährdungen durch Energiespeicherung und -versorgung

4.2.1 Kontakt mit gefährlichen energieführenden Teilen

4.2.1.1 Allgemeines

Ein Serviceroboter muss so gestaltet und ausgeführt sein, dass alle Gefährdungen im Zusammenhang mit der im Roboter geführten Energie verhindert werden.

Die elektrische Ausrüstung des Serviceroboters muss in Übereinstimmung mit einer oder mehreren der folgenden für seine Gestaltung und Anwendung zutreffenden Normen gestaltet und ausgeführt sein:

IEC 60204-1:2021 für elektrische Ausrüstung,

IEC 60335-1:2020 für Haushaltsgeräte,

IEC 61140:2016 für elektrische Ausrüstung,

ISO 4414:2010 für pneumatische Einrichtungen,

ISO 4413:2010 für hydraulische Einrichtungen,

IEC 62368-1:2023 für AV/IC-Einrichtungen,

IEC 61010-1:2010 für Inspektions-, Mess- und Prozesseinrichtungen

Jede gefährdete Person muss gegen Schaden durch direkten oder indirekten Kontakt mit stromführenden Teilen am Roboter geschützt sein.

Es ist ein Mittel zur Isolierung gefährlicher Energiequellen (z. B. elektrische, mechanische, hydraulische, pneumatische, chemische und thermische) vorzusehen, wenn die in 4.2.1.2 festgelegten Grenzen überschritten werden. Gefährliche Energiequellen dieser Art müssen eindeutig identifiziert sein, und die Trengglieder müssen verriegelbar sein, wenn ein versehentliches Wiederanschließen zu einer Gefährdung führen kann.

4.2.1.2 Inhärent sichere Konstruktion

Sofern zutreffend, sind folgende Maßnahmen anzuwenden:

- Verwendung von Kleinstspannungsquellen (SELV) für zugängliche Stromkreise und Teile entsprechend den anzuwendenden Normen wie etwa IEC 60204-1:2021 oder IEC 60335-1:2020 oder IEC 62368-1:2023 oder IEC 61010-1:2010.

ANMERKUNG 1 In IEC 61140:2016 ist SELV definiert als weniger als 25 V AC rms und 60 V DC

- Verwendung niedriger Drücke für pneumatische/hydraulische Einrichtungen, sodass die resultierende Kraft die in ISO 4414:2010 und ISO 4413:2010 festgelegten Grenzen nicht überschreitet und die auf die Bauteile einwirkende Beanspruchung nicht zu Gefährdungssituationen führt.

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

ANMERKUNG 2 Für weitere Anleitungen siehe ISO 4413:2010, ISO 4414:2010.

Andere Arten gespeicherter Energie müssen so gering wie praktisch möglich gehalten werden, um die Gefährdung auf ein Mindestmaß zu beschränken.

4.2.1.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen

Werden zum Schutz gegen gefährliche energieführende Teile trennende Schutzeinrichtungen oder Umhüllungen verwendet, muss deren Konstruktion im Hinblick auf Gefahren durch Elektrizität der jeweiligen in IEC 60529:2019 definierten Schutzklasse und im Hinblick auf Sicherheitsabstände ISO 13857:2019 entsprechen.

Bei übermäßiger Wärmeentwicklung sind Maßnahmen zur Wärmeableitung (z. B. Wärmesenken, Luftstrom) anzuwenden. Bei einem Einsatz von Ventilatoren werden Steuer- und Regeleinrichtungen für den Ventilator empfohlen.

4.2.1.4 Benutzerinformationen

Warnhinweise, die die Form der gefahrbringenden Energie anzeigen (z. B. IEC 60417-6042 elektrischer Schlag), sollten an dem Serviceroboter angebracht werden. Sie müssen IEC 60417:2024, ISO 3864-2:2016, ISO 7000:2019, oder ISO 7010:2019 entsprechen, und ihre Bedeutung muss in den Benutzerinformationen erläutert werden.

4.2.1.5 Verifizierung und Validierung

Aus folgenden Verfahren muss/müssen das/die jeweils zutreffende(n) Prüfverfahren gewählt werden: A, B, C, E, H.

ANMERKUNG Ein anzuwendendes Prüfverfahren kann ISO/TR 23482-1:2020, 6.1, entnommen werden.

4.2.2 Gefährdungen in Verbindung mit Batterien

4.2.2.1 Allgemeines

Personen müssen vor Gefährdungen in Verbindung mit Batterien im bestimmungsgemäßen Gebrauch und verhünftigerweise vorhersehbarer Fehlanwendung geschützt werden. Das Laden oder Entladen von Batterien darf nicht zu Feuer, Explosion, Auslaufen von Elektrolyt, Entlüftung, Verbrennungen, Bruch oder anderen Gefährdungen führen.

Lithium-Batterien müssen IEC 62133-2:2017 oder IEC 62619:2022 entsprechen. Batterien mit anderen Chemikalien müssen einer geeigneten Batterienorm entsprechen.

ANMERKUNG 1 IEC 62368-1:2023 Anhang M, enthält eine Liste der Batterienormen.

Gefährdungen in Verbindung mit inneren (nicht austauschbaren) Batterien oder entnehmbaren (austauschbaren) Batterien müssen berücksichtigt werden.

Gefährdungen in Verbindung mit dem/den Verfahren zum Aufladen von Batterien müssen berücksichtigt werden, einschließlich:

- durch direkten Anschluss an eine externe Ladestation;
- durch Verbindung mit Kabeln an ein externe Ladegerät oder
- durch ein in das innere Ladegerät eingestecktes Netzkabel;
- durch Induktionsladung über eine kabellose Stromübertragungseinrichtung.

ANMERKUNG 2 Das externe Laden einer entnehmbaren (austauschbaren) Batterie nach der Entnahme aus dem Roboter wird nicht in dieser Norm behandelt.

ANMERKUNG 3 Eine Anleitung zum induktiven Laden über eine kabellose Stromübertragungseinrichtung kann IEC 62368-1:2023, ISO 15118-1, SAE J2954, ETSI EN 303 417 entnommen werden.

Wenn ein Serviceroboter eine Batterie hat, die geladen werden kann, während sie in den Roboter eingelegt ist, müssen Personen gegen Gefährdungen durch versehentlichen Kontakt mit den Ladenanschlüssen an dem Roboter und seinen Ladesystemen geschützt werden.

Wenn vorgesehen ist, dass Roboter automatisch mit Strom versorgt werden, wenn das Stromkabel an den Roboter angeschlossen ist, müssen Gefährdungen, die durch den Anschluss auftreten können, berücksichtigt werden.

Wenn nicht vorgesehen ist, dass der Roboter während des Ladens betrieben wird, muss der Betrieb des Roboters während des Ladevorgangs verhindert werden.

Wenn die verbleibende Batterieleistung unzureichend für einen sicheren Betrieb ist, muss der Roboter eine Statuswarnung anzeigen, um Situationen zu vermeiden, in denen der Benutzer einem inakzeptablen Risiko ausgesetzt wird.

Ladegeräte müssen IEC 60335-2-29:2019 oder IEC 62368-1:2023, sofern zutreffend, entsprechen und mit IEC 60529:2019 übereinstimmen.

4.2.2.2 Inhärent sichere Konstruktion

Batterien müssen für den bestimmungsgemäßen Gebrauch und vernünftigerweise vorhersehbare Fehlanwendungen geeignet sein. Batterien müssen innerhalb ihrer spezifischen Bemessungswerte betrieben werden.

Für Roboter mit austauschbaren Batterien muss die Gestaltung des Roboters und/oder der Batterie eine Installation mit umgekehrter Polarität oder Kurzschließen verhindern.

Ladekontakte und Stecker müssen so gestaltet sein, dass eine versehentliche Berührung stromführender Teile verhindert wird (z. B. Kappen für Stecker und Steckdosen).

Die Batterieladespannung muss den entsprechenden Normen in Übereinstimmung mit der Anwendung und/oder Umgebung der Ladesysteme wie etwa IEC 61010:2010, IEC 61140:2016, IEC 60335-2-29:2019, IEC 62368-1:2023 und IEC 61851-1 entsprechen.

4.2.2.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen

Sofern zutreffend, sind folgende Maßnahmen anzuwenden:

- a) ausreichende Belüftung muss für die Batterien vorgesehen werden, um Überhitzung oder die Ansammlung gefährlicher Gase zu verhindern;
- b) wenn Batterie-Gefährdungen nicht vollständig innerhalb der Batterie, dem Batteriemanagementsystem oder dem Ladegerät behandelt werden, müssen diese durch das Steuerungssystem des Roboters verhindert werden. Beispiele umfassen den Schutz gegen Überentladung, zu hohe oder zu niedrige Temperaturen oder Überlastbedingungen;
- c) das Steuerungssystem des Roboters muss angemessen auf Ausfall-/Fehlermeldungen der Batterie reagieren;
- d) Ladeanschlüsse müssen so gestaltet sein, dass sie nur eingeschaltet werden, wenn der Serviceroboter an das Ladesystem angeschlossen wird;
- e) Jedes eingebaute Ladesystem muss das korrekte Laden der Batterie automatisch überwachen.

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

Wenn jede Schutzmaßnahme durch Funktionssicherheit erreicht werden soll, muss dies durch ein geeignetes Performance Level entsprechend der Risikobeurteilung oder Anhang C sichergestellt werden.

4.2.2.4 Benutzerinformationen

Benutzerinformationen müssen Anweisungen für das Laden der Batterie enthalten und insbesondere:

- das Verfahren für das Laden des Serviceroboters;
- die Umgebungsbedingungen (z. B. Laden im Außen- oder Innenbereich);
- Anforderung zum Abschalten des Serviceroboters oder Umschalten in eine bestimmte Betriebsart;
- entsprechende Warnungen.

Der Batterieladestatus sollte angezeigt werden.

Roboter mit austauschbaren Batterien müssen die folgenden Kennzeichnungen (oder vergleichbare Kennzeichnungen) enthalten:

- „WARNUNG: Explosionsrisiko, wenn die Batterie durch einen falschen Batterietyp ersetzt wird. Die Batterie darf nur gegen eine Batterie des gleichen Typs ausgetauscht werden. Die Batterie muss entsprechend den Anweisungen entsorgt werden“;
- „WARNUNG: Explosionsgefahr. Beachten Sie die Betriebsanleitung für den Batteriewechsel.“

Die Betriebsanleitung muss alle Arten von Batterien, die für den Austausch geeignet sind sowie Anweisungen für die Entsorgung enthalten. Darüber hinaus muss das korrekte Verfahren für den Austausch der Batterie angegeben werden.

4.2.2.5 Verifizierung und Validierung

Das/die geeignete(n) Verfahren muss aus Abschnitt 8, B, C, D, E, ausgewählt werden.

4.2.3 Unkontrollierte Freisetzung gespeicherter Energie

4.2.3.1 Allgemeines

Die unkontrollierte Freisetzung gespeicherter Energie darf nicht zu Gefährdungen einschließlich Feuer führen. Dies gilt bei Betrieb des Roboters ebenso wie bei ausgeschaltetem Roboter.

Ein Mittel zur Beseitigung von Gefährdungen durch die unkontrollierte Freisetzung oder Entfernung gespeicherter gefährlicher Energie muss vorgesehen werden. Dies darf zu keiner weiteren Gefährdung führen.

ANMERKUNG Gespeicherte Energie kann in pneumatischen und hydraulischen Druckspeichern, in Kondensatoren, Batterien, Federn, Gegengewichten, Schwungrädern usw. auftreten.

4.2.3.2 Inhärent sichere Konstruktion

Die gespeicherte Energie muss so gering wie praktisch möglich gehalten werden. Die Energiespeicherung muss so gestaltet sein, dass die unkontrollierte Freisetzung von Energie verhindert wird.

ANMERKUNG Die unkontrollierte Freisetzung gespeicherter Energie kann z. B. durch eine hohe Getriebeunterstützung, elektrische Sicherungen und eine pneumatische Drossel verhindert werden.

4.2.3.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen

Sofern zutreffend, sind folgende Maßnahmen anzuwenden:

- a) zur Minimierung des bei Freisetzung von Energie auftretenden Risikos müssen trennende Schutzeinrichtungen/Abdeckungen verwendet werden;
- b) der Roboter ist mit Maßnahmen zur Absicherung seiner Energieversorgung zu versehen, um eine Funktionsstörung, Überhitzen oder Überströme zu verhindern, die aufgrund von Überlastung, Kurzschlägen, Textilien, die die Wärmequelle des Roboters umgeben auftreten können.

4.2.3.4 Benutzerinformation

Warnhinweise sind anzubringen, die alle Gefährdungen durch gespeicherte Energie sowie deren Lage benennen. Die Benutzerinformation muss die Beschreibung der Mittel und Vorgehensweisen zur Abführung gespeicherter Energie oder zur Beseitigung von Gefährdungen durch die unkontrollierte Freisetzung gespeicherter Energie enthalten.

4.2.3.5 Verifizierung und Validierung

Das/die geeignete(n) Verfahren muss aus folgendem ausgewählt werden: B, D, E, H.

4.2.4 Ausfall der Energieversorgung oder Energieabschaltung

4.2.4.1 Allgemeines

Ein Ausfall der Energieversorgung oder eine unbeabsichtigte Abschaltung einschließlich des Zustands niedriger Energie eines Serviceroboters und das anschließende Wiedereinschalten der Energieversorgung darf nicht zu einem inakzeptablen Risiko führen. Besonders sicherzustellen ist Folgendes.

- a) Serviceroboter müssen so gestaltet werden, dass Risiken durch die Bewegung des Roboters und von Roboterbauteilen, Instabilität (Gefährdung durch Umkippen bei Verlust der Energieversorgung, z. B. für Roboter mit Selbstbalance-Funktionen) und Fallenlassen von Lasten bei einem Ausfall oder eine vollständige oder vorübergehende Abschaltung der Energieversorgung akzeptabel sind. Dies gilt unabhängig von der Versorgungsart (z. B. elektrisch, hydraulisch, pneumatisch, Vakuum).
- b) Serviceroboter mit mobilen Plattformen müssen so konstruiert sein, dass sichergestellt ist, dass die Risiken aufgrund der Roboterbewegung nach Ausfall oder Abschaltung der Energieversorgung (z. B. Verlust der Funktion der Bremsanlage) im zulässigen Bereich liegen. Dies gilt unabhängig von der Art der Fortbewegungsmechanismen des Roboters (z. B. Räder, Gleisketten, Beine).
- c) Wenn ein bewegliches Teil eines Serviceroboters aufgrund eines Ausfall der Energieversorgung oder Energieabschaltung verriegelt und eine Gefährdung darstellt, z. B. Einfangen eines Benutzers, muss es möglich sein, das Teil ohne Antriebsenergie durch eine einzelne Person zu bewegen. Dabei müssen sämtliche möglichen Benutzer berücksichtigt werden, um diesen Flucht- oder Rettungsmöglichkeiten entsprechend der Risikobeurteilung zu bieten. Ist dies nicht praktikabel, muss eine zusätzliche technische Schutzmaßnahme angewendet werden.

ANMERKUNG Für unerwartetes Anlaufen nach einem Ausfall der Energieversorgung siehe 4.3

4.2.4.2 Inhärent sichere Konstruktion

Sofern zutreffend, sind folgende Maßnahmen anzuwenden:

- a) Bremsmechanismen müssen wirksam werden, wenn sie abgeschaltet werden;
- b) interne Speicherung von ausreichend Energie (z. B. durch Federkompression oder elektrischen Kondensator), um das Wiederherstellen eines sicheren Zustands nach einem Ausfall/einer Abschaltung der Energieversorgung zu ermöglichen.

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

4.2.4.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen

Sofern zutreffend, sind folgende Maßnahmen anzuwenden:

- a) Bereitstellung einer unterbrechungsfreien Energiequelle;
- b) Serviceroboter, in denen sich Personen an abgelegenen Orten verfangen können, müssen mit einer Notrufmöglichkeit ausgestattet sein, die unabhängig von Energie versorgt wird;
- c) falls die verfügbare innere Energie oder gespeicherte Energie (z. B. die Batterieladung) unter einen bestimmten Schwellenwert sinkt, muss der Roboter diesen Status dem Benutzer und/oder der Bedienperson zum Beispiel mittels eines Audio-, Licht- oder Vibrationssignals mitteilen und automatisch in einen sicheren Zustand überführt werden.

4.2.4.4 Benutzerinformation

Die Benutzerinformation muss das mit einem Ausfall oder einer Abschaltung der Energieversorgung verbundene Risiko beschreiben. Nach derartigen Ausfällen oder Abschaltungen können Instandhaltungsmaßnahmen erforderlich sein, sofern dies aufgrund einer Risikobeurteilung als notwendig erachtet wird (siehe 8.4).

4.2.4.5 Verifizierung und Validierung

Das/die geeignete(n) Verfahren muss aus Folgendem ausgewählt werden: B, D, E, H.

4.3 Einschalten des Roboters und Wiederaufnahme des normalen Betriebs

4.3.1 Allgemeines

Serviceroboter dürfen nach dem Einschalten keine gefährlichen Aktionen ausführen. Der Roboter muss ISO 14118:2017 entsprechen.

Wenn die Selbstprüfung während der Initialisierung eine Bewegung des Roboters erfordert, dürfen die Roboterachsen um das notwendige Minimum zur Durchführung der Prüfung bewegt werden. Die Risiken in Verbindung mit dieser Bewegung müssen so gering wie vernünftigerweise praktikabel gehalten werden.

4.3.2 Inhärenz sichere Konstruktion

Sofern zutreffend, sind folgende Maßnahmen anzuwenden.

- a) Der Serviceroboter muss sich beim Einschalten in einem Betriebszustand mit eingeschränkter Geschwindigkeit, eingeschränkter Kraft usw. befinden (siehe 6.5 und 6.8) und darf nur durch einen Wechsel der Betriebsart (siehe 6.14) zur normalen Steuerung zurückkehren.
- b) Der Serviceroboter muss sich nach dem Einschalten immer in der Betriebsart Handbetrieb befinden und darf erst durch einen Wechsel der Betriebsart nach 6.14.1 im autonomen Betrieb weiterarbeiten.

4.3.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen

Sofern zutreffend, sind folgende Maßnahmen anzuwenden:

- a) während des Einschaltens muss der Serviceroboter interne Kontrollprüfungen durchführen und den Roboter innerhalb sicherer Grenzwerte (z. B. Geschwindigkeit, Kraft usw.) starten, um sicherzustellen, dass alle sicherheitsbezogenen Funktionen vor dem Start jeglicher Arbeitsgänge verfügbar sind;
- b) wenn die sicherheitsbezogenen Funktionen des Serviceroboters nach dem Start nicht korrekt ausgeführt werden können, muss er unverzüglich einen Sicherheitshalt ausführen;

- Printed copies are uncontrolled
- c) Manipulatoren, mobile Plattformen und anderweitige bewegliche Teile müssen durch sicherheitsbezogene Funktionen beim Einschalten deaktiviert werden (um unbeabsichtigte Aktionen zu verhindern). Anwendungsfunktionen dürfen nur aktiviert sein, wenn mit Hilfe von Sensoren eindeutig festgestellt werden kann, dass keine Gefährdungssituation vorliegt. Diese Maßnahme ist anzuwenden, wenn vorgesehen ist, dass der Roboter unmittelbar nach dem Einschalten in den autonomen Betrieb übergeht;
 - d) der Serviceroboter muss immer im stationären Zustand starten und darf nur über eine Aktion der Bedienperson in den Normalbetrieb zurückkehren.

4.3.4 Benutzerinformation

Die im Zusammenhang mit den jeweils angewendeten Maßnahmen erforderlichen Anleitungen zum Einschalten und Neustarten des Roboters müssen in den Benutzerinformationen zum Roboter beschrieben sein.

4.3.5 Verifizierung und Validierung

Das/die geeignete(n) Verfahren muss aus Folgendem ausgewählt werden: B, D, F.

4.4 Elektrostatisches Potential

4.4.1 Allgemeines

Der Serviceroboter muss so gestaltet sein, dass Personen durch elektrostatisches Potential und elektrostatische Entladungen nicht zu Schaden kommen.

Der Schutz gegen elektrostatische Entladungen (ESD) muss in dem Maße ausreichend sein, dass für den Benutzer keine persönliche Schutzausrüstung erforderlich ist.

Bauen sich schädliche elektrostatische Potentiale auf, sind diese abzuleiten.

Der Serviceroboter muss so konstruiert sein, dass schädigende Funktionsstörungen aufgrund des elektrostatischen Entladungen vermieden werden.

ANMERKUNG IEC 61000-4-2 enthält eine zusätzliche Anleitung.

4.4.2 Inhärent sichere Konstruktion

Sofern zutreffend, sind folgende Maßnahmen anzuwenden:

- a) Verwendung leitender Werkstoffe;
- b) Entladen der äußereren Oberflächen durch Erdung;
- c) anderweitige Maßnahmen zur Verhinderung des Entstehens elektrostatischer Ladungen auf Oberflächen oder Teilen, die berührt werden können.

4.4.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen

Um Kontakt mit spannungsführenden Teilen zu vermeiden, müssen Gehäuse und Abdeckungen von elektrischer Ausrüstung der/den Anwendungsnorm(en) nach 4.2.1.1 (z. B. IEC 60204-1:2021, IEC 60335-1:2020, IEC 62368-1:2023, IEC 61010-1:2010) entsprechen.

4.4.4 Benutzerinformation

Zusammen mit der Benutzerinformation müssen die für elektrostatische Entladungen notwendigen zutreffenden Warnzeichen nach ISO 7010:2019 angegeben werden.

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

4.4.5 Verifizierung und Validierung

Das/die geeignete(n) Verfahren muss aus Folgendem ausgewählt werden: B, C, E.

ANMERKUNG IEC 61000-4-2 und ISO 7176-21 enthalten anzuwendende Prüfverfahren.

4.5 Gefährdungen durch die Form des Roboters

4.5.1 Allgemeines

Bei der Konstruktion der Gesamtform des Roboters und seiner äußereren Teile müssen vorgesehene Anwendungsfälle für die vom Serviceroboter auszuführenden Aufgaben berücksichtigt werden, um die Möglichkeit von Unfällen zu vermeiden, die zum Beispiel zu Quetschungen, Schnittwunden oder Abschneidungen führen könnten.

Das Alter von Personen (z. B. Kindern), die sich im Betriebsbereich des Roboters aufhalten werden, muss bei der Gestaltung des Roboters berücksichtigt werden.

Der Serviceroboter muss so gestaltet werden, dass Schutzausrüstung nicht während des Gebrauchs und der Handhabung getragen werden muss, außer wenn dies als Teil eines Werkzeugs oder einer Instandhaltungsaufgabe erforderlich ist.

Bei der Risikobeurteilung muss auch die Form der vom Serviceroboter getragenen Last berücksichtigt werden.

BEISPIEL Die Riemen eines Exoskeletts sollten so gestaltet werden, dass sie keine Verletzungen, z. B. Schnittwunden, Kratzer oder Abschürfungen, verursachen.

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

4.5.2 Inhärent sichere Konstruktion

Sofern zutreffend, sind folgende Maßnahmen anzuwenden:

- Zugängliche Bauteile und Teile des Serviceroboters müssen sicherstellen, dass der Fasenradius mindestens 0,3 mm (ein Radius oder eine Fase von mehr als 0,5 mm wird bevorzugt) nach ISO 63281-2-1 beträgt.
- Um ein Quetschen von Fingern zu verhindern, muss der Abstand zwischen zugänglichen beweglichen Teilen oder zwischen beweglichen und festen Teilen des Serviceroboters entweder weniger als 5 mm oder mehr als 18 mm in jeder Position betragen oder ISO 13854:2017 und ISO 15534:2000 betragen.
- Die Robotergelenke (z. B. Manipulator-Gelenke) müssen so gestaltet werden, dass sie über ausreichende Abstände verfügen, um zu verhindern, dass menschliche Körperteile gequetscht werden, wenn die Gelenke wie durch den Hersteller beabsichtigt bewegt werden. Dies kann durch entsprechende Wahl der Geometrie des Roboters sowie durch inhärente Beschränkung der Gelenkgrenzen erfolgen.

4.5.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen

Sofern zutreffend, sind folgende Maßnahmen anzuwenden:

- Polsterung scharfer Kanten und Spitzen zur Beseitigung einer Gefährdung durch Abscheren, Stechen, Schneiden und zur Verhinderung einer Gefährdung durch Stoßeinwirkung;

ANMERKUNG ISO/TR 23482-1:2020 Anhang A, enthält quantitative Kriterien zu Gefährdungen durch den Kontakt zwischen Personen und Robotern (Bauteil).

- b) Anpassung der Geschwindigkeit und des Verhaltens des Roboters, wenn gefährliche Lasten (z. B. scharfe oder spitze Objekte) getragen werden.

4.5.4 Benutzerinformation

Warnhinweise und Anleitungen zur Minderung formbedingter Risiken müssen ISO 12100:2010, ISO 7010:2019 und/oder IEC 60417:2024 entsprechen.

Die Benutzerinformation muss Anleitungen hinsichtlich der Schutzausrüstung (z. B. Handschuhe) enthalten, die für Handhabung, Benutzung oder Bedienung usw. des Serviceroboters notwendig ist.

Wenn die Form der getragenen Last zu zusätzlichen Gefährdungen führen kann, müssen entsprechende Anleitungen zum Umgang mit diesen Risiken gegeben werden.

Informationen zur Begrenzung der getragenen Last zu Objekten, die nicht scharf oder spitz sind, müssen bereitgestellt werden.

4.5.5 Verifizierung und Validierung

Das/die geeignete(n) Verfahren muss aus Folgendem ausgewählt werden: A, C, G, H.

4.6 Gefährdungen durch Bauteile des Antriebsstrangs

4.6.1 Allgemeines

Serviceroboter müssen so gestaltet werden, dass Risiken von Gefährdungen durch die Exposition gegenüber Bauteilen des Antriebsstrangs wie etwa Motorwellen, Getriebe, Treibriemen, Räder und Ketten akzeptabel sind.

ANMERKUNG Gefährdungen durch die Kollision von Manipulatoren und mobilen Plattformen mit Personen werden in 4.9.6 behandelt.

Serviceroboter müssen nach ISO 13857:2019 gestaltet werden, um das Erreichen von Gefährdungsbereichen durch Körperteile zu verhindern.

4.6.2 Inhärenz sichere Konstruktion

Sofern zutreffend, sind folgende Maßnahmen anzuwenden:

- der Serviceroboter sollte mit der Mindestanzahl an zugänglichen Antriebsstrang-Bauteilen gestaltet werden;
- Der Serviceroboter sollte mit beweglichen Teilen gestaltet werden, in denen Bauteile wie Motorwellen, Getriebe, Treibriemen, Räder und Ketten nicht freiliegen.

4.6.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen

Gefährdungen durch bewegliche Teile müssen entweder durch feststehende oder bewegliche trennende Schutzeinrichtungen nach ISO 14120 und die Risikobeurteilung verhindert werden, je nach vorhersehbarer Zugriffshäufigkeit.

Aus folgenden Verfahren muss das (sind die) jeweils zutreffende(n) Verfahren gewählt werden.

- Wo feststehende trennende Schutzeinrichtungen, die entfernt werden können, verwendet werden, z. B. zwecks Instandhaltung, müssen die folgenden Maßnahmen angewendet werden:
 - feststehende trennende Schutzeinrichtungen müssen so eingebaut sein, dass sie nur mit Werkzeugen geöffnet oder entfernt werden können;

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

- 2) das Befestigungssystem muss bei Entfernen der trennenden Schutzeinrichtung mit dieser selbst oder mit dem Serviceroboter verbunden bleiben, wenn sich dies in der Risikobeurteilung als notwendig erwiesen hat;
 - 3) sofern anwendbar, müssen die trennenden Schutzeinrichtungen so gestaltet sein, dass sie ohne ihre Befestigungen nicht an Ort und Stelle verbleiben können.
- b) Bei Verwendung beweglicher trennender Schutzeinrichtungen sind folgende Maßnahmen anzuwenden:
- 1) bewegliche trennende Schutzeinrichtungen müssen so gestaltet werden, dass sie an dem Serviceroboter angebracht bleiben;
 - 2) bewegliche trennende Schutzeinrichtungen müssen so mit den gefährdenden Bewegungen verriegelt sein, dass die gefährdenden Bewegungen zum Halt kommen; die Steuerung, die diese Funktion ausführt, muss in Übereinstimmung mit der Risikobeurteilung für den Serviceroboter Abschnitt 6 entsprechen; die trennende Schutzeinrichtung muss geschlossen und verriegelt bleiben, bis das Risiko durch die gefährdenden Maschinenfunktionen, die durch die Schutzeinrichtung abgedeckt sind, nicht mehr besteht, und zwar in Übereinstimmung mit ISO 14119:2013;
- c) Gehäuse müssen verwendet werden, um Schutz gegen gefährliche drehende Bauteile nach ISO 13857:2019 zu bieten.

4.6.4 Benutzerinformation

Wenn feststehende oder bewegliche trennende Schutzeinrichtungen in die Konstruktion des Serviceroboters integriert sind, müssen die Benutzerinformationen alle Anleitungen enthalten, die für deren ordnungsgemäßes Installieren, Einstellen und Entfernen erforderlich sind.

4.6.5 Verifizierung und Validierung

Das/die geeignete(n) Verfahren muss aus Folgendem ausgewählt werden: A, B, H.

4.7 Emissionen

4.7.1 Lärm

4.7.1.1 Allgemeines

Personen in der Nähe von Servicerobotern müssen vor gefährlichem Lärm (einschließlich Lärm im Ultraschallbereich), der direkt zu Unwohlsein, Stress, Gehörverlust, Verlust des Gleichgewichts oder des Bewusstseins des Benutzers oder ähnlichen Störungen durch den Betrieb des Roboters entstehen können, geschützt werden.

Der von dem Serviceroboter erzeugte Schallpegel muss ausreichend gering sein, damit keine spezielle Schutzausrüstung getragen werden muss.

Wenn ein Serviceroboter durch Lautsprecher kommuniziert, sollte die Bedienperson in der Lage sein, die Lautstärke des Lautsprechers einzustellen. Der Hersteller sollte geeignete Maßnahmen für die Beurteilung des Tons des Lautsprechers in Verbindung mit Lärm erwägen.

Der Serviceroboter muss den Geräuschemissionsnormen für seinen Verwendungszweck entsprechen (z. B. siehe ISO 1996, ISO 3740, ISO 11200, ISO/TS 15666, ISO 15667).

ANMERKUNG 1 Die Beurteilung des Umgebungslärms kann ISO 1996-1 und ISO 1996-2 entnommen werden.

ANMERKUNG 2 Lärmvalidierungsprüfungen können ISO/TR 23482-1:2020, 6.2, entnommen werden.

ANMERKUNG 3 ISO 1999 enthält Empfehlungen zu Lärmgrenzwerten.

4.7.1.2 Inhärent sichere Konstruktion

ISO/TR 11688-1 enthält allgemeine technische Informationen sowie eine Anleitung für die Konstruktion geräuscharmer Maschinen. Besondere Sorgflt ist bei der akustischen Konstruktion von Robotern anzuwenden. Sofern zutreffend, sind folgende Maßnahmen anzuwenden:

- a) geräuscharme Bauteile: der Serviceroboter muss aus Bauteilen konstruiert werden, die im Betrieb inhärent leise sind;
- b) geeignetes Betriebsverhalten: Aktionen und/oder Bewegungen des Roboters müssen so leise wie praktikabel in Anbetracht der Aufgaben des Serviceroboters gestaltet werden;
- c) schalldämpfende Materialien: der Serviceroboter muss mit Materialien konstruiert werden, die Lärm begrenzen und seine Emission in die auere Umgebung begrenzen.

ANMERKUNG ISO/TR 11688-2 enthält nützliche Informationen zu Geruschenentwicklungs-Mechanismen in Maschinen.

4.7.1.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen

Sofern zutreffend, sind folgende Maßnahmen anzuwenden:

- a) zusätzliche schalldämpfende Materialien, z. B. Schaumstoff, Schalldämpfer, Vorhänge, Beschichtungen;
- b) Nutzung aktiver Larmunterdrckungs- (Lärmschutz) Mechanismen.

4.7.1.4 Benutzerinformation

Benutzerinformationen müssen verwendete Schutzeinrichtungen und Schutzmaßnahmen für die Lärmminderung aufführen und geeignete Anweisungen für die Instandhaltung enthalten. Falls erforderlich, müssen Anweisungen für regelmige Prüfungen des emittierten Lärms bereitgestellt werden.

4.7.1.5 Verifizierung und Validierung

Aus folgenden Verfahren muss/müssen das/die jeweils zutreffende(n) Prüfverfahren gewählt werden: C, D.

ANMERKUNG Ein anzuwendendes Prüfverfahren kann ISO/TR 23482-1:2020, 6.2, entnommen werden.

Die aus zwei Ziffern bestehende Deklaration nach ISO 4871:1996 muss angewendet werden und die Messung, Deklaration und Verifizierung der Larmemissionswerte muss nach ISO 3746:2010 oder ISO 11202:2010, sofern zutreffend, erfolgen.

4.7.2 Substanzen und Flüssigkeiten

4.7.2.1 Allgemeines

Benutzer eines Serviceroboters müssen vor Emissionen giftiger oder schädlicher Materialien und vor Losmitteln auf der Oberfache des Roboterkorpers und auch innerhalb von dessen Körper, wenn das Losmittel hochflchtig ist, die zu Verbrennungen oder jeder Art von Reizungen führen können, geschützt werden (z. B. siehe ISO 14123-1).

Der Serviceroboter muss so gestaltet werden, dass keine gefährliche Substanzen und Flüssigkeiten emittiert werden. Der Roboter muss so gestaltet werden, dass Benutzer während des normalen Betriebs keine Schutz-ausrüstung tragen müssen.

Kein Material, das Allergien auslösen kann, sollte an einer Oberfache, die während der normalen Anwendung des Serviceroboters in Kontakt mit menschlicher Haut kommen kann, verwendet werden.

ANMERKUNG Nickel, Chrom und einige Arten von Gummi können allergische Reaktionen auslösen.

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

4.7.2.2 Inhärent sichere Konstruktion

Sofern zutreffend, müssen die folgenden Maßnahmen angewendet werden:

- a) Eliminierung und Vermeidung potentiell gefährlicher Substanzen und Flüssigkeiten, z. B. Kuhlflssigkeit und Staub durch Bremsenabrieb innerhalb des Serviceroboters;
- b) Ersetzen potentiell gefährlicher Substanzen und Flüssigkeiten, z. B. Öl, Kuhlflssigkeit und Bremsmaterialien, durch weniger schädliche oder ungefährliche Substanzen und Flüssigkeiten;
- c) Gestaltung des Serviceroboters im Hinblick auf innere Eindemmung, damit sie nicht in die äußere Umgebung auslaufen.

4.7.2.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen

Sofern zutreffend, sind folgende Maßnahmen anzuwenden:

- a) Maßnahmen zur Erkennung des Verlusts gefährlicher Substanzen und Flüssigkeiten (z. B. Öl), wenn gefährliche Substanzen oder Flüssigkeiten für den Betrieb benötigt werden;
- b) Absperrventile oder Sicherungen zur Abdichtung leckender Flssigkeitsleitungen;
- c) Maßnahmen zur Vermeidung der Berührung durch Personen im Fall einer Leckage (z. B. Abdeckungen).

4.7.2.4 Benutzerinformation

Benutzerinformationen müssen für alle gefährlichen Substanzen in dem Serviceroboter bereitgestellt werden. Falls erforderlich, müssen Anweisungen für Vorsichtsmaßnahmen während des Gebrauchs, der Handhabung, der Instandhaltung und der Demontage des Roboters bereitgestellt werden.

Falls allergene Materialien an freiliegenden Teilen des Roboters verwendet werden, müssen Informationen über die Materialien bereitgestellt werden.

4.7.2.5 Verifizierung und Validierung

Das/die geeignete(n) Verfahren muss aus Folgendem ausgewählt werden: E, G, H.

4.7.3 Extremtemperaturen

4.7.3.1 Allgemeines

Benutzer von Servicerobotern müssen vor Extremtemperaturen (entweder hohe oder niedrige Temperaturen) des Roboters oder seiner Bauteile, die Verbrennungen, Frostbeulen, Stress, Unwohlsein oder ähnliche Störungen jeder Art verursachen können, geschützt werden. Um diese Anforderung zu erfüllen, muss der Roboter ISO 13732-1:2006, Abschnitt 4, ISO 13732-3:2005, 6.2, oder anderen in 4.2.1.1 aufgeführten relevanten Normen entsprechen.

ANMERKUNG Oberflächentemperaturen zwischen 10 °C und 43 °C gelten üblicherweise nicht als extrem (ISO 13732-1:2006, ISO 13732-3:2005).

4.7.3.2 Inhärent sichere Konstruktion

Sofern zutreffend, müssen die folgenden Maßnahmen angewendet werden:

- a) Eliminierung oder Vermeidung extremer hoher/niedriger Temperaturquellen innerhalb des Serviceroboters;
- b) Auswahl von Materialien und ihren Texturen mit geeigneten Warmeitfahigkeiten.

4.7.3.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen

Sofern zutreffend, sind folgende Maßnahmen anzuwenden:

- a) Reduzierung (oder Erhöhung) der Oberflächentemperatur mit einem geeigneten Kühl- (oder Heiz-)System;
- b) Isolierung oder Anwendung von Schutzeinrichtungen (siehe ISO 13732-1:2006, Abschnitt 4 für hohe Temperaturen ISO 13732-3:2005, Abschnitt 5 für niedrige Temperaturen);
- c) wo erforderlich, müssen Temperaturen in dem Serviceroboter und insbesondere in der Nähe von Wärmequellen überwacht werden: der Roboter muss auf geeignete Weise reagieren (z. B. sich selbst in sicherer Weise abschalten), wenn Temperaturgrenzwerte überschritten werden.

ANMERKUNG ISO/TR 23842-1, Abschnitt 9, enthält Temperaturprüfverfahren.

4.7.3.4 Benutzerinformation

Benutzerinformationen müssen Warnungen und Kennzeichnungen an den heißen/kalten Teilen mit extremen Temperaturen nach ISO 3864-1:2011 enthalten. Falls erforderlich, müssen Anweisungen für Vorsichtsmaßnahmen während des Gebrauchs, der Handhabung, der Instandhaltung und der Demontage des Serviceroboters bereitgestellt werden.

4.7.3.5 Verifizierung und Validierung

Aus folgenden Verfahren muss/müssen das/die jeweils zutreffende(n) Prüfverfahren gewählt werden: C, D.

ANMERKUNG Ein anzuwendendes Prüfverfahren kann ISO/TR 23482-1:2020, 6.3, entnommen werden.

4.7.4 Strahlung

4.7.4.1 Allgemeines

Emissionen gefährlicher Strahlung einschließlich inkohärenter Breitbandstrahlung müssen verhindert werden. Lichtquellen außer Lasern müssen so gestaltet werden, dass sie Risikogruppe 2 nach IEC 62471:2006 nicht überschreiten.

ANMERKUNG 20 W/m^2 für Augen und 100 W/m^2 für die Hautfläche, jeweils 0,1 m oder mehr von der Quelle entfernt, sind im Fall von Funkwellen im Bereich von 30 GHz bis 100 GHz genormt.

Wenn der Roboter einen Laser verwendet, muss dieser IEC 60825-1:2014 entsprechen. Ein Laser der Klasse 3B oder 4 nach IEC 60825-1:2014, der in einen Serviceroboter integriert ist, darf für Menschen nicht sichtbar sein. Die geringste mögliche durch die Anwendung geforderte Laserklasse muss verwendet werden.

Benutzer von Servicerobotern und dritte Parteien müssen vor von dem Roboter oder seinen Bauteilen emittierter ionisierender Strahlung geschützt werden. Die Exposition gegenüber solcher Strahlung muss minimiert werden, um schädliche körperliche Verletzungen oder Beschwerden zu vermeiden.

Mechanismen, die ionisierende Strahlung erzeugen, sollten üblicherweise nicht in einem Serviceroboter verwendet werden. Wenn ein solcher Mechanismus für die Anwendung des Roboters wesentlich ist (d.h. wenn es keine Alternative zum Erreichen der Anwendungsziele gibt), müssen besondere Schutzanforderungen entwickelt werden. Besondere Schutzmaßnahmen müssen in Übereinstimmung mit den entsprechenden Normen (z. B. ISO 2919, ISO 3925 und ISO 14152) entwickelt werden.

4.7.4.2 Inharent sichere Konstruktion

Falls möglich, muss die Verwendung von Lasern auf die Klasse 1 nach IEC 60825-1:2014 begrenzt werden.

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

ANMERKUNG Nationale und regionale gesetzliche Vorschriften für die Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz (OSH) und der allgemeinen Öffentlichkeit, z. B. für Verbraucherprodukte, können zusätzliche oder andere Anforderungen enthalten.

4.7.4.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen

Sofern zutreffend, sind folgende Maßnahmen anzuwenden:

- a) Schutzbalden;
- b) verriegelte bewegliche trennende Schutzeinrichtungen;
- c) Richtungssteuerung von Laserstrahlen, z. B. Vermeiden von Richtungen, in denen sich wahrscheinlich Augen befinden, entsprechend den Anforderungen in 5.1;
- d) Steuerung der Laserleistung (z. B. Impulsdauer, Intensität) entsprechend 5.1;
- e) für Laser der Klasse 2 oder höher müssen die Schutzmaßnahmen nach IEC 60825-1:2014 erfüllt sein.

4.7.4.4 Benutzerinformation

Benutzerinformationen müssen Einzelheiten zu potentiell gefährlichen Emissionen enthalten, die wahrscheinlich von Personen und, sofern zutreffend, Objekten in der betrieblichen Umgebung des Serviceroboters angetroffen werden. Sofern zutreffend, müssen die Benutzerinformationen darauf hinweisen, nicht direkt in das Licht zu schauen und Informationen zu persönlicher Schutzausrüstung und anderen besonderen Verhaltensweisen enthalten. Sofern zutreffend, müssen Kennzeichnungen an dem Roboter angebracht und ihre Bedeutung muss in den Benutzerinformationen beschrieben werden.

4.7.4.5 Verifizierung und Validierung

Das/die geeignete(n) Verfahren muss aus Folgendem ausgewählt werden: C, D, G.

4.8 Elektromagnetische Störungen

4.8.1 Allgemeines

Für alle vernünftigerweise vorhersehbaren elektromagnetischen Störungen müssen gefährdende Roboterbewegungen und unsichere Systemzustände verhindert werden.

Der Serviceroboter muss den für seine ausgewiesene Nutzungsumgebung relevanten EMV-Normen entsprechen, z. B.

- IEC 61000-6-1 für die elektromagnetische Störfestigkeit in Wohn-, Gewerbe- und Kleinindustrieumgebungen;
- IEC 61000-6-2 für die Störfestigkeit in Industrieumgebungen;
- IEC 61000-6-3 für Emissionen in Wohnumgebungen;
- IEC 61000-6-4 für Emissionen in Industrieumgebungen.

ANMERKUNG IEC 61000-1-2 enthält eine Methodik zum Erreichen der funktionalen Sicherheit von elektrischen und elektronischen Systemen einschließlich Einrichtungen im Hinblick auf elektromagnetische Phänomene.

4.8.2 Inhärent sichere Konstruktion

Die Funktionen des in 6.1 beschriebenen Steuerungssystems müssen die Anforderungen an die elektromagnetische Störfestigkeit nach IEC 61326-3-1:2017 erfüllen.

Weitere Funktionen des Serviceroboters sollten IEC 61000-6-1 oder IEC 61000-6-2, je nach beabsichtigter Betriebsumgebung, unterstützen.

4.8.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen

Das Risiko muss durch elektromagnetische Abschirmung gegen einfallende Strahlung auf ein akzeptables Maß reduziert werden.

4.8.4 Benutzerinformation

Benutzerinformationen müssen notwendige Informationen zu der Eigenschaft strahlender elektromagnetischer Wellen sowie der Eigenschaft elektromagnetischer Wellen, die potentiell Störungen verursachen können, enthalten.

4.8.5 Verifizierung und Validierung

Aus folgenden Verfahren muss/müssen das/die jeweils zutreffende(n) Prüfverfahren gewählt werden: B, C, D.

ANMERKUNG Ein anzuwendendes Prüfverfahren kann ISO/TR 23482-1:2020, 14.3, entnommen werden.

4.9 Stress, Körperhaltung und Benutzung

4.9.1 Allgemeines

Gefährdungen können aus physischen und psychischen Aspekten der Verwendung des Serviceroboters entstehen. Neben der in 4.9.2 und 4.9.3 beschriebenen Reduzierung der einzelnen Auswirkungen müssen die kombinierten Auswirkungen ebenfalls in der Risikobeurteilung berücksichtigt werden.

4.9.2 Stress und Körperhaltung

4.9.2.1 Allgemeines

Die Risikobeurteilung muss Gefährdungen aufgrund von körperlichem Stress und Körperhaltung berücksichtigen, und die Gestaltung des Serviceroboters muss sicherstellen, dass solche Risiken minimiert werden. Dies kann unter anderem durch die folgenden Anforderungen erreicht werden:

- Ein Serviceroboter muss so gestaltet werden, dass körperlicher Stress oder Beanspruchung des Benutzers durch den dauerhaften Gebrauch minimiert oder reduziert werden, einschließlich unter anderem unbediente Körperhaltung, betriebliche Umgebungen, die direkt zu körperlichem Unwohlsein führen würden, z. B. Druckgeschwüre und/oder Blasen, Ermüdung und Sehnenentzündung.
- Die Gestaltung des Serviceroboters muss übliche Körpergrößen der vorgesehenen Benutzerpopulation berücksichtigen, um anstrengende Körperhaltungen zu vermeiden und eine einfache Bedienung sicherzustellen. ISO 14738 und ISO 6385 beschreiben, wie die Grundsätze ergonomischer Faktoren, wie etwa durch die Konstruktion von Arbeitsplätzen und Maschinen, angewendet werden können. Dies sollte bei dem Bau eines Serviceroboters berücksichtigt werden, wenn eine Person auf dem Roboter sitzt oder davor steht.

4.9.2.2 Inhärent sichere Konstruktion

Dies kann unter anderem die folgenden Maßnahmen beinhalten:

- Gestaltung und Positionierung von Handsteuergeräten, sodass diese ohne körperliche Anstrengung oder Unwohlsein bedient werden können;
- angemessene ergonomische Gestaltung und Positionierung des Sitzes, sodass eine gute Körperhaltung während der Bedienung des Serviceroboters aufrechterhalten werden kann;

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

- c) Befehlsgeräte, die abnehmbar oder handgehalten und nicht dauerhaft in eine ungeeigneten Position an dem Serviceroboter angebracht sind.

4.9.2.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen

Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen dürfen unter anderem die folgenden Maßnahmen beinhalten:

- a) Nutzung stoßdämpfender (Aufhängungs-) Mechanismen;
- b) Nutzung von Stützen für die Körperhaltung.

4.9.2.4 Benutzerinformation

Die Benutzerinformationen müssen Anweisungen zur korrekten Bedienung der Handsteuergeräte und der Nutzung des Serviceroboters enthalten. Die Benutzerinformationen müssen auf das Erfordernis einer angemessenen Schulung hinweisen, sofern zutreffend.

4.9.2.5 Verifizierung und Validierung

Aus folgenden Verfahren muss/müssen das/die jeweils zutreffende(n) Prüfverfahren gewählt werden: A, C, D, H.

ANMERKUNG Ein anzuwendendes Prüfverfahren kann ISO/TR 23482-1:2020, Abschnitt 8, entnommen werden.

4.9.3 Psychische Belastung

4.9.3.1 Allgemeines

Die Risikobeurteilung muss Gefährdungen aufgrund von psychischer Belastung und Nutzung berücksichtigen, und die Gestaltung des Serviceroboters muss sicherstellen, dass solche Risiken minimiert werden. Dies kann unter anderem durch die folgenden Anforderungen erreicht werden:

- a) ein Serviceroboter muss so gestaltet werden, dass er psychische Belastung für seine Benutzer und dritte Parteien durch den dauerhaften Gebrauch minimiert oder reduziert (siehe ISO 10075-2:1996, 4.2);
- b) Benutzerschnittstellen wie etwa Steuerungen, Signal- oder Datenanzeigeelemente, müssen so gestaltet werden, dass sie leicht verständlich sind, damit eine klare und eindeutige Interaktion zwischen dem Benutzer/der dritten Partei und dem Serviceroboter möglich ist (siehe ISO 6385:2016, 3.6.5);
- c) tastbare und haptische Schnittstellen müssen so gestaltet werden, dass sie keine gefährlichen Kräfte aktivieren (siehe ISO 9241-920:2009, 5.3).

ANMERKUNG Weitere Anleitungen können anderen zugehörigen Normen für die menschenorientierte ergonomische Gestaltung entnommen werden, wie etwa ISO 9241-100, ISO 9241-210 usw.

4.9.3.2 Inhärent sichere Konstruktion

Die inhärent sichere Konstruktion kann unter anderem die folgenden Maßnahmen beinhalten:

- a) Bereitstellen ausreichender Beleuchtung;
- b) Gestaltung des Roboters, die keine dauerhafte Aufmerksamkeit erfordert, um kritische Signale zu erkennen, soweit wie vernünftigerweise praktikabel oder über längere Zeiträume;
- c) geeignete Gestaltung der Anzeige;
- d) Reduzierung der Signalunsicherheit und Verbesserung der Erkennbarkeit.

4.9.3.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen

Es gibt keine empfohlenen Maßnahmen für den Schutz im Hinblick auf diese Gefährdung.

4.9.3.4 Benutzerinformation

Die Benutzerinformationen müssen Anweisungen zur korrekten Bedienung der Handsteuergeräte und der Nutzung des Serviceroboters enthalten. Die Benutzerinformationen müssen auf das Erfordernis einer angemessenen Schulung hinweisen, sofern zutreffend.

4.9.3.5 Verifizierung und Validierung

Das/die geeignete(n) Verfahren muss aus Folgendem ausgewählt werden: A, C, D, H.

4.10 Roboterbewegung

4.10.1 Allgemeines

Das Risiko von Gefährdungen aufgrund von Bewegungen (beabsichtigt oder unbeabsichtigt) des Serviceroboters muss auf ein akzeptables Maß reduziert werden. Roboterbauteile müssen so gestaltet, gesichert oder gekapselt sein, dass Risiken, die durch Bruch oder Lösen verursacht werden, auf ein akzeptables Maß begrenzt werden.

Exponierte Personen müssen vor gefahrbringender Bewegung des Serviceroboters, z. B. Umkippen, unkontrollierte Bewegungen und Stürze während des normalen Gebrauchs und Betriebs des Roboters, Kurven, Neigungen und ähnlichen Betriebsbedingungen in seiner Arbeitsumgebung, geschützt werden.

4.10.2 Mechanische Stabilität

4.10.2.1 Allgemeines

Serviceroboter müssen so gestaltet werden, dass sie über eine ausreichende Stabilität für jeden bestimmungsgemäßen Gebrauch während der Lebensdauer des Roboters einschließlich des Transports, der Installation, der normalen Nutzung, der Instandsetzung/Instandhaltung, der Außerbetriebnahme und der Demontage verfügen. Besonders berücksichtigt werden muss:

- Instabilität bei Ausfällen;
- statische und dynamische Kräfte durch bewegliche Teile und Lasten.

Die Risikobeurteilung muss außerdem vernünftigerweise vorhersehbare Fehlanwendung wie etwa Klettern auf dem Roboter oder unbeabsichtigtes Anlehnen an den Roboter berücksichtigen.

Der Serviceroboter muss den Normen bezüglich der mechanischen Stabilität für seinen Verwendungszweck entsprechen.

Der Serviceroboter muss so gestaltet werden, dass keine außergewöhnlichen Handlungen oder Verfahren des Benutzers erforderlich sind, um seine mechanische Stabilität aufrechtzuerhalten.

Spezifische Anforderungen an die Stabilität tragbarer Roboter in besonderen Situationen sind in 5.7.1 festgelegt.

ANMERKUNG Wenn die Gestaltung des Roboters nicht inhärent stabil ist (z. B. selbstbalancierende Ausführung), sollten entsprechende Handhabungsbedingungen entsprechend den statischen Eigenschaften des Roboters im ausgeschalteten Zustand gegeben sein.

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

Der Serviceroboter muss so gestaltet werden, dass mechanische Instabilität (z. B. Umkippen, Fallen oder übermäßige Neigung bei Bewegung) aufgrund eines Ausfalls oder einer vernünftigerweise vorhersehbaren Fehlanwendung vermieden werden.

Die mechanische Stabilität darf in keiner Phase der Lebensdauer des Roboters (einschließlich der Handhabung, des Transports, der Installation, der Nutzung, der Außerbetriebnahme und der Demontage) beeinträchtigt werden.

Die Stabilität muss gegen statische und dynamische Kräfte beweglicher Teile und Lasten des Roboters innerhalb der durch den Hersteller als Grenzen festgelegten Nutzungsbedingungen aufrechterhalten werden.

Ein Serviceroboter muss vor potentieller Instabilität durch vernünftigerweise vorhersehbare externe Kräfte (z. B. Klettern auf den oder Besteigen des Roboters, unbeabsichtigtes Anlehnen durch Personen an den Roboter) von Personen um den Roboter geschützt werden.

4.10.2.2 Inhärent sichere Konstruktion

Sofern zutreffend, sind folgende Maßnahmen anzuwenden:

- a) Gestaltung des Bodenaflagerbereichs so groß wie vernünftigerweise praktikabel;
- b) Gestaltung des Masseschwerpunkts des Serviceroboters so niedrig wie vernünftigerweise praktikabel;
- c) Gestaltung der Massen und Trägheit beweglicher Teile und insbesondere des Manipulators so gering wie vernünftigerweise praktikabel.

4.10.2.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen

Sofern zutreffend, sind folgende Maßnahmen anzuwenden:

- a) Nutzung der Stabilitätsregelung wie etwa Neigung in einem geeigneten Winkel, um externer Kraft entgegenzuwirken;
- b) Mittel zur Erkennung einsetzender Instabilität und Ergreifung (oder Unterlassung) einer Handlung zur Schadensreduzierung;
- c) Mittel zur Begrenzung der Geschwindigkeit oder Reichweite des Manipulators;
- d) Mittel zum Verhindern von Überlast.

BEISPIEL Neigungssensoren, Geschirre, Überrollbügel, Feedbacksteuerung, Überwachung und Steuerung des Nullmomentpunkts.

Alle Steuerungssysteme, die die obigen Funktionen erfüllen, müssen mit 6.1 entsprechend der Risikobeurteilung des Roboters übereinstimmen.

4.10.2.4 Benutzerinformation

Die Benutzerinformationen müssen Grenzwerte für die Nutzung des Serviceroboters hinsichtlich der Neigung der Fahroberfläche, Geschwindigkeit, Nutzlast usw. beinhalten.

Sofern zutreffend, muss eine Warnung in der Betriebsanleitung oder an dem Roboter selbst gegeben werden, dass Personen sich nicht an den Roboter anlehnen dürfen.

4.10.2.5 Verifizierung und Validierung

Der Roboter muss anhand geeigneter Verifizierungs- und Validierungsverfahren in der ungünstigsten Position basierend auf der Konstruktion des Roboters geprüft werden. Alle beweglichen und verstellbaren Roboterteile

Printed copies are uncontrolled und die maximale Bemessungslast des Roboters müssen in jeder Kombination angeordnet werden, die zu der geringsten Stabilität führt.

ANMERKUNG Anzuwendende Prüfverfahren können ISO/TR 23482-1 entnommen werden.

4.10.3 Instabilität während der Fahrt

4.10.3.1 Allgemeines

Ein fahrfähiger Serviceroboter muss so gestaltet werden, dass er kein gefährliches Umkippen, unkontrollierte Bewegungen oder Fallenlassen seiner Körperteile oder der getragenen Last während der Fahrt verursacht. Dies muss für alle beabsichtigten Fahrtmuster (z. B. Vorwärts-/Rückwärtsfahrt, Drehungen, Wenden/Kehrtwenden, Beschleunigungen und Abbremsen) in seiner festgelegten Betriebsumgebung erreicht werden, die in Abhängigkeit von seiner spezifischen Anwendungsart und Gestaltung bestimmt wird.

Der Roboter muss so gestaltet werden, dass er in der Lage ist, auf Gefälle und über Schwellen in der beabsichtigten Nutzungsumgebung nach Angabe des Herstellers zu fahren.

An einen externen Versorgungsanschluss gebundene Roboter müssen so gestaltet werden, dass Gefährdungen der Stabilität des Roboters durch Treten auf eine Versorgungsleitung oder die Trennung derselben berücksichtigt werden. Bei der Versorgungsleitung kann es sich um eine Leitung für die Zuführung von Lack, Druckluft, Strom, Wasser usw. handeln.

Für Serviceroboter, deren Stabilität je nach Konfigurationen und Lasten variiert, müssen die maximalen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen für jede beabsichtigte Position wie folgt bestimmt werden:

- a) Der Roboter darf nicht umkippen, wenn er eine Kehrtwendung in einem Gefälle in seinem kleinsten möglichen Radius mit einer Person in normaler Fahrhaltung und/oder einem Manipulator, der die maximale Last hält, sowie unter Annahme der ungünstigsten Haltung, sofern zutreffend, ausführt.
- b) Der Roboter darf nicht umkippen, wenn der Manipulator mit der maximalen beabsichtigten Bewegungssreichweite betrieben wird, während der Manipulator die ungünstigste Last in dem durch den Hersteller festgelegten Umfang greift und die Fahrt in dem Prüfgefälle angehalten wird.

Auch unter den oben beschriebenen Bedingungen muss der Roboter so gestaltet werden, dass er seine Haltung wiederherstellt und nicht umkippt; diese Anforderung gilt auch für Instabilität, die innerhalb des in den Spezifikationen des Roboters beschriebenen Anwendungsbereichs auftritt.

Bei autonom fahrenden Servicerobotern sollte das Steuerungssystem so gestaltet werden, dass es soweit wie vernünftigerweise praktikabel die Fahrstabilität unter vorhersehbaren Bedingungen sicherstellt. Darüber hinaus müssen Faktoren wie Betriebsumgebung, Ausfälle und Fahrmuster berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Tabelle 4.1 führt Beispiele für Betriebsumgebungen und Fahrmuster auf, die zu Instabilität führen, während der Roboter fährt, und die durch solche Faktoren verursachten Instabilitätsereignisse. Die Wahrscheinlichkeit des Eintretens erhöht sich insbesondere, wenn zwei oder mehr dieser Faktoren kombiniert werden. Aus diesem Grund können auch Bedingungen, die diese Faktoren kombinieren, bei der Gestaltung angemessen berücksichtigt werden.

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
prEN ISO 13482:2024 (D)**
Tabelle 4.1 — Beispiele für Instabilitätsereignisse und ihre Faktoren während der Fahrt von Robotern

Kategorie	Beispiele für Faktoren	Beispiele für durch die Faktoren verursachte Instabilitätsereignisse
Betriebs-umgebung	Gefälle	<ul style="list-style-type: none"> — Der Roboter fährt bei Aufwärtsfahrten rückwärts oder bewegt sich im angehaltenen Zustand abwärts. — Der Roboter wird während der Abwärtsfahrt unkontrollierbar und seine Haltung kann nicht wiederhergestellt werden.
	Bodenwellen	<ul style="list-style-type: none"> — Der Roboter stolpert über eine Bodenwelle und seine Haltung kann nicht wiederhergestellt werden
	Öffnungen oder Rillen in Fahrflächen	<ul style="list-style-type: none"> — Fallenlassen
	Kontinuierliche Unregelmäßigkeiten auf Fahrflächen	<ul style="list-style-type: none"> — Die Haltung des Roboters kann nicht wiederhergestellt werden
	Nasse Bodenflächen	<ul style="list-style-type: none"> — Ausrutschen, Drehen oder Nachlaufen — Die Haltung des Roboters kann nicht wiederhergestellt werden
	Fremdkörper bleiben in den Rädern stecken	<ul style="list-style-type: none"> — Das Rad wird blockiert und die Haltung des MSR kann nicht wiederhergestellt werden
	Treppen oder große Öffnungen	<ul style="list-style-type: none"> — Hinfallen
Ausfälle	Fehlerhafte Antriebsradmotoren	<ul style="list-style-type: none"> — Das Rad wird blockiert und die Haltung des MSR kann nicht wiederhergestellt werden
Fahrtmuster	Plötzliche Beschleunigung oder plötzliches Abbremsen (plötzlicher Halt)	<ul style="list-style-type: none"> — Die Haltung des Roboters kann nicht wiederhergestellt werden
	Scharfes Abbiegen oder Kehrtwenden	<ul style="list-style-type: none"> — Ausrutschen, Drehen, Überfahren, Umkippen

4.10.3.2 Inhärent sichere Konstruktion

Sofern zutreffend, sind folgende Maßnahmen anzuwenden:

- Gestaltung der Masseverteilung innerhalb des Serviceroboters, um sicherzustellen, dass der Roboter nicht fallen, umkippen oder umdrehen kann, auch bei Fahrt mit maximaler Beschleunigung/Abbremsung oder Drehen mit maximaler Geschwindigkeit bei dem identifizierten ungünstigsten Fahrflächen-Gradienten innerhalb der für den Roboter festgelegten vorgesehenen Umgebung oder wenn die Last oder ein ausgefahrener Manipulator in der kritischsten Position platziert wird;
- die Gestaltung der Fahrwegs-Stellantriebe (z. B. Räder, Beine/Füße) muss sicherstellen, dass eine ausreichende Bodenhaftung auf allen Geländearten und auch auf rutschigen Oberflächen usw. aufrechterhalten wird, wie in der Spezifikation der vorgesehenen Umgebungsbedingungen für den Serviceroboter definiert;
- Gestaltung der Stabilität des Serviceroboters, um sicherzustellen, dass er nicht fällt, umkippt oder umdreht, wenn er sich auf unebenen Gelände bewegt, bis zu den innerhalb der für den Roboter festgelegten vorgesehenen Umgebungsbedingungen definierten Grenzwerte für den ungünstigsten Fall.

4.10.3.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen

Sofern zutreffend, sind folgende Maßnahmen anzuwenden:

- a) der Serviceroboter muss in der Lage sein, einen Fahrweg für die Ausführung seiner vorgesehenen Aufgabe auf der Grundlage von Umgebungssensoren-Technologie zu planen;
- b) Fahrflächendetektion, einschließlich Mittel zum Schutz des Roboters gegen Fallen aufgrund von Höhenunterschieden (z. B. Treppen, Löcher) oder Umkippen muss für die vorgesehenen Betriebsumgebungen bereitgestellt werden (siehe 6.6);
- c) Einschränkung der Dynamik (z. B. Geschwindigkeit, Beschleunigung und Masseschwerpunkt) des Serviceroboters innerhalb der Grenzwerte, um sicherzustellen, dass der Roboter nicht umkippen wird, selbst wenn er versucht, eine Drehung auf dem identifizierten ungünstigsten Fahrflächen-Gradienten innerhalb der für den Roboter festgelegten vorgesehenen Umgebung auszuführen;
- d) Einschränkung des Arbeitsbereichs eines Manipulators, um zu verhindern, dass der Masseschwerpunkt des Roboters einschließlich der maximalen Last den Stabilitätsbereich unter allen erwarteten Fahrbedingungen überschreitet.

Alle Steuerungssysteme, die die obigen Funktionen erfüllen, müssen mit (6.1) entsprechend der Risikobeurteilung des Serviceroboters übereinstimmen.

4.10.3.4 Benutzerinformation

Die Benutzerinformationen müssen die Bedingungen der Umgebung angeben, unter denen der Serviceroboter betrieben werden kann. Für Umgebungsbedingungen, die zu Gefährdungssituationen führen können, aber wahrscheinlich in Situationen, in denen der Roboter seine Aufgaben ausführt, angetroffen werden, müssen die Benutzerinformationen Warnungen enthalten.

Benutzerinformationen für die Verwendung von Warnsignalen, wie etwa akustisch, optisch, Vibrationen oder Kombinationen von Signalen, müssen bereitgestellt werden.

Falls erforderlich, muss eine geeignete Schulung vorgenommen werden, um abnormale oder abrupte Situationen, z. B. plötzliches Abbiegen, Beschleunigungen/Abbremsen, zu vermeiden.

4.10.3.5 Verifizierung und Validierung

Die Fahrstabilitätsleistung muss unter verschiedenen sicherheitsbezogenen Oberflächenbedingungen entsprechend den Ergebnissen der Risikobeurteilung (Oberflächenbedingungen, z. B. Teppich, Metallfliesen, Kunststofflaminate und Rasen) bewertet werden.

Das/die geeignete(n) Verfahren muss aus folgendem ausgewählt werden: B, D, F.

ANMERKUNG Ein anzuwendendes Prüfverfahren kann ISO/TR 23482-1:2020, Abschnitt 13, entnommen werden.

4.10.4 Instabilität während des Tragens von Lasten

4.10.4.1 Allgemeines

Veränderungen der kinematischen Eigenschaften des Serviceroboters aufgrund von Last dürfen nicht zu irgendeiner Gefährdung führen.

Personen in der Nähe des Serviceroboters müssen vor fallenden Objekten geschützt werden, wenn der Roboter Aufgaben ausführt oder Lasten bis zur maximalen Last trägt. Dies muss unechte und bewegliche Lasten (z. B. aus Lagerbehältern schwappende Flüssigkeiten) beinhalten.

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

Bei der Risikobeurteilung müssen die Folgen fallengelassener Lasten und alle von dem Serviceroboter geforderten Handlungen im Anschluss an ein solches Ereignis berücksichtigt werden. Auch der Verlust eines Befestigungsmittels muss in der Risikobeurteilung berücksichtigt werden.

Für den Notbetrieb muss die maximale Bremsrate den dynamischen Nothalt-Kriterien einschließlich der Anforderungen an die Laststabilität und -rückbehaltung entsprechen.

4.10.4.2 Inhärent sichere Konstruktion

Sofern zutreffend, sind folgende Maßnahmen anzuwenden:

- a) die Halterungen, Abstellbereiche, Regale usw. an dem Serviceroboter, aber insbesondere Endeffektoren (z. B. Greifer oder Roboterhände) müssen so gestaltet sein, dass das Potential von Unfällen durch verlorene Lasten vermieden wird;
- b) Anwendung formschlüssiger Gestaltungen;
- c) Anwendung passiver Mittel zur Sicherung von Lasten (z. B. Schrauben, elastische Gurte, federbelastete Klemmen).

4.10.4.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen

Sofern zutreffend, sind folgende Maßnahmen anzuwenden:

- a) Lasten müssen durch Verschraubungs- oder Verriegelungsreinrichtungen verzurrt oder verriegelt oder durch eine Greifvorrichtung gehalten werden;
- b) die maximale Geschwindigkeit und Beschleunigung müssen den Anforderungen an die Laststabilität während des normalen Betriebs entsprechen;
- c) im normalen Betrieb einschließlich eines Sicherheitshalts oder Nothalts muss die Bremsrate den Anforderungen an die Laststabilität entsprechen;
- d) Erkennung des Gewichts und der Position der auf dem Roboter platzierten Last, z. B. in einer Frachtablage, um eine sichere Gewichtsverteilung bei allen erwarteten Fahrtmustern aufrechtzuerhalten.

Jedes Steuerungssystem, das die obigen Funktionen ausführt, muss 6.1 in Übereinstimmung mit der Risikobeurteilung des Serviceroboters entsprechen.

4.10.4.4 Benutzerinformation

Benutzerinformationen müssen Angaben zur maximalen Größe und/oder dem maximalen Gewicht und der Art der Lasten (sofern zutreffend) und ihrer Grenzwerte, die getragen werden können, enthalten. Wenn Lasten befestigt werden müssen, muss eine Anleitung bereitgestellt werden. Sofern zutreffend, müssen Lastgrenzwerte, die von bestimmten Konfigurationen des Manipulators abhängen, angegeben werden.

4.10.4.5 Verifizierung und Validierung

Die Leistung von Händen, Greifern und Anbauten muss durch eine Reihe extremer Bewegungen wie etwa Beschleunigung, Halt und Kehrtwenden des mobilen Serviceroboters und schnelle Bewegungen des Manipulators bestimmt werden. Alle Prüfungen müssen mit der maximalen Last und der maximalen Geschwindigkeit durchgeführt werden.

Das/die geeignete(n) Verfahren muss aus folgendem ausgewählt werden: B, D, F.

4.10.5 Instabilität bei Kollisionen

4.10.5.1 Allgemeines

Personen müssen vor gefahrbringenden Bewegungen in Verbindung mit Kollisionen geschützt werden. Eine Kollision zwischen einem Serviceroboter und einem gefährlichen Hindernis sollte nicht zu einer Instabilität des Roboters führen.

Die Gestaltung des Roboters darf nicht zu gefährlichem Umkippen, unkontrollierten Bewegungen oder einem Ablösen von Körperteilen des Roboters führen, wenn er Kollisionskräften ausgesetzt ist oder auf Personen oder gefährliche Hindernisse bis zu den für den vorgesehenen Betrieb festgelegten Grenzen reagiert.

4.10.5.2 Inhärent sichere Konstruktion

Sofern zutreffend, sind folgende Maßnahmen anzuwenden:

- Gestaltung der Masseverteilung und der Form des Roboters so, dass unbeabsichtigte Kollisionen innerhalb der maximalen erwarteten Grenzen nicht zum Umkippen führen;
- Verwendung weicher Materialien, um Kräfte, die zu gefährlicher Instabilität führen, zu absorbieren.

4.10.5.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen

Sofern zutreffend, sind folgende Maßnahmen anzuwenden:

- Gestaltung der Bremsleistung der mobilen Plattform des Serviceroboters, um unkontrollierte Bewegungen bei einer Kollision der maximalen erwarteten Kraft (siehe 6.2.3) zu verhindern;
- Gestaltung des Bewegungsverhaltens des Roboters zur Minimierung von Stoßkräften (siehe 6.8);
- Nutzung sicherheitsbezogener Geschwindigkeitsüberwachung (siehe 6.5) zur Minimierung von Instabilität und hohen Stoßkräften bei Kollisionen;
- Vermeiden von Lastverschiebung aufgrund einer Kollision.

4.10.5.4 Benutzerinformation

Die Benutzerinformationen müssen alle notwendigen Vorsichtsmaßnahmen angeben, die von dem Benutzer des Roboters getroffen werden müssen, z. B. wo und wie Lasten befestigt/positioniert sind und wie stark sie belastet werden können.

4.10.5.5 Verifizierung und Validierung

Das/die geeignete(n) Verfahren muss aus folgendem ausgewählt werden: B, D, F, G.

4.10.6 Kollisionen

4.10.6.1 Allgemeines

Serviceroboter müssen so gestaltet werden, dass inakzeptable Risiken aufgrund von Kollisionen mit Personen oder gefährlichen Objekten (siehe 3.9) vermieden werden. Eine Risikobeurteilung muss vorgenommen werden und Verfahren zur Handhabung von Kollisionen enthalten. Risiken in Verbindung mit Kollisionen können durch die folgenden Ansätze gemindert werden:

- Vermeiden eines Kollisionseignisses durch Anhalten und Ausführen einer Ausweichbewegung;
- Reduzierung der Kraftübertragung, Kraft oder des Drucks auf die Person.

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

Wenn einer oder mehrere Manipulatoren verwendet werden, während der Roboter fährt, muss die Risikobeurteilung die aus der kombinierten Bewegung resultierenden zusätzlichen Risiken berücksichtigen. Es muss insbesondere berücksichtigt werden,

- a) dass die kombinierte Geschwindigkeit der beweglichen Bauteile zu höheren Stoßkräften führt;
- b) dass im Fall eines Schutzhaltes das Bauteil des Roboters mit der längeren Stoppzeit und dem längerem Bremsweg darüber entscheidet, wann alle Bauteile zum Stillstand kommen;
- c) dass sich Bremswege addieren können, was größere Erkennungsabstände für Personendetektionssensoren erfordern kann;
- d) dass die Reaktionskräfte eines stoppenden Manipulators zu einer Veränderung der Ausrichtung der mobilen Plattform führen können;
- e) dass eine sicherheitsbezogene Kraftüberwachung eines Manipulators als Schutzeinrichtung ausfallen kann, wenn die mobile Plattform den Manipulator nach dem Halt vorwärts bewegt;
- f) dass die Stabilität des Roboters von der Masse eines ausgefahrenen Manipulators und der Masse der von dem Manipulator gehandhabten Nutzlast sowie Reaktionskräften aufgrund der beweglichen Masse beeinflusst wird.

Wenn ein Manipulator Lasten während der Fahrt handhabt, muss die Last unter allen Fahrtbedingungen stabil bleiben. Ein unerwarteter Halt des Roboters darf nicht zu herunterfallenden Lasten führen.

ANMERKUNG ANSI-RIA R15.08-1-2020 „Industrial mobile robots“ enthält ausführlichere Beispiele für die Beeinflussung der Last während der Fahrt.

Wenn der MSR dafür vorgesehen ist, Manipulator-Arbeiten während der Fahrt durchzuführen, muss er zusätzlich zu den spezifischen Anforderungen dieses Abschnitts die in den Ergebnissen der Risikobeurteilung des Herstellers identifizierten zusätzlichen Sicherheitsanforderungen erfüllen.

4.10.6.2 Inhärent sichere Konstruktion

Die inhärent sichere Konstruktion kann unter anderem die folgenden Maßnahmen beinhalten:

- a) physische Beschränkungen der Geschwindigkeiten aller Teile des Serviceroboters auf einen inhärent sicheren Höchstwert (nach 6.1);
- b) bewegliche Teile sollten so gestaltet sein, dass eine inakzeptable Stoßenergie, Kraft oder ein inakzeptabler Druck vermieden wird;
- c) Reduzierung der Stoßkräfte und -drücke auf ein Maß, das keinen Schaden verursacht (z. B. durch Verwendung entsprechender Materialien, Strukturen, Geometrie).

4.10.6.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen

Um die Wahrscheinlichkeit möglicher Kollisionen zu reduzieren, sollte(n) eine oder mehrere der folgenden Maßnahmen angewendet werden:

- a) Berechnung eines Mindestabstands zwischen dem Serviceroboter und einem gefährlichen Hindernis und Anhalten des Roboters oder Reduzierung der Geschwindigkeit, sodass ein inakzeptables Risiko vermieden wird, wenn der Abstand nicht eingehalten wird: dies kann durch die Positions- und Geschwindigkeitssteuerung (siehe 6.5) oder Funktionen, die das gefährliche Hindernis vermeiden wie etwa berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen (BWS) (siehe 6.6.2.1), erreicht werden;

ANMERKUNG 1 ISO 13855:2010 enthält den Ansatz der üblichen Annäherungsgeschwindigkeit von Personen im Kontext von Arbeitskräften. Die Robotergeschwindigkeit sollte auf eine Geschwindigkeit reduziert werden, die ein

inakzeptables Risiko vermeidet. Diese Geschwindigkeit ist nicht notwendigerweise null. Wenn die Kollisionsenergie hauptsächlich/ausschließlich aus der Person resultiert, kann die Risikominderung durch die Reduzierung vorstehender Geometrien einschließlich scharfer Kanten und Ecken erreicht werden.

ANMERKUNG 2 Anhang B enthält Beispiele für Betriebsräume für Serviceroboter.

ANMERKUNG 3 Anhang E enthält ein Beispiel für die Anwendung eines mobilen Serviceroboters mit Kollisionsvermeidungsfunktion. Die Geschwindigkeit des Roboters kann in dem geschützten Raum gesteuert werden, wenn die relative Geschwindigkeit von Personen erkannt wird und für die reduzierte Geschwindigkeitssteuerung genutzt wird.

- b) Ausführung eines Sicherheitshalts (siehe 6.2.2.3), wenn sich eine Person im Sicherheitshaltsraum des Roboters aufhält;
- c) Handführung oder -steuerung des Serviceroboters. In diesem Fall muss die Risikobeurteilung berücksichtigen, ob alle Kollisionen mit dem Roboter vermieden werden können.

ANMERKUNG 4 ISO 13855:2010 enthält den Ansatz der üblichen Annäherungsgeschwindigkeit von Personen im Kontext von Arbeitskräften. ISO 13855:2010 ist jedoch nicht für kleine Kinder und Säuglinge vorgesehen. Es ist wichtig, dass stärkerer oder striktere Anforderungen für die Erkennung berücksichtigt werden (z. B. niedriger Druck für die Betätigung des Stoßfängers, kleinere Auflösung der BWS, um kleinere Gliedmaßen von Kindern zu erkennen), sofern dies durch die Risikobeurteilung als notwendig erachtet wird.

Um Auswirkung möglicher Kollisionen zu reduzieren, sollte(n) eine oder mehrere der folgenden Maßnahmen angewendet werden:

- Anwendung der sicherheitsbezogenen Geschwindigkeitsüberwachung (siehe 6.5);
- Anwendung der sicherheitsbezogenen Kraftüberwachung (6.8);
- Nutzung der sicherheitsbezogenen kontaktbehafteten Detektion (6.6.2.2).

4.10.6.4 Benutzerinformation

Die Benutzerinformationen müssen das Kollisionsvermeidungsverhalten des Roboters beschreiben. Wenn ein gewisses Maß an manueller Steuerung für die Kollisionsvermeidung erforderlich ist, müssen die Benutzerinformationen die erforderliche Anleitung und die Grenzen der angewendeten Steuerungsmaßnahmen enthalten.

4.10.6.5 Verifizierung und Validierung

Das/die geeignete(n) Verfahren muss aus folgendem ausgewählt werden: C, D, E, F, G.

ANMERKUNG Anwendbare Prüfverfahren können ISO/TR 23482-1:2020, 7.1, 15.1 und 15.2, entnommen werden.

4.10.7 Physischer Kontakt während der Mensch-Roboter-Kooperation

4.10.7.1 Allgemeines

Wenn eine taktile Interaktion zwischen einer Person und einem Roboter während der Nutzung eines Serviceroboters vorgesehen ist, muss die Sicherheit für Personen während der taktilen Interaktion aufrechterhalten werden. Die folgenden Aspekte müssen berücksichtigt werden:

- a) Erkennung von Personen in dem maximalen Raum (3.15) des Roboters;
- b) während der vorgesehenen taktilen Interaktion muss die physische Reaktion (z. B. Kontaktkraft) des Roboters auf Personen so gering wie vernünftigerweise praktikabel gestaltet werden;

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

- c) der Serviceroboter muss soweit wie vernünftigerweise praktikabel so gestaltet werden, dass unbeabsichtigte taktile Interaktionen zwischen Personen und anderen, nicht für die Interaktion vorgesehenen Teilen des Roboters vermieden werden.

Um die psychische Belastung für Personen zu reduzieren, sollten Anwendungen mit physischem Kontakt soweit wie möglich so gestaltet werden, dass:

- der erste Kontakt von der Person initiiert wird;
- die Person über Mittel verfügt, um die physische Interaktion jederzeit zu stoppen;
- der Person Raum zu Verfügung steht, um sich von dem Roboter zu entfernen (Einfangen wird vermieden).

4.10.7.2 Inhärent sichere Konstruktion

Bei allen Anwendungsaufgaben, die eine vorgesehene physische Interaktion zwischen Mensch und Roboter beinhalten, umfassen die sicheren Gestaltungsmaßnahmen unter anderem folgendes:

- Teile des Roboters, die Kontakt zu Personen haben können, müssen sauber und glatt sein, um so wenig Reibung wie möglich anzuwenden;
- Vermeidung von Scherspannungen;
- Verwendung von Motoren mit begrenzter Antriebsenergie;
- Verwendung konformer Materialien und Strukturen, um die Einwirkung von Kräften und Druck auf Menschen zu begrenzen.

4.10.7.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen

Sofern zutreffend, sind folgende Maßnahmen anzuwenden:

- a) software-kontrollierte Grenzen für den Arbeitsbereich des Roboters (siehe 6.4);
- b) Geschwindigkeitsbegrenzung und sicherheitsbezogene Geschwindigkeitsüberwachung (siehe 6.5);
- c) Kraftbegrenzung und sicherheitsbezogene Kraftüberwachung (siehe 6.8).

4.10.7.4 Benutzerinformation

Benutzerinformationen müssen Angaben zu den vorgesehenen Aufgaben und Situationen für die Interaktion zwischen Menschen und Robotern einschließlich möglicher Beschränkungen im Hinblick auf Benutzergruppen, Umgebungsbedingungen usw. enthalten.

Es sollte eine Anleitung für Benutzer zum Betrieb des Serviceroboters bereitgestellt werden, um Verletzungen zu vermeiden, und Warnungen sollten für potentielle Verletzungen, die bei Nichtbeachtung der Anleitung erlitten werden können, vorgesehen werden.

4.10.7.5 Verifizierung und Validierung

Das/die geeignete(n) Verfahren muss aus folgendem ausgewählt werden: C, D, F, G.

ANMERKUNG Ein anzuwendendes Prüfverfahren kann ISO/TR 23482-1:2020, 7.2, entnommen werden.

4.11 Haltbarkeit

4.11.1 Allgemeines

Ein Serviceroboter muss so gestaltet und gebaut werden, dass keine Gefährdungen durch unzureichende Haltbarkeit der Teile entstehen.

Die Anforderungen an die Mindest-Haltbarkeit des Serviceroboters müssen durch seine Risikobeurteilung bestimmt werden. Folgendes muss berücksichtigt werden:

- mechanische Beanspruchungen;
- Materialien und deren Eigenschaften;
- Vibration und sonstige Emissionen;
- Umgebungsbedingungen, (z. B. Temperatur, Feuchte);
- maximale Betriebsbedingungen, abgeleitet aus dem Betrieb in extremen Situationen (wie unerwartetes Abbiegen, Beschleunigen, Bremsen und ungünstige Umgebungsbedingungen) einschließlich vorhersehbarer Fehlanwendungs-Szenarien und -situationen.

Für die Haltbarkeit von Schutzeinrichtungen siehe ISO 14120.

4.11.2 Inhärent sichere Konstruktion

Die inhärent sichere Konstruktion kann unter anderem die folgenden Maßnahmen beinhalten:

- a) mechanisches Versagen muss durch Einhaltung entsprechender Normen wie etwa ISO 13823 verhindert werden;
- b) Maßnahmen zur Überlastvermeidung müssen in die Gestaltung eines Serviceroboters einbezogen werden, einschließlich der in ISO 12100:2010 beschriebenen Maßnahmen (sofern verwendet, müssen die Mechanismen den entsprechenden festgelegten Normen entsprechen);
- c) geeignete Ermüdungsgrenzwerte müssen auf die Bauteile eines Serviceroboters, die variablen Beanspruchungen ausgesetzt sind, angewendet werden;
- d) geeignetes statisches und dynamisches Ausbalancieren drehender Bauteile;
- e) die Gestaltung elektrischer Geräte, insbesondere Kabelbäume und Steckverbinder, muss die erwartete Anzahl der Nutzungszyklen berücksichtigen;

4.11.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen

Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen dürfen unter anderem die folgenden Maßnahmen beinhalten:

- a) Kontrollfunktionen zur Überwachung/Regulierung der angewendeten Kräfte, wie in (6.8) erwähnt;
- b) Überwachung des Lebenszyklus des Serviceroboters und Benachrichtigung des Benutzers, wenn der Instandhaltungszeitpunkt oder das Ende der Lebensdauer erreicht wird.

4.11.4 Benutzerinformation

Benutzerinformationen müssen die notwendigen Instandhaltungsverfahren festlegen, um die Haltbarkeit des Serviceroboters sicherzustellen, wie etwa den regelmäßigen Austausch von Teilen.

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

Wenn der Austausch des elektrischen Anschlusskabelbaums erforderlich ist, um den Serviceroboter vor unerwünschtem elektrischem Rauschen durch den Kabelbaum zu schützen, muss die Nutzungsgrenze des elektrischen Anschlusskabelbaums in den Benutzerinformationen auf der Grundlage der Häufigkeit des Anschließens/Trennens des Kabelbaums dargestellt werden.

Wenn Strom direkt eingespeist wird (durch Stromkabel), muss die Nutzungsgrenze des Stromsteckers in den Benutzerinformationen auf der Grundlage der Häufigkeit des Anschließens/Trennens dargestellt werden.

4.11.5 Verifizierung und Validierung

Das/die geeignete(n) Verfahren muss aus folgendem ausgewählt werden: B, D, E, H.

ANMERKUNG Anwendbare Prüfverfahren können ISO/TR 23482-1:2020, 9.1, 9.2 und 10.1, entnommen werden.

4.12 Autonome Entscheidungen und Handlungen

4.12.1 Allgemeines

Ein Serviceroboter, der dafür ausgelegt ist, autonome Entscheidungen zu treffen und Handlungen auszuführen, muss so gestaltet sein, dass falsche Entscheidungen und falsche Handlungen nicht zu einem inakzeptablen Schadensrisiko führen.

BEISPIEL 1 Ein Serviceroboter, der das falsche Getränk greift und Kaffee anstatt Wasser in einer Tasse serviert, kann ein akzeptables Risiko sein, wohingegen das Servieren eines Getränks in einem kaputten Glas ein inakzeptables Risiko sein kann.

Das Risiko eines Schadens aufgrund falscher Entscheidungen kann gesenkt werden, indem entweder die Zuverlässigkeit der Entscheidung erhöht (z. B. durch bessere Sensoren) oder die Auswirkung der falschen Entscheidung begrenzt wird (z. B. durch Einengung der Nutzungsgrenzen).

Wenn der Hersteller der Bedienperson erlaubt, die Funktionalitäten des Roboters zu erweitern, z. B. durch das Einlernen neuer Positionen, Objekte, Aktivierungswörter, Handlungssequenzen usw., muss besonders auf das Risiko einer absichtlichen oder unbeabsichtigten Überschreitung der Nutzungsgrenzen geachtet werden.

4.12.2 Inhärent sichere Konstruktion

Inhärent sichere Konstruktionsmaßnahmen sind nicht anwendbar.

4.12.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen

Sofern zutreffend, müssen folgende Maßnahmen angewendet werden:

- Die Kapazität/Zuverlässigkeit von Sensoralgorithmen muss auf ein Maß erhöht werden, bei dem kein inakzeptables Risiko mehr auftritt.
- Identifizierungsalgorithmen müssen so gestaltet werden, dass die Wahrscheinlichkeit der Korrektheit einer bestimmten Entscheidung (z. B. die Wahrscheinlichkeit, ein bestimmtes Objekt korrekt erkannt zu haben) berechnet wird und überwacht werden kann. Entscheidungen mit einer hohen Unsicherheit des Ergebnisses müssen anhand alternativer Ansätze und/oder zusätzlicher Informationen identifiziert werden. Wenn die Unsicherheit nach der Neubewertung inakzeptabel bleibt, muss externe Unterstützung angefordert oder ein Sicherheitshalt eingeleitet werden.
- Validierungsprüfungen müssen bei Entscheidungen, die zu Gefährdungssituationen führen können, durchgeführt werden.

BEISPIEL Die korrekte Erkennung eines Objekts kann geprüft werden, indem der Ort, an dem das Objekt gefunden wird oder der Zeitpunkt und der Ort, zu dem/an dem das Objekt zuletzt gesehen wurde, berücksichtigt wird.

- d) Entscheidungen müssen durch verschiedene Sensorprinzipien verifiziert werden.
- e) Für Objekte, Fahrwege usw. werden eindeutige Bezeichner verwendet.

Alle Funktionen des Serviceroboters, die die Anforderungen a) bis d) implementieren, müssen den Anforderungen an die Leistung des Steuerungssystems nach (6.1) in Übereinstimmung mit der Risikobeurteilung des Roboters entsprechen.

Wenn der Hersteller der Bedienperson erlaubt, die Funktionalitäten des Roboters zu erweitern, müssen die folgenden Maßnahmen angewendet werden, sofern zutreffend:

- Bereitstellung von Mitteln zur Beschränkung des Zugangs zu solchen Funktionen, um eine unbeabsichtigte oder unbefugte Betätigung zu verhindern;
- Validierung des von der Bedienperson generierten Inhalts im Hinblick auf die sichere Ausführung sowie das Fehlerpotential, wie in den Punkten a) bis d) oben beschrieben.

4.12.4 Benutzerinformation

Die Nutzungsgrenzen müssen Situationen ausschließen, in denen Entscheidungen zu einem inakzeptablen Schadensrisiko führen, hierbei muss vorhersehbare Fehlanwendung berücksichtigt werden. Die Benutzerinformationen müssen über die Sensor- und Entscheidungsfähigkeit des Serviceroboters informieren und Anweisungen zur Vermeidung von Schäden durch falsche Handlungen und Entscheidungen enthalten.

Wenn der Hersteller der Bedienperson erlaubt, die Funktionalitäten des Roboters zu erweitern, müssen notwendige Vorsichtsmaßnahmen, um Risiken zu vermeiden und Fehlanwendungen des Roboters zu verhindern, beschrieben werden.

4.12.5 Verifizierung und Validierung

Das/die geeignete(n) Verfahren muss aus folgendem ausgewählt werden: B, C, D, F, G.

4.13 Erkennung von Robotern durch den Menschen

4.13.1 Allgemeines

Zeigt die Risikobeurteilung, dass eine fehlende Wahrnehmung des Roboters durch den Menschen eine Gefährdung darstellt, z. B. wenn ein leiser Betrieb die Wahrscheinlichkeit eines Zusammenstoßes mit Personen erhöhen kann, muss der Serviceroboter gut wahrnehmbare Geräusche erzeugen, um das Risiko zu mindern, ohne dabei anderweitige Einschränkungen hinsichtlich der Geräuschemission zu verletzen.

Werden Warn- oder Alarmsignale verwendet, muss mit Hilfe der Risikobeurteilung das Risiko von Gefährdungen durch leisen Betrieb gegen Gefährdungen durch hohe Geräuschpegel oder unerwarteten Lärm abgewogen werden.

ANMERKUNG 1 Warnsignale (z. B. akustisch, optisch) können den Benutzer oder Personen in der Nähe des Serviceroboters stören und dazu veranlassen, den Roboter zu manipulieren um das Signal abzustellen.

ANMERKUNG 2 Alternative Anzeigen können auch für Benutzer mit körperlichen Beeinträchtigungen erforderlich sein, z. B. Benutzer mit einer Seh- oder Hörschwäche.

4.13.2 Inhärent sichere Konstruktion

Sofern erforderlich, muss der Serviceroboter so ausgelegt sein, dass er durch sein Äußeres sehr leicht zu bemerken ist und deutliche Geräusche erzeugt, ohne dabei schädliche Pegel zu erreichen.

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

4.13.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen

Sofern zutreffend, sind folgende Maßnahmen anzuwenden:

- a) Ausstattung mit akustischen Signalgebern, um Benutzer vor potentiellen Gefährdungssituationen zu warnen. Diese müssen so gestaltet sein, dass übliche Geräuschpegel der Umgebung berücksichtigt werden (z. B. durch Maschinen in einer Fabrik oder Fahrzeuge auf öffentlichen Straßen);
- b) Ausstattung mit Warnleuchten oder sonstigen optischen Einrichtungen, um Benutzer und Dritte auf die Anwesenheit des Serviceroboters aufmerksam zu machen, z. B. Personen mit Seh- oder Gehörbeeinträchtigungen;
- c) der Serviceroboter muss anhalten, während sich eine Person in seinem Sicherheitshalbraum befindet, und seine Aufgaben weiter ausführen, wenn diese nicht mehr anwesend ist.

4.13.4 Benutzerinformation

Hat der Hersteller eine bestimmte Gefährdung identifiziert, die mit der fehlenden Wahrnehmung des Roboters zusammenhängt, muss die Benutzerinformation entsprechende Warnhinweise und Anleitungen enthalten.

4.13.5 Verifizierung und Validierung

Das/die geeignete(n) Verfahren muss aus folgendem ausgewählt werden: B, D, F, G.

4.14 Umgebungsbedingungen

4.14.1 Allgemeines

Serviceroboter müssen so ausgelegt sein, dass vorhersehbare Umgebungsbedingungen während des bestimzungsgemäßen Gebrauchs nicht zu Gefährdungen führen.

Wenn der Serviceroboter für den Betrieb in einer Umgebung mit Sand, Staub oder anderen Arten von Schmutz vorgesehen ist, muss er davor geschützt werden, Gefährdungen durch die Anwesenheit oder Ansammlung von Schmutz zu erzeugen. Besteht das Risiko einer Gefährdung durch eine Verunreinigung des Roboters mit Staub oder Sand (ermittelt in der Risikobeurteilung), müssen alle betroffenen Teile, Bauteile oder Teilsysteme des Roboters mit einem entsprechenden Schutzgrad für die vorgesehene Anwendung und Umgebung nach IEC 60529:2019 gestaltet sein.

Serviceroboter müssen so gestaltet sein, dass staubbezogene Brände aufgrund von Bauteilen mit hoher Temperatur (siehe 4.7.3) verhindert werden, wenn der Roboter für den Betrieb in einer solchen Umgebung vorgesehen ist. Die Roboter müssen so konstruiert sein, dass eine gefährliche elektrostatische Aufladung (siehe 4.4) und dadurch die Ansammlung von Staub auf elektrostatisch aufgeladenen Außenflächen verhindert werden.

Serviceroboter müssen so gestaltet sein, dass das Eindringen von Wasser und Feuchte kein Risiko erzeugt, wenn der Roboter für den Betrieb in einer solchen Umgebung vorgesehen ist. Wenn ein Risiko einer Gefährdung durch Wasser oder Feuchte im Roboter besteht (wie durch die Risikobeurteilung bestimmt), müssen alle Teile, Bauteile, Teilsysteme und inneren Gehäuse von Servicerobotern mit einem entsprechenden Schutzgrad für die vorgesehene Anwendung und Umgebung nach IEC 60529:2019 gestaltet werden. Serviceroboter, die im Haushalt oder ähnlichen Umgebungen betrieben werden, müssen so gestaltet sein, dass versehentlich über dem Roboter verschüttete Flüssigkeiten (z. B. ein Glas Wasser) nicht zu einem inakzeptablen Risiko führen.

Ist ein Serviceroboter für den Einsatz in kalten Außenumgebungen vorgesehen, muss er so konstruiert sein, dass er Schnee und Eis standhält. Bewegliche Teile und elektrische Bauteile müssen gegen ein Versagen aufgrund der Ansammlung von Eis geschützt sein. Bewegliche Teile müssen Wasser, Feuchtigkeit, Staub und Sand standhalten. Elektrische Bauteile müssen entweder gegen Wasser oder Feuchtigkeit abgedichtet oder in Gehäusen eingebaut sein, die diesen Schutz bieten. Einrichtungen zur Energieversorgung und Batterien müssen gegen Kurzschlüsse aufgrund des Eintauchens in Wasser und der Ansammlung von Feuchtigkeit geschützt sein.

Ist vorhersehbar, dass ein Serviceroboter in Küstenregionen, in sonstigen Regionen in der Nähe von Ozeanen, Meeren oder Salzgewässern oder an Bord von Schiffen eingesetzt werden kann, muss in der Risikobeurteilung die Wirkung von stark salzhaltiger Atmosphäre und Salzwassersprühnebel berücksichtigt werden. Ergibt die Risikobeurteilung, dass eine Salzkorrosion potentiell gefährlich ist, muss der Roboter mit einem ausreichenden Schutz versehen werden, um sicherzustellen, dass das Risiko ein hinnehmbares Maß nicht überschreitet.

4.14.2 Inhärenz sichere Konstruktion

Sofern zutreffend, sind folgende Maßnahmen anzuwenden:

- a) Abdichtung von Gelenken und sonstigen beweglichen Teilen;
- b) staubbeständige Werkstoffe für bewegliche Teile;
- c) Beschichtung oder Abdichtung elektrischer Bauteile;
- d) Wahl von Werkstoffen und Treffen von Maßnahmen für einen inhärenzen Schutz gegen Extremtemperaturen (siehe 4.7.3.2);
- e) wasser- oder feuchtebeständige Werkstoffe;
- f) salzwasserbeständige Werkstoffe oder Beschichtungen, z. B. Anstriche, Lacke oder organische Beschichtungen.

4.14.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen

Sofern zutreffend, sind folgende Maßnahmen anzuwenden:

- a) Mechanismen zur Verhinderung der Ansammlung von Staub (z. B. Zwangsbelüftungs- oder Waschmechanismen);
- b) Stauberkennungs- und Warnanzeigen, um den Benutzer zu den notwendigen Handlungen zu veranlassen;
- c) Luftfilter an den Gehäuseöffnungen;
- d) Beheizung zum Abtauen von Schnee bzw. Eis oder Verdunsten von Feuchtigkeit bzw. kleinen Wassertropfen, sodass der Serviceroboter getrocknet wird, ohne dass Folgegefährdungen entstehen;

ANMERKUNG 1 Das Abtauen von Schnee oder Eis kann bei falscher Konstruktion zu Gefährdungen durch Wasser/Feuchtigkeit führen.

- e) Beseitigung von Wasser/Feuchtigkeit von Oberflächen (z. B. mittels Wischern);
- f) externe Beseitigung von Schnee oder Eis von den Oberflächen (z. B. durch Waschen mit warmem Wasser);
- g) aktive Erkennung von Schnee/Eis/Kaltluftbedingungen und Ausführen eines Sicherheitshalts, bevor Schnee oder Eis sich in einem unzulässigen Maß ansammeln; der Roboter muss dem Benutzer auf geeignete Weise anzeigen, warum der Halt erfolgt ist;
- h) der Serviceroboter muss eine Schutzfunktion beinhalten, die sicherstellt, dass der Roboter zur Instandhaltung (welche typischerweise eine Sichtprüfung und entweder die Reinigung oder den Austausch von Teilen einschließt) in regelmäßigen Abständen anhält oder abgeschaltet wird; der Roboter muss dem Benutzer anzeigen, dass er sich zu diesem Zweck abschaltet; der Zeitraum zwischen den Abschaltungen muss der Zeit entsprechen, in der zum Beispiel durch Korrosion oder die Ansammlung von Sand, Staub oder Schnee unzulässige Risikoniveaus erreicht werden.

ANMERKUNG 2 ISO 4629-1 enthält Hinweise zur Beurteilung der Qualitätsverschlechterung von Anstrichen und Lacken.

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

4.14.4 Benutzerinformation

Sind zur Verhinderung von Risiken Handlungen des Benutzers notwendig, müssen alle erforderlichen Handlungen und die entsprechenden Materialien (z. B. Werkzeuge, Tücher, Flüssigkeiten) in der Benutzerinformation aufgeführt werden. Dazu kann Folgendes gehören:

- Sichtprüfung, z. B. im Hinblick auf Salzkorrosion oder Sandabrieb;
- Reinigung zur Vermeidung oder Beseitigung von Sand, Staub, Schnee und Eis;
- Trocknung;
- Instandhaltung und Austausch von Teilen.

Verfahren zum Umgang mit versehentlich über dem Roboter verschütteten Flüssigkeiten (z. B. Abschalten des Roboters, Entfernen der Flüssigkeit durch Reinigen, Trocknung des Roboters) müssen in den Benutzerinformationen erläutert werden.

4.14.5 Verifizierung und Validierung

Das/die geeignete(n) Verfahren muss aus Folgendem ausgewählt werden: B, C, D, F, H

Der Schutzgrad des Serviceroboters muss nach IEC 60529:2019 validiert werden.

Sind Salzsprühnebelprüfungen erforderlich, müssen diese nach ISO 9227:2022 durchgeführt werden. Ist die Korrosion der Oberflächen optischer Sensoren signifikant, müssen diese nach ISO 21227-3:2007 geprüft werden.

Umgebungsbedingungen, die zu rutschigen Oberflächen führen können, die die Fahrstabilität beeinträchtigen, müssen in der Prüfung berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Ein anzuwendendes Prüfverfahren kann von ISO/TR 23482-1:2020, 14.2 entnommen werden.

4.15 Lokalisierung und Navigation

4.15.1 Allgemeines

Ein Serviceroboter, der über Lokalisierungs- und Navigationsfähigkeiten verfügt, muss so ausgelegt sein, dass Lokalisierungunsicherheiten und Navigationsfehler nicht zu einem unzulässigen Risiko führen.

Lokalisierungunsicherheiten dürfen nicht zu einer gefährdenden Bewegung der mobilen Plattform oder eines anderweitigen Teils des Roboters führen. Lokalisierungsfehler, die dazu führen können, dass der Roboter in einen unerlaubten Bereich eindringt oder die mechanische Stabilität auf gefährdende Art und Weise verliert (z. B. Herabfallen von einer Treppe), müssen verhindert werden.

Die Navigationsfähigkeit eines Serviceroboters muss ausreichen, um eine Bewegung bis zu jedem erreichbaren Ziel planen zu können, wobei die erzeugte Strecke die Positionen im Voraus bekannter gefährlicher Hindernisse vermeiden muss, ohne ein unzulässiges Risiko eines Zusammenstoßes oder mechanischer Instabilität zu verursachen.

Sofern zutreffend, sollten folgende Maßnahmen angewendet werden:

- a) Gestaltung des Serviceroboters für Umgebungen und Aufgaben, bei denen eine Navigationsfähigkeit zur Risikominderung nicht erforderlich ist;

- Printed copies are uncontrolled
- b) Implementierung von Sicherheitsfunktionen zur Vermeidung von Zusammenstößen, Detektion von sicherheitsrelevanten Oberflächenbedingungen usw. so, dass eine Navigationsfähigkeit für einen sicheren Betrieb des Serviceroboters nicht erforderlich ist;
 - c) werden bei der Lokalisierung (natürliche oder künstliche) Landmarken verwendet, muss für den Serviceroboter von jedem Punkt seines eingeschränkten Raums aus eine ausreichende Anzahl von Landmarken erkennbar sein; die zur Navigation verwendeten Landmarken bzw. Kennzeichen müssen eindeutig sein.

4.15.2 Inhärenz sichere Konstruktion

Inhärenz sichere Konstruktionsmaßnahmen sind nicht anwendbar.

4.15.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen

Sofern zutreffend, sind folgende Maßnahmen anzuwenden:

- a) Überwachung der Stabilität und Zuverlässigkeit der Lokalisierung und Überwechseln in einen sicheren Zustand bei instabiler Lokalisierung;
- b) Ausgleichen einer instabilen Lokalisierung, z. B. durch Anwendung von Odometrie oder anderweitigen Sensordaten;
- c) Navigationskarten müssen mit neuen Informationen (z. B. von internen Sensoren oder externen Quellen) mit einer in der Risikobeurteilung ermittelten ausreichenden Häufigkeit aktualisiert werden, um Risiken zu verhindern, die aus dem Gebrauch einer veralteten Karte entstehen.

Wenn die Lokalisierung und Navigation für die Risikominderung verwendet wird, müssen die Systemfunktionen die Anforderungen nach (6.1) erfüllen.

4.15.4 Benutzerinformation

In der Benutzerinformation muss die für den Betrieb vorgesehene Umgebung festgelegt sein, und es müssen Informationen dazu enthalten sein, unter welchen Bedingungen Lokalisierungs- oder Navigationsfehler auftreten können.

4.15.5 Verifizierung und Validierung

Das/die geeignete(n) Verfahren muss aus Folgendem ausgewählt werden: B, F, G.

ANMERKUNG Ein anzuwendendes Prüfverfahren kann ISO/TR 23482-1:2020, Abschnitt 16, entnommen werden.

5 Tragbare Roboter

5.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt legt weiterhin die Anwendung der Sicherheitsanforderungen nach Abschnitt 4 für tragbare Roboter zur Unterstützung der Benutzer bei der Ausführung der folgenden Bewegungen fest:

- Bewegungen der unteren Gliedmaßen: Stehen, Sitzen, Gehen oder Fahren;
- Bewegungen der oberen Gliedmaßen: Greifen, Tragen von Objekten/Lasten;
- Rumpfbewegungen: Beibehaltung der Körperhaltung des Benutzers wie etwa Stützen des Gewichts des Benutzers oder der oberen Gliedmaßen, möglicherweise mit Objekten beladen;

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

ANMERKUNG 1 Ein Serviceroboter mit geringer Leistung und Rückhaltung bezeichnet einen Roboter, deren Kraft durch den Benutzer überwunden werden kann, sodass schädliche Bewegungen verhindert werden, bis der Roboter abgeschaltet wird.

Dieser Abschnitt gilt für Roboter mit den folgenden Eigenschaften:

- Roboter mit einem oder mehreren nichtinvasiven Rückhaltungsteilen;
- Unterstützung des Benutzers durch Rückhaltungsteile als Reaktion auf die Eingaben des Benutzers;

ANMERKUNG 2 „Eingaben des Benutzers“ sind nicht auf Eingaben über die Befehlsreinrichtung beschränkt, z. B. sind Gewichtsverschiebungen, Körperbewegungen, bioelektrische Signale ebenfalls enthalten.

5.2 Gefährdungen durch den Verlust der Energieversorgung oder durch Abschaltung

5.2.1 Allgemeines

Der Roboter muss so gestaltet werden, dass die Risiken des Fallens des Benutzers, des Fallenlassens eines Objekts, das der Roboter greift oder trägt, der Erhöhung der physischen Last oder des Verlust einer unterstützenden Kraft aufgrund des Verlusts oder der Abschaltung der Energieversorgung akzeptabel sind.

Es muss ein Mittel vorgesehen werden, um das Risiko im Fall einer Funktionsstörung auf einem akzeptablen Niveau zu halten.

Eine Sicherheitsfunktion muss eingeleitet werden, damit das durch das Ereignis induzierte Risiko akzeptabel ist.

ANMERKUNG Der endgültige sichere Zustand muss nicht stationär sein.

5.2.2 Inhärent sichere Gestaltung

Sofern zutreffend, sind folgende Maßnahmen anzuwenden:

- a) Die Antriebseinheit des Roboters muss eine Rückfahrfunktion haben.
- b) Die Masse und die Masseverteilung des Roboters muss leicht genug sein, damit der Roboter von dem Benutzer im Fall des Verlusts oder der Abschaltung der Energieversorgung allein gehandhabt/getragen werden kann.

ANMERKUNG 1 Wenn der Roboter, der dafür vorgesehen ist, das Heben und den Transport von Objekten oder die Aufrechterhaltung der Körperhaltung des Benutzers zu unterstützen, beispielsweise angehalten wird, muss der Benutzer einen Teil der Masse des Roboters oder die Masse des Zielobjekts/Haltung oder einen Teil derselben tragen. In diesem Fall besteht ein Risiko, dass der Roboter des Benutzers das Objekt fallen lassen oder fallen kann, wenn die Masse zu schwer ist, um von dem Benutzer getragen zu werden.

- c) Es muss eine Gestaltung angewendet werden, die inakzeptable Risiken auch dann verhindert, wenn der Antrieb des Roboters im Fall eines Verlusts oder der Abschaltung der Energieversorgung angehalten, blockiert oder gebremst wird.

ANMERKUNG 2 Inakzeptable Risiken in einem verriegelten Zustand beinhalten beispielsweise die Unfähigkeit, den Roboter manuell zu entfernen oder das Auslösen eines unmittelbaren Sturzes des Benutzers.

5.3 Einschalten des Roboters und Wiederaufnahme des normalen Betriebs

5.3.1 Allgemeines

- a) Bei dem Start des Roboters darf keine gefahrbringende Bewegung auftreten.

- b) Auch wenn die vorgesehene Anlaufsequenz des Roboters nicht eingehalten wird, darf keine gefahrbringende Bewegung auftreten.
- c) Wenn der Roboter gestartet werden soll, nachdem er an dem Benutzer angebracht wurde, darf keine gefahrbringende Bewegung auftreten, selbst wenn der Roboter vor dem Anbringen an dem Benutzer gestartet wird.
- d) Wenn der Roboter gestartet werden soll, bevor er an dem Benutzer angebracht wird, darf keine gefahrbringende Bewegung auftreten, selbst wenn der Roboter an dem Benutzer angebracht wird und dann startet.

5.3.2 Inhärent sichere Konstruktion

Es gelten die Anforderungen von 4.3.2.

5.3.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen

Es gelten die Anforderungen von 4.3.3.

5.3.4 Benutzerinformation

Es gelten die Anforderungen von 4.3.4.

5.4 Gefährdungen durch körperliche Belastung

5.4.1 Allgemeines

Der Hersteller muss das Risiko von Abrieb an der Haut des Benutzers durch die relative Bewegung zwischen den Ruckhaltungsteilen und dem Körper des Benutzers auf ein akzeptables Maß mindern. Darüber hinaus muss er das Risiko der Einengung, von Druckgeschwüren und anderen Verletzungen durch übermäßige Kompression von Ruckhaltungsteilen während des Gebrauchs mindern.

ANMERKUNG 1 Diese Verletzungen können während des normalen Gebrauchs des Roboters auftreten.

Der Hersteller muss die Risiken eines falschen Anbringens des Roboters und unterschiedliche Körperformen berücksichtigen.

ANMERKUNG 2 Wenn der Roboter in einer anderen als der durch den Hersteller vorgesehenen Position oder Richtung angebracht wird oder der Roboter nicht zu der Körperform des Benutzers passt, kann der Roboter eine Funktionsstörung haben oder der Benutzer könnte unter körperlicher Belastung erleiden.

5.4.2 Inhärent sichere Konstruktion

Sofern zutreffend, müssen die folgenden Maßnahmen angewendet werden:

- a) Reduzierung der relativen Bewegung zwischen dem Körper des Benutzers und den Ruckhaltungsteilen auf ein für den menschlichen Körper verträgliches Maß;
- b) Reduzierung von auf menschliche Körperteile durch von außen wirkende Kraft einwirkende Lasten auf ein tolerierbares Maß.

ANMERKUNG 1 Die von außen wirkende Kraft beinhaltet das Gewicht des tragbaren Roboters und Bodenreaktionskräfte.

5.4.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen

Sofern zutreffend, müssen die folgenden Maßnahmen angewendet werden:

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

- a) Anwendung eines Mechanismus und von Materialien, um sicherzustellen, dass jedes Rückhaltungsteil relative Bewegung in einem Kontaktbereich korrekt anzeigt;
- b) Anwendung eines Mechanismus für die Dispersion und Verteilung von durch von außen wirkende Kräfte auf jedes Rückhaltungsteil einwirkende Lasten;
- c) Anwendung eines Mechanismus und von Materialien für die Einstellung der von jedem Rückhaltungsteil angewendeten Kompressionskraft.

5.4.4 Benutzerinformation

Das Benutzerhandbuch muss Informationen zu Folgendem enthalten:

- die Positionsverhältnisse zwischen jedem Teil des Körpers des Benutzers und dem Roboter, wenn dieser sich in dem vorgesehenen angebrachten Zustand befindet;

ANMERKUNG 1 Das Benutzerhandbuch muss darüber hinaus Informationen zur Anbringung des Roboters an dem Anwender unter Einhaltung der Positionsverhältnisse enthalten. (Siehe 5.8.4).

- Vorsichtsmaßregeln und Warnhinweise zu Fällen, in denen der Roboter mit einem falschen Positionsverhältnis zwischen dem Körperteil des Anwenders und dem Roboter angebracht werden;
- Vorsichtsmaßregeln bezüglich einer verschlechterten physischen Funktion und somatisch-sensorischer Veränderungen durch den übermäßigen kontinuierlichen Gebrauch des Roboters.

5.5 Gefährliche Schwingungen

5.5.1 Allgemeines

Anwender von Servicerobotern müssen vor schädlichen indirekten oder direkten Schwingungen des Roboters im Gebrauch so geschützt werden, dass ihr körperlicher Zustand während seines Betriebs geschützt ist.

- a) Ein Anwender eines Serviceroboters muss vor schädlichen Schwingungen geschützt werden, die zu schwingungsbezogenen Verletzungen wie etwa Sehnenentzündung, Rückenschmerzen, Unwohlsein, Neurose, Arthritis oder ähnlichen Erkrankungen jeder Art durch den dauerhaften Gebrauch des Roboters führen.
- b) Ein Serviceroboter muss vor Schwingungen zwischen 0,5 Hz und 80 Hz geschützt werden, die die Gesundheit, den Komfort und die Wahrnehmung beeinträchtigen können sowie Schwingungen zwischen 0,1 Hz und 0,5 Hz, die zu Bewegungskrankheit führen können.

ANMERKUNG Relevante Informationen können ISO 2631-1:1997 entnommen werden.

Der Schwingungspegel des Serviceroboters muss ausreichend gering sein, damit keine spezielle Schutzausrüstung getragen werden muss.

5.5.2 Inhärent sichere Konstruktion

Dies kann unter anderem die folgenden Maßnahmen beinhalten:

- a) Minimieren der durch mechanische Bauteile erzeugten Schwingung in der Gestaltung des Roboters, z. B. Reduzierung exzentrischer Masseverteilung oder Begrenzung der Geschwindigkeit beweglicher Teile;
- b) Auswahl und Nutzung von schwingungsdämpfenden Materialien innerhalb der Gestaltung zur Begrenzung des Ausmaßes der Exposition von Menschen gegenüber Schwingungsquellen innerhalb des Serviceroboters.

5.5.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen

Sofern zutreffend, sind folgende Maßnahmen anzuwenden:

- a) Anwendung aktiver Schwingungskontrolle, z. B. durch semiaktive Dämpfungsmechanismen oder steuerungsbasierte Dämpfung;
- b) Einschränkung der Bewegung des Serviceroboters auf geeignete Geschwindigkeiten, die keine oder nur minimale Schwingungen erzeugt.

5.5.4 Benutzerinformation

Benutzerinformationen müssen die Spezifikation schwingender Bauteile enthalten.

Wenn ein Roboter schädliche Schwingungen während der Handführung übertragen kann, muss die Anleitung Informationen zu Schwingungen, angegeben als Beschleunigung (m/s^2) und durch die Handführleinrichtung übertragen, enthalten.

5.5.5 Verifizierung und Validierung

Das/die geeignete(n) Verfahren muss aus Folgendem ausgewählt werden: C, D.

5.6 Mechanische Instabilität

5.6.1 Allgemeines

- a) Wenn die Risiken in Verbindung mit Fallen inakzeptabel sind, muss der Hersteller die mechanische Stabilität eines Systems, das aus dem Roboter, dem Anwender und der Umgebung besteht, berücksichtigen.
- b) Wenn seine mechanische Stabilität von der Balancierfähigkeit des Anwenders abhängt, darf der Roboter die Balancierfähigkeit des Anwenders einschließlich des Vermeidens von Unfällen durch Ausrutschen und Fallen nicht behindern.

5.6.2 Inhärent sichere Konstruktion

Sofern zutreffend, müssen die folgenden Maßnahmen angewendet werden:

- a) Wenn die Risiken in Verbindung mit Fallen inakzeptabel sind, muss die Gestaltung der Masse des Roboters unter Berücksichtigung der Körperkraft des Anwenders klein genug sein.
- b) Gestaltung des Masseschwerpunkts des Roboters, sodass dieser so nahe wie möglich an dem des Anwenders liegt.

ANMERKUNG 1 Die Maßnahmen a) und b) sind hilfreich für die Einstellung des Nullmomentpunkts (ZMP) des aus dem Roboter und dem Anwender, der sich in dem Stützpolygon aufhalten soll, bestehenden Systems, ohne die Bewegungsfähigkeit des Anwenders zu behindern.

5.6.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen

Sofern zutreffend, müssen die folgenden Maßnahmen angewendet werden:

- a) Anwendung einer unterstützenden Kraft, die die Balancierfähigkeit des Anwenders nicht behindert;
- b) Anwendung einer Antriebseinheit mit geeigneter Rückfahrfähigkeit;

ANMERKUNG 1 Haare und Kleidung des Anwenders können durch Aufwickeln in einem beweglichen Teil eingefangen werden.

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

Wenn die Risiken in Verbindung mit Fallen auch nach Anwendung der Maßnahmen in a) und b) inakzeptabel sind, darf die folgende Maßnahme angewendet werden.

- c) Anwendung eines Mittels zur Reduzierung der Auswirkung auf den Anwender aufgrund einer Kollision nach dem Fallen.

ANMERKUNG 2 Mittel zur Reduzierung der Auswirkungen von Kollisionen umfassen beispielsweise Airbags und Schutzausrüstung.

5.6.4 Benutzerinformation

Das Benutzerhandbuch muss die folgenden Informationen enthalten:

- a) schrittweise Beschreibung der Befestigung des Roboters an dem menschlichen Körper, um Fehler während des Anbringens zu vermeiden;
- b) Werkzeuge und Schutzausrüstung, wenn vorgesehen ist, diese zu Sicherheitszwecken zu nutzen.

ANMERKUNG 1 Zusätzlich zu den erforderlichen Bedingungen wie etwa Leistungen können Produktmodelle, die die besagten Bedingungen erfüllt haben, einbezogen werden.

5.7 Instabilität bei Kollisionen oder beabsichtigtem Kontakt

5.7.1 Allgemeines

Wenn angenommen wird, dass der Roboter oder der Anwender während des normalen Gebrauchs mit Objekten in der Umgebung in Kontakt kommt, während er Unterstützung erhält, müssen vorübergehende Veränderungen der Lasten, die durch einen solchen Kontakt verursacht werden, berücksichtigt werden.

- a) Der Anwender kann beispielsweise während des normalen Gebrauchs eines gehenden Assistenzroboters auf einem Stuhl sitzen oder an einer Wand lehnen, während er Unterstützung erhält.

5.7.2 Inhärent sichere Konstruktion

Sofern zutreffend, muss eine Antriebseinheit mit geeigneter Rückfahrfunktion angewendet werden.

5.7.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen

Sofern zutreffend, müssen die folgenden Maßnahmen angewendet werden:

- a) Anwendung eines aktiven Dämpfungsmechanismus oder einer Funktion, die ausreichend robust ist, um durch Kontakt verursachte Störungen zu handhaben;
- b) Anwendung eines Mechanismus oder einer Funktion zur Erkennung von Kontakt, um die unterstützende Kraft anzupassen;
- c) Anwendung eines Mechanismus oder einer Funktion zur Erkennung von Kontakt, um das Verhalten des Roboters einzuschränken;

ANMERKUNG 1 Kontakt wird mithilfe von Kontaktsensoren, Störungserkennung usw. erkannt.

5.7.4 Benutzerinformation

Folgendes ist anzuwenden:

- a) Sofern angenommen wird, dass der Roboter instabil wird, wenn der Roboter oder Anwender während der Unterstützung in Kontakt mit einem Objekt in der Umgebung kommt, muss das Benutzerhandbuch eine Vorsichtsmaßregel hierzu enthalten.

5.8 Gefährdungen während des Anlegens oder Ablegens

5.8.1 Allgemeines

Der Prozess des Anlegens (Anziehens) und Ablegens (Ausziehens) eines Roboters muss so gestaltet sein, dass das Risiko von Instabilität minimiert wird. Der Prozess für das sichere Anlegen und Ablegen muss bereitgestellt werden.

Der Roboter muss so gestaltet sein, dass er leicht von einer dritten Partei ohne die Zuhilfenahme von Spezialwerkzeugen in ungewöhnlichen Situationen oder anderen Notsituationen wie der Verriegelung der Roboter-Antriebseinheit entfernt werden kann.

5.8.2 Inhärenz sichere Konstruktion

Sofern zutreffend, müssen die folgenden Maßnahmen angewendet werden:

- a) Anwendung einer Struktur, durch die der Roboter im Notfall passiv durch den Anwender entfernt werden kann;
- b) Anwendung einer Struktur, durch die die entfernende Person den Roboter in einer Notsituation ohne jegliche Werkzeuge entfernen kann.

Das Entfernen des Roboters in einem Notfall kann seine Stabilität beeinträchtigen. Der Hersteller darf einen Kompromiss zwischen der einfachen Entfernung und der Stabilität für die Entfernung des Roboters in einem Notfall in Betracht ziehen.

5.8.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen

Sofern zutreffend, müssen Mittel vorgesehen werden, durch die eine Verriegelung durch eine dritte Partei entriegelt werden kann.

5.8.4 Benutzerinformation

Sofern zutreffend, muss das Benutzerhandbuch Verfahren für das Entfernen des Roboters aus der während des normalen Gebrauchs und in einem Notfall eingenommenen Körperhaltung enthalten und die ungefähre erforderliche Zeit für das Entfernen des Roboters angeben.

5.9 Gefährdungen durch unzureichende Haltbarkeit aufgrund von Reinigung und Desinfektion

5.9.1 Allgemeines

Der Roboter und seine Teile müssen Schweiß des Anwenders widerstehen und gegen die von dem Hersteller festgelegte Reinigung und Desinfektion beständig sein, sodass Korrosions- und Sprödbruchrisiken minimiert werden können.

ANMERKUNG Sicherheitsanforderungen für die mechanische Haltbarkeit sind in 4.10 beschrieben.

Mit der persönlichen Hygiene verbundene Teile des Roboters sollten abnehmbar sein, damit der Anwender diese leicht austauschen und reinigen kann, und dies darf die Sicherheit des Roboters nicht beeinträchtigen.

Im Fall des zusätzlichen Anbringens oder Entfernens persönlicher Schutzausrüstung (PSA) für den sicheren Gebrauch des Roboters in einer kontaminierten oder spezifischen Umgebung, darf der Roboter die Funktion der PSA nicht hemmen.

Der Roboter muss gegen Umgebungseinflüsse und Reinigungsflüssigkeiten entsprechend der Umgebung, in der er eingesetzt wird, beständig sein. Der Roboter muss mindestens gegen die in IEC 60529:2019 festgelegten Umgebungen und Reinigungsflüssigkeiten beständig sein.

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

5.9.2 Inhärent sichere Konstruktion

Sofern zutreffend müssen die Einhausung, die Schnalle und der Gürtel dem Schweiß des Anwenders widerstehen und gegen die von dem Hersteller festgelegten Reinigungs- und Desinfektionsverfahren beständig sein.

5.9.3 Benutzerinformation

Wenn die Einhausung, die Schnalle und der Gürtel des Roboters von dem Anwender gereinigt oder desinfiziert werden, muss der Hersteller die Reinigungs- und Desinfektionsverfahren in dem Benutzerhandbuch angeben.

5.10 Gefährdungen durch unterstützende Kräfte

5.10.1 Allgemeines

Die unterstützende Kraft des Roboters muss so gestaltet sein, dass sie nur in der von dem Anwender beabsichtigten Richtung wirkt. Wenn die Möglichkeit besteht, dass die unterstützende Kraft des Roboters entgegen der von dem Anwender beabsichtigten Richtung wirkt, muss der Roboter so gestaltet werden, dass die Muskeln, Sehnen und Bänder des Anwenders vor unzulässiger Unterstützung geschützt sind.

Wenn für den bestimmungsgemäßen Gebrauch ein Anwender ohne absichtliche und unbeabsichtigte Muskelspannung angenommen wird, ist 5.11.1 nicht anwendbar.

Um den Anwender vor gefährlichen unterstützenden Kräften zu schützen, muss die maximale unterstützende Kraft des Roboters auf festgelegte Werte begrenzt werden, sodass das ausgeübte Drehmoment nicht höher ist als das Moment der verbundenen menschlichen Gelenke, selbst wenn ein Ausfall des Roboters eintritt, d. h. bei unkontrollierten Bewegungen.

ANMERKUNG 1 Wenn die Muskeln oder Sehnen des Anwenders isotonischer exzentrischer Kontraktion ausgesetzt sind, die die Stärke des betreffenden Muskels oder der Sehne aufgrund unzulässiger Unterstützung überschreitet, besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass der Anwender eine Verletzung erleidet.

ANMERKUNG 2 Es ist allgemein bekannt, dass, wenn Muskeln, Sehnen und Bänder überlastet werden, ein Reflex zu ihrer Entspannung und ihrem Schutz ausgelöst wird. Dieser Reflex kann erwartungsgemäß ausgelöst werden, wenn eine unzulässige Unterstützung die maximale ausgeübte Kraft des Anwenders überschreitet oder die um den persistenten Widerstand reduzierte ausgeübte Kraft überschreitet.

5.10.2 Inhärent sichere Konstruktion

Eine oder mehrere der folgenden Maßnahmen müssen angewendet werden, sofern zutreffend:

- Anwendung einer Struktur, durch die die unterstützende Kraft nur in die Kontraktionsrichtung der Muskeln, Sehnen und Bänder des Anwenders ausgeübt wird;
- Anwendung einer Gestaltung, durch die die maximale Last, die aufgrund unzulässiger Unterstützung auf die Muskeln, Sehnen und Bänder des Anwenders einwirkt, nicht die von dem Muskeln, Sehnen und Gelenken des Anwenders während der isometrischen oder exzentrischen Kontraktion ausgeübte Kraft überschreitet;

ANMERKUNG 1 Die von Muskelfasern während der exzentrischen Kontraktion ausgeübte maximale Kraft ist bekanntermaßen um das 1,8-fache höher als während der isometrischen Kontraktion. Wenn eine Last, die die maximale ausgeübte Kraft überschreitet, während der exzentrischen Kontraktion angewendet wird, werden Muskelfasern reißen (Choi et al., 2012).

In der Praxis darf die auf Muskeln, Sehnen oder Bänder eines Anwenders einwirkende Last als die Last auf dem Gelenk, das der Muskel, die Sehne oder das Band bewegt, betrachtet werden.

Wenn der Muskel, die Sehne oder das Band des Anwenders als Last auf dem Gelenk betrachtet wird, auf das der Muskel, die Sehne oder das Band einwirkt, muss mindestens eine der folgenden Maßnahmen angewendet werden:

- c) Anwendung einer Gestaltung, durch welche die auf das Gelenk einwirkende maximale Last aufgrund unzulässiger Unterstützung die von dem Gelenk im Ruhezustand ausgeübte maximale Kraft nicht überschreitet;
- d) Anwendung einer Gestaltung, durch welche die auf das Gelenk des Anwenders einwirkende maximale Last die von dem Gelenk des Anwenders bei zentrifugaler isotonischer Anstrengung ausgeübte maximale Kraft nicht überschreitet.

Verschiedene Anwender und Gelenke können unterschiedliche ausgeübte maximale Kräfte aufweisen. Wenn die Maßnahme c) angewendet wird, muss der Hersteller daher die vorgesehene Benutzergruppe angeben (z. B. im Hinblick auf Alter, Geschlecht und Beruf) und die von jedem relevanten Gelenk ausgeübte Kraft schätzen.

ANMERKUNG 2 Die maximale ausgeübte Kraft kann durch Sammlung von Daten aus der Literatur, durch Messung oder durch Schätzung basierend auf den körperlichen Anstrengungen, zu denen der Anwender in der Lage ist, geschätzt werden. Die „Human Characteristics Database“ des Japanese National Institute und ISO 11228-1 können als Literatur verwendet werden.

Wenn der Hersteller weder eine vorgesehene Benutzergruppe noch die von jedem relevanten Gelenk ausgeübte Kraft angibt, können die Werte in Tabelle 5.1 als von jedem Schulter-, Ellenbogen-, Hand-, Hüft-, Knie- und Fußgelenk ausgeübte maximale Kräfte verwendet werden.

Tabelle 5.1 — Von wesentlichen menschlichen Gelenken ausgeübte maximale Kräfte (wenn keine Benutzergruppe festgelegt ist)

Einheit Nm

Gelenk	Maximale ausgeübte Kraft
Schulter	43,2
Ellenbogen	32,4
Hand	7,2
Hüfte	72
Knie	41,4
Fuß	25,2

ANMERKUNG Die ausgeübten maximalen Kräfte in dieser Tabelle wurden durch Multiplizieren der ausgeübten maximalen Kraft gesunder japanischer Frauen im Alter zwischen 75 und 79 (25. Perzentil) im Ruhezustand („Human characteristics Database“ des National Institute of Technology and evaluation (NITE)) mit 1,8 (dem Koeffizienten für die Umrechnung der von Muskelfasern im Ruhezustand ausgeübten maximalen Kraft in die von Muskelfasern bei zentrifugaler isotonischer Anstrengung ausgeübten maximalen Kraft) berechnet.

5.10.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen

Eine oder mehrere der folgenden Maßnahmen müssen angewendet werden, sofern zutreffend:

- a) Anwendung einer Funktion, durch die der Benutzer oder die Bedienperson einen Grenzwert für die unterstützende Kraft einstellen kann;
- b) Bereitstellung einer Funktion zum Beenden der Bereitstellung von Unterstützung oder zur Begrenzung der unterstützenden Kraft, wenn eine Möglichkeit besteht, dass eine unzulässige Unterstützung erfolgen kann;

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

- c) Bereitstellung einer Funktion zum Erkennen der Bereitstellung unzulässiger Unterstützung und anschließendem Beenden einer solchen Unterstützung oder zur Begrenzung der unterstützenden Kraft;
- d) wenn die Maßnahmen a) bis c) angewendet werden, muss jede Funktion die Anforderung nach 5.10.2 (maximale unterstützende Kraft) in dem Umfang erfüllen, in dem die unterstützende Kraft die in Tabelle 5.1 angegebenen ausgeübten maximalen Kräfte überschreitet.

ANMERKUNG 1 Die unterstützende Kraft kann einfach durch Sättigung des Ausgangs (Trennen), durch Starten der Unterstützung ab einer ausreichend geringen Verstärkung und indem dem Benutzer oder der Bedienperson erlaubt wird, die Verstärkung einzustellen, durch Anwendung eines Algorithmus zur Ausführung der Unterstützung innerhalb eines begrenzten Bereichs oder durch andere Mittel begrenzt werden.

5.10.4 Benutzerinformation

Die maximale unterstützende Kraft muss in dem Benutzerhandbuch beschrieben werden. Wenn darüber hinaus 5.10.3 a), b) oder c) angewendet wird, muss das Benutzerhandbuch Folgendes enthalten:

- maximale unterstützende Kraft, wenn die unterstützende Kraft begrenzt ist;
- Einstellungsverfahren, wenn es möglich ist, einen Grenzwert für die unterstützende Kraft einzustellen;
- Vorsichtsmaßregeln oder Warnhinweise bezüglich der Einstellung falscher Grenzwerte für die unterstützende Kraft, wenn es möglich ist, einen Grenzwert für die unterstützende Kraft einzustellen;
- Warnhinweise oder Vorsichtsmaßregeln zu Fällen, in denen der Grenzwert der unterstützenden Kraft aufgrund einer Funktionsstörung oder eines Ausfalls nicht funktioniert.

Wenn es im Fall eines tragbaren Lendenwirbel-Roboters für den Anwender nicht ausreichend ist, ein Objekt in Abhängigkeit von der Körperhaltung anzuheben/zu übertragen, selbst wenn der Roboter dafür validiert ist, positive Drehmomentunterstützung zu leisten, müssen den Anwendern Benutzerinformationen bereitgestellt werden, die darauf hinweisen, ein unbeabsichtigtes übermäßiges Moment des Lumbalgelenks auszuüben, um Muskelschäden zu vermeiden. Anhang G enthält die Toleranzwerte für Druckkraft auf den Lendenwirbel, d. h. Druckkraft (CS) je nach Alter.

5.10.5 Verifizierung und Validierung

Folgendes muss für die Verifizierung und Validierung angewendet werden:

- a) Wenn 5.10.2 angewendet wird, darf die maximale unterstützende Kraft anhand des Datenblatts oder der Spezifikationen verifiziert werden. Die maximale unterstützende Kraft darf als die Kraft betrachtet werden, die der Roboter kontinuierlich für eine Sekunde ausüben kann. Wenn der Roboter die maximale unterstützende Kraft nicht für eine Sekunde aufrechterhalten kann, darf stattdessen der Mittelwert für eine Minute geschätzt werden.
- b) Wenn 5.10.3 a) angewendet wird, muss eine Prüfung durchgeführt werden, um zu verifizieren, dass der Grenzwert der unterstützenden Kraft mit der von dem Hersteller festgelegten repräsentativen Einstellung funktioniert. Während der Prüfung muss die unterstützende Kraft unter 110 % des Werts der besagten Einstellung liegen.
- c) Wenn 5.10.3 b) oder c) angewendet wird, muss eine Prüfung durchgeführt werden, um zu verifizieren, dass der Grenzwert der unterstützenden Kraft entsprechend den von dem Hersteller festgelegten Szenarien funktioniert.

Während der vorgenannten Prüfungen darf der Roboter in einem abgenommenen Zustand verifiziert werden, indem die von dem Herstellern festgelegte repräsentativste Position und Körperhaltung simuliert wird. Sofern möglich, dürfen diese Prüfungen nur an den relevanten Teilen durchgeführt werden.

5.11 Gelenkverletzungen durch den Bewegungsbereich überschreitende Unterstützung

5.11.1 Allgemeines

Die unterstützende Kraft des Roboters muss so gestaltet sein, dass ihre Leistung innerhalb des Bewegungsbereichs liegt. Wenn eine Möglichkeit besteht, dass die unterstützende Kraft des Roboters den passiven Bewegungsbereich des Anwenders überschreitet, muss der Roboter so gestaltet werden, dass er die Gelenke des Anwenders vor Schaden schützt.

5.11.2 Inhärent sichere Konstruktion

Eine oder mehrere der folgenden Maßnahmen müssen angewendet werden, sofern zutreffend:

- a) Anwendung einer mechanischen Grenze, um die Unterstützung auf den passiven Bewegungsbereich des Anwenders zu beschränken (diese Grenze muss jedoch eine ausreichende Stärke im Hinblick auf die maximale unterstützende Kraft aufweisen);

ANMERKUNG 1 Wenn der Roboter eine Struktur aufweist, durch die die für die Unterstützung verwendete Drehgelenkkachse mit der Gelenkkachse des Anwenders abgestimmt ist, entspricht die Begrenzung des Bewegungsbereichs der Begrenzung des Drehwinkels.

- b) Anwendung einer Gestaltung, durch die die auf das Gelenk des Anwenders angewandte Last die Stärke des Gelenks auch dann nicht überschreitet, wenn die unterstützende Kraft des Roboters so angewendet wird, dass sie den passiven Bewegungsbereich des Anwenders überschreitet. Die Stärke eines Gelenks hängt von der Position des Anwenders und des Gelenks ab. Wenn die Maßnahme b) angewendet wird, muss der Hersteller die vorgesehene Benutzergruppe angeben (z. B. im Hinblick auf Alter, Geschlecht und Beruf) und die Festigkeit für die relevanten Gelenke schätzen.

ANMERKUNG 2 Derzeit sind keine expliziten Informationen über die Stärke menschlicher Gelenke verfügbar. Die Stärke eines menschlichen Gelenks kann jedoch anhand der körperlichen Anstrengungen, zu denen der Anwender in normalen Zeiten fähig ist (z. B. wenn die Kniegelenke nicht brechen, während er aufrecht sitzt, es kann angenommen werden, dass die gebogene Seite von Kniegelenken dem durch die Masse über den Knien erzeugten Drehmoment widersteht) oder durch andere Mittel geschätzt werden.

- Wenn der Hersteller weder eine vorgesehene Benutzergruppe angibt noch die Stärke der relevanten Gelenke schätzt, können die in Tabelle 5.1 angegebenen maximalen ausgeübten Kräfte als Stärken der Schulter-, Ellenbogen-, Hand-, Hüft-, Knie- und Fußgelenke verwendet werden.

ANMERKUNG 3 Die Werte in Tabelle 5.1 können angewendet werden, weil die Stärke eines menschlichen Gelenks erwartungsgemäß ausreichend größer als die absichtlich von dem Gelenk ausgeübte Kraft ist.

5.11.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen

Eine oder mehrere der folgenden Maßnahmen müssen angewendet werden, sofern zutreffend:

- a) Anwendung einer Funktion zur Begrenzung der Unterstützung auf den passiven Bewegungsbereich des Anwenders;
- b) Anwendung einer Funktion, durch die der Benutzer oder die Bedienperson einen Grenzwert für das unterstützende Drehmoment einstellen kann; diese Einstellung darf entweder während der Bereitstellung der Unterstützung oder während die Unterstützung nicht bereitgestellt wird, zur Verfügung gestellt werden;
- c) Anwendung einer Funktion zur Erkennung, dass der passive Bewegungsbereich des Anwenders nah an der Grenze liegt und Beendigung der Unterstützung oder Begrenzung des unterstützenden Drehmoments;
- d) Anwendung einer Funktion zur Erkennung, dass der passive Bewegungsbereich des Anwenders überschritten wurde und Beendigung der Unterstützung oder Begrenzung des unterstützenden Drehmoments.

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

Wenn eine der obigen Maßnahmen angewendet wird, muss jede Funktion ein ausreichendes Maß an Zuverlässigkeit (maximales unterstützendes Drehmoment) entsprechend dem Umfang aufweisen, in dem die unterstützende Kraft das ausgeübte maximale Drehmoment in Tabelle 5.1 überschreitet.

Wenn die Drehmomentbegrenzung durch Steuerung erreicht werden muss, muss diese die Anforderungen des Abschnitts 6 erfüllen.

ANMERKUNG Die unterstützende Kraft kann einfach durch Sättigung des Drehmoments (Trennen), durch Starten der Unterstützung ab einer ausreichend geringen Verstärkung und indem dem Benutzer oder der Bedienperson erlaubt wird, die Verstärkung einzustellen, durch Anwendung eines Algorithmus zur Ausführung der Unterstützung innerhalb eines begrenzten Bereichs oder durch andere Mittel begrenzt werden.

5.11.4 Benutzerinformation

Die folgenden Anforderungen sind für die Benutzerinformationen anwendbar:

- a) Wenn 5.11.2 a) oder 5.11.3 a) angewendet wird, muss das Benutzerhandbuch Folgendes enthalten:
 - Verfahren zur Begrenzung des Bewegungsbereichs (z. B. mechanische oder funktionale Begrenzung);
 - Umgang, in dem der Bewegungsbereich begrenzt wird;
 - Einstellungsverfahren, wenn es möglich ist, eine Grenze für den Bewegungsbereich einzustellen;
 - Vorsichtsmaßregeln oder Warnhinweise bezüglich falscher Einstellung, wenn es möglich ist, eine Grenze für den Bewegungsbereich einzustellen;
 - Vorsichtsmaßregeln oder Warnhinweise zu Fällen, in denen die Grenze des Bewegungsbereichs aufgrund einer Funktionsstörung oder eines Ausfalls nicht funktioniert.
- b) Wenn 5.11.2 b) angewendet wird, muss das maximale unterstützende Drehmoment in dem Benutzerhandbuch angegeben werden.
- c) Wenn 5.11.3 b), c) oder d) angewendet wird, muss das Benutzerhandbuch Folgendes enthalten:
 - Bedingungen, unter denen der Grenzwert für das unterstützende Drehmoment aktiviert wird (z. B. Position, Winkel oder Geschwindigkeit);
 - maximales unterstützendes Drehmoment, wenn das unterstützende Drehmoment begrenzt ist;
 - Einstellungsverfahren, wenn es möglich ist, einen Grenzwert für das unterstützende Drehmoment einzustellen;
 - Vorsichtsmaßregeln oder Warnhinweise bezüglich der Einstellung falscher Grenzwerte für das unterstützende Drehmoment, wenn es möglich ist, einen Grenzwert für das unterstützende Drehmoment einzustellen;
 - Warnhinweise oder Vorsichtsmaßregeln zu Fällen, in denen der Grenzwert des unterstützenden Drehmoments aufgrund einer Funktionsstörung oder eines Ausfalls nicht funktionieren.

5.11.5 Verifizierung und Validierung

Folgendes muss für die Verifizierung und Validierung angewendet werden:

- a) Wenn 5.11.2 a) angewendet wird, darf die Verifizierung durch Berechnung der Stärke der Grenze des mechanischen Bewegungsbereichs erfolgen. In dieser Stärkeberechnung dürfen die/das von dem Anwender ausgeübte Kraft/Drehmoment außer Acht gelassen werden, aber die durch eine Kollision mit der Grenze verursachte Last muss berücksichtigt werden. Wenn eine Prüfung zur Verifizierung angewendet

Printed copies are uncontrolled

wird, muss die Prüfung durch Simulation der durch die Kollision verursachten Last durchgeführt werden. Nachdem der Roboter mit der Grenze des mechanischen Bewegungsbereichs 50 mal kollidiert wurde, muss die Verformung der Bewegungsbereichsgrenze am Gelenkwinkel 5° oder weniger betragen.

ANMERKUNG Die durch die Kollision verursachte Last kann für die Berechnung der Festigkeit oder Prüfung durch die Anwendung der während des normalen Gebrauchs, durch Anwendung der empfangenen oder übertragenen Energie bei der Kollision als Kriterium, der Anwendung des empfangenen und übertragenen Moments oder durch andere Mittel berechnet werden.

- b) Wenn 5.11.2 b) angewendet wird, darf die Verifizierung unter Bezugnahme auf Datenblätter, Spezifikationen oder andere Daten in Verbindung mit dem maximalen unterstützenden Drehmoment erfolgen. Das maximale unterstützende Drehmoment darf als das Drehmoment, das der Roboter dauerhaft für eine Sekunde leisten kann, betrachtet werden. Wenn der Roboter das maximale unterstützende Drehmoment nicht für eine Sekunde aufrechterhalten kann, darf stattdessen der Mittelwert für eine Minute geschätzt werden.
- c) Wenn 5.11.3 a) angewendet wird, muss eine Prüfung durchgeführt werden, um zu verifizieren, dass die Grenze des Bewegungsbereichs entsprechend den von dem Hersteller festgelegten Szenarien funktioniert. Während der Prüfung darf der Gelenkwinkel 5° der eingestellten Bewegungsbereichsgrenze nicht überschreiten.
- d) Wenn 5.11.3 b) angewendet wird, muss eine Prüfung durchgeführt werden, um zu verifizieren, dass die Grenze des unterstützenden Drehmoments mit der von dem Hersteller festgelegten repräsentativen Einstellung funktioniert. Während der Prüfung muss das unterstützende Drehmoment unter 110 % des Werts der besagten Einstellung liegen.
- e) Wenn 5.11.3 c) oder d) angewendet wird, muss eine Prüfung durchgeführt werden, um zu verifizieren, dass der Grenzwert des unterstützenden Drehmoments entsprechend den von dem Hersteller festgelegten Szenarien funktioniert. Während der vorgenannten Prüfungen darf der Roboter in einem abgenommenen Zustand verifiziert werden, indem die von dem Herstellers festgelegte repräsentativste Position und Körperhaltung simuliert wird. Sofern möglich, dürfen diese Prüfungen nur an den relevanten Teilen durchgeführt werden.

5.12 Gefährdungen durch unharmonisierte und unkoordinierte Bewegung

5.12.1 Allgemeines

Der Roboter oder Teile des Roboters müssen so gestaltet sein, dass das Risiko in Verbindung mit unharmonisierten und unkoordinierten Bewegungen des Roboters akzeptabel sind. Unharmonisierte und unkoordinierte Bewegungen wie etwa, wenn zwei untere Gliedmaßen von einem Roboter gezwungen werden, sich in die gleiche Richtung zu bewegen, und plötzliches Anhalten und Verriegeln während des Gehens, können zu einem Sturz des Anwenders und schwerwiegenden Schäden führen.

5.12.2 Inhärenz sichere Konstruktion

Eine oder mehrere der folgenden Maßnahmen müssen angewendet werden, sofern zutreffend:

- a) Mechanismus, der keine Bewegung beider unteren Gliedmaßen in die gleiche Richtung erlaubt;
- b) Mechanismus, der kein plötzliches Anhalten oder Verriegeln während des Gehens erlaubt.

5.12.3 Schutzeinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen

Eine oder mehrere der folgenden Maßnahmen müssen angewendet werden, sofern zutreffend:

- a) Kontrollfunktionen zum Erkennen der Bewegungen beider Gliedmaßen in die gleiche Richtung und Beenden der Unterstützung;

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

- b) Kontrollfunktion zum Erkennen eines plötzlichen Halts oder Verriegelns während des Gehens und Beenden der Unterstützung.

5.12.4 Benutzerinformation

Wenn ein gewisses Maß an manueller Steuerung für die Vermeidung von Risiken durch unharmonisierte/unkoordinierte Bewegung erforderlich ist, müssen die Benutzerinformationen die erforderliche Anleitung und die Grenzen der angewendeten Steuerungsmaßnahmen enthalten.

5.12.5 Verifizierung und Validierung

Das/die geeignete(n) Verfahren muss aus folgendem ausgewählt werden: A, B, F.

6 Anforderungen an das sicherheitsbezogene Steuerungssystem

6.1 Erforderliche Leistung des sicherheitsbezogenen Steuerungssystems

6.1.1 Allgemeines

Werden Schutzmaßnahmen über eine Steuerung implementiert, müssen die Anforderungen nach Abschnitt 5 eingehalten werden. Die erforderlichen Performance Level (PL) und der Sicherheitsintegritäts-Level (Safety Integrity Level, SIL) der Steuerungsfunktionen (elektrisch, hydraulisch, pneumatisch und Software) eines Serviceroboters müssen durch eine Risikobeurteilung ermittelt werden und entweder ISO 13849-1:2023 (sicherheitsbezogene Teile des Steuerungssystems) oder IEC 61508-1 (funktionale Sicherheit) entsprechen. Dies muss auch Verifizierung und Validierung umfassen.

6.1.2 Erforderliche Leistung des sicherheitsbezogenen Steuerungssystems

Für sicherheitsbezogene Steuerungssysteme sind die Performance Level (PL) nach ISO 13849-1:2023 in Anhang C, Tabelle C.1, aufgeführt. Anstelle der Performance Level dürfen auch die entsprechenden Sicherheitsintegritäts-Level (SIL) nach IEC 62061:2024 oder IEC 61508-1 angewendet werden.

Der Integrator oder Dienstleister muss die Leistung jeder erforderlichen Sicherheitsfunktion entsprechend einem der folgenden Punkte bestimmen:

- In Anhang C, Tabelle C.1, aufgeführter funktionaler Sicherheits-PLr oder SIL

oder

- Ergebnisse einer umfassenden Risikobeurteilung, wenn die Risikoschätzung die Anforderungen von ISO 12100:2010 und entweder ISO 13849-1:2023 oder IEC 62061:2024 erfüllt.

ANMERKUNG Anhang C, C.2, enthält eine Anleitung für Risikoeinschätzungsparameter.

6.1.3 Bestimmung des Schweregrads

Der höchste vorhersehbare Schweregrad des Schadens sollte auf der Grundlage der Risikobeurteilungen der Kontaktgefährdungen aufgrund beabsichtigter oder unbeabsichtigter Kollision berücksichtigt werden. Das Alter und die Gesundheit der Person, die an dem Kontaktprozess beteiligt sein kann, muss berücksichtigt werden. Siehe Anhang C für eine Erläuterung der Schweregrade und anderer Parameter und Schwellenwerte, die während der Risikobeurteilung verwendet werden.

6.1.4 Bestimmung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens

Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens ist eine Funktion der Exposition gegenüber einer, des Auftretens einer und der Wahrscheinlichkeit einer Gefährdung nach ISO 12100:2010. Siehe Anhang C für eine Erläuterung der

Wahrscheinlichkeit des Auftretens und anderer Parameter und Schwellenwerte, die während der Risikobeurteilung verwendet werden.

ANMERKUNG Eine Exposition ist ein Ereignis, bei dem eine Person sich in einer Gefährdungssituation befindet, auf die der Roboter reagieren muss. Beispiele für Gefährdungsereignisse beinhalten eine Person, die den Fahrweg des Roboters kreuzt oder dessen Bewegung blockiert sowie einen Roboter, der seinen ausgewiesenen Fahrweg aufgrund eines Navigationsfehlers verlässt und sich auf eine Person zu bewegt.

6.1.5 Bestimmung der Möglichkeit der Vermeidung

Die Möglichkeit der Vermeidung oder Begrenzung von Schaden muss auf der Grundlage der Risikobeurteilung der Gefährdung berücksichtigt werden. Siehe Anhang C für eine Erläuterung der Möglichkeit der Vermeidung des Auftretens und anderer Parameter und Schwellenwerte, die während der Risikobeurteilung verwendet werden.

6.2 Anhalten des Roboters

6.2.1 Allgemeines

Der Serviceroboter muss so konstruiert sein, dass ein sicherer Halt sichergestellt werden kann, ohne dass es dabei zu gefährdem Umfallen, unkontrolliertem Bewegen oder Fallenlassen von Teilen des Roboters oder von Lasten kommt, wenn bei beliebiger Geschwindigkeit absichtlich gebremst wird.

Die Stoppzustände können je nach Typ des Serviceroboters variieren und sind somit vom Roboterhersteller zu definieren. Wird der Stopp über die normale Geschwindigkeitsüberwachungsfunktion des Roboters erreicht und aufrechterhalten, muss diese Funktion die Anforderungen nach (6.5) erfüllen. Wird der Stopp mit Hilfe einer unabhängigen Stoppfunktion herbeigeführt, so darf es sich dabei nur um einen Bremsmechanismus handeln, für den die folgenden Anforderungen gelten:

- er muss gegebenenfalls, basierend auf der Risikobeurteilung, bei einer Unterbrechung der Leistungsversorgung arbeiten;
- er muss den Serviceroboter innerhalb des Betriebsbereichs der Vorrichtung(en) für die Anwesenheitserkennung anhalten, wobei die festgelegten Grenzen aller Parameter, z. B. Last, Geschwindigkeit, Reibungskoeffizient der Fahrfläche, Gefälle und zu erwartender Verschleißzustand der Roboterteile, zu berücksichtigen sind;
- er muss den Serviceroboter und dessen zulässige Höchstlast ortsunveränderlich auf der vom Hersteller festgelegten maximalen Fahrflächenneigung halten können;
- er muss bei Verlust kritischer Steuerungsfunktionen arbeiten.

6.2.2 Stoppfunktionen des Roboters

6.2.2.1 Allgemeines

Der Serviceroboter muss über eine Sicherheitshaltfunktion verfügen und es muss eine unabhängige Not-Halt-Funktion entsprechend der Risikobeurteilung vorgesehen sein. Wahlweise können diese Funktionen den Anschluss externer Schutzeinrichtungen vorsehen, und es kann ein Not-Halt-Ausgangssignal vorgesehen sein. Tabelle 6.1 zeigt einen Vergleich zwischen den Funktionen „Not-Halt“ und „Sicherheitshalt“.

ANMERKUNG Bei einigen Anwendungen umfasst ein Sicherheitshalt auch die Bereitstellung von Antriebsleistung zur Aufrechterhaltung der Systemstabilität. Ein Beispiel hierfür wäre ein gehender persönlicher Assistenzroboter.

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

Tabelle 6.1 — Vergleich von Not-Halt und Sicherheitshalt

Funktion	Not-Halt	Sicherheitshalt
Zweck	Notfall	Schutz oder Risikominderung
Stopp-Kategorie (IEC 60204-1:2021)	0 oder 1	0, 1 oder 2
Auslösung	Manuell	Manuell, automatisch oder durch eine sicherheitsbezogene Funktion automatisch ausgelöst
Sicherheitsbezogene Systemperformance	Muss die Leistungsanforderung von 6.1.3 erfüllen	Entsprechend dem höchsten PL jeder Sicherheitsfunktion, die zu einem Sicherheitshalt nach 6.1 führt
Rücksetzen	Nur manuell	Manuell oder automatisch
Verwendungshäufigkeit	Selten	Oft bis selten
Wirkung	Unterbrechen der Energiezufuhr von Aktuatoren, um die Ausbreitung der Gefährdungssituation zu stoppen	Die Gefährdung, vor der geschützt wird, sicher unter Kontrolle halten

6.2.2.2 Not-Halt

Falls eine Not-Halt-Fähigkeit erforderlich ist, muss jedes Befehlsgerät, das eine Roboterbewegung oder sonstige Gefährdungssituation einleiten kann, über eine manuell auszulösende Not-Halt-Funktion verfügen, die:

- a) die Anforderungen nach 5.1 und IEC 60204-1:2021 erfüllt und Vorrang vor allen anderen Robotersteuerungen hat;
- b) dazu führt, dass alle von dem Robotersystem gesteuerten Gefährdungen angehalten werden;
- c) den Roboterantrieben die Antriebsenergie entzieht, falls sich der Roboter im sicheren Zustand befindet;
- d) aktiv bleibt, bis sie zurückgesetzt wird;
- e) nur durch eine manuelle Betätigung zurückgesetzt werden darf, die nicht zu einem Wiederanlauf nach dem Rücksetzen führt, sondern lediglich zulässt, dass ein Wiederanlauf erfolgen darf.

ANMERKUNG Ein Not-Halt kann beispielsweise durch Herausziehen des Not-Halt-Tasters zurückgesetzt werden. Dies ermöglicht einen Neustart. Ein Drucktaster oder ein manuell eingeleitetes Steuerungssignal kann dann den eigentlichen Wiederanlauf einleiten.

Für mobile Roboter mit Manipulator dürfen unterschiedliche Stoppzustände und Stoppvorschriften angewendet werden, um die mobilen Plattform und den Manipulator zu steuern.

Sofern unterschiedliche Stoppzustände oder Stoppvorschriften für die mobile Plattform und den Manipulator erforderlich sind, muss der Hersteller Schutzmaßnahmen planen oder treffen, um sicherzustellen, dass das Anhalten oder der weitere Wiederanlauf eines Elements nicht zu unbeabsichtigten Bewegungen oder einem unbeabsichtigten Halt des anderen Elements führt.

Wenn ein unbeabsichtigter Wiederanlauf zu einer inakzeptablen Gefährdung führen kann, muss die Wiederanlaufhandlung nach dem Lösen des Not-Halt-Tasters als Sicherheitsfunktion angesehen werden (siehe ISO 13849-1:2023, 5.2).

Wenn ein Not-Halt erforderlich ist und es nicht möglich ist, an einem Befehlsgerät eine Not-Halt-Taste vorzusehen (z. B. bei Sprachchnittstellen, bei auf Rechnerbildschirmen basierenden oder ferngesteuerten Anwendun-

gen), muss sichergestellt sein, dass mit den bestehenden Not-Halt-Einrichtungen [z. B. Taste(n) unmittelbar an dem/in der Nähe des Serviceroboter(s)] ein gleichwertiges Maß an Sicherheit erreicht wird.

Anhand der Risikobeurteilung muss nach IEC 60204-1:2021 für die Funktion ein Stopp der Kategorie 0 oder Kategorie 1 gewählt werden.

Die Not-Halt-Einrichtung muss IEC 60204-1:2021 und ISO 13850:2015 entsprechen.

6.2.2.3 Sicherheitshalt

Werden Risiken durch Verwendung sicherheitsbezogener Steuerungsfunktionen abgeschwächt, muss der Serviceroboter über eine oder mehrere Sicherheitshaltfunktionen verfügen. Die Kategorien für diese Stoppfunktionen (beschrieben in IEC 60204-1:2021) müssen für die Anwendung über eine Risikobeurteilung ermittelt werden.

Diese Stoppfunktionen sollten die geschützten Gefährdungen kontrollieren, indem sie einen Stopp aller gefahrbringenden Roboterbewegungen auslösen, die Energieversorgung zu den Stellteilen des Roboterantriebs entfernen oder steuern und jede weitere durch das Robotersystem erkannte Gefährdung verhindern, z. B. die in Anhang C beschriebenen Gefährdungen. Der Halt kann manuell oder durch Steuerungslogik eingeleitet werden. Der Neustart muss manuell eingeleitet werden, es sei denn, die Risikoanalyse erlaubt einen automatischen Neustart.

Die Leistung der Schutzfunktion muss dem höchsten PL jeder Sicherheitsfunktion, die zu einem Sicherheitshalt nach 5.1 führt, entsprechen.

Der Serviceroboter kann für den Sicherheitshalt über eine Stoppfunktion der Kategorie 2 nach IEC 60204-1:2021 verfügen, die nicht zu einem Entzug der Antriebsenergie führt, die aber eine Überwachung des Stillstandzustands erfordert, nachdem der Roboter angehalten hat. Jede unbeabsichtigte Bewegung des Roboters im Stillstand bzw. jedes Versagen der Sicherheitshaltfunktion sollte zu einem Stopp der Kategorie 0 nach IEC 60204-1:2021 führen, falls die Risikobeurteilung dies ergeben hat. Der Stillstand und die Performance der Überwachungsfunktion müssen die Anforderungen nach 6.1.2 erfüllen.

ANMERKUNG Dies kann eine überwachte Stoppfunktion der Kategorie 2 nach IEC 60204-1:2021 umfassen, die von einem Elektroantriebssystem bereitgestellt wird, was einem sicheren Betriebshalt nach IEC 61800-5-2 entspricht.

6.2.2.4 Normaler Halt

Der Roboter muss mit einer Bedieneinrichtung für einen normalen Halt ausgestattet sein, um den Roboter in Übereinstimmung mit dem Wirkungsbereich der Steuerung anzuhalten. Diese Stoppfunktion führt bei Aktivierung zu einem Halt der Kategorie 0 oder Kategorie 1 nach IEC 60204-1:2021.

Not-Halt- oder Schutzeinrichtungen dürfen nicht als Einrichtungen für einen normalen Halt verwendet werden.

Wenn die Aktivierung eines normalen Halts eine Gefährdung verursachen kann, muss dies angegeben werden und die Benutzerinformationen müssen eine Anleitung enthalten.

BEISPIEL Ein selbstbalancierender Roboter muss möglicherweise ausreichend gesichert werden, bevor der normale Halt aktiviert wird.

6.2.3 Bremsen

6.2.3.1 Allgemeines

Bei der Auslegung der Steuerungsfunktionen, die einen Sicherheitshalt der mobilen Plattform des Roboters einleiten, ist die Bremsleistung der Plattform zu berücksichtigen und somit auch die Strecke, die der Serviceroboter bei allen vorhersehbaren sicherheitsrelevanten Oberflächenbedingungen benötigt, um zum Halt zu kommen.

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

Die Bremsleistung muss ausreichen, damit ein gefährdender Zusammenstoß vermieden werden kann, wenn sich der Serviceroboter mit seiner Nenngeschwindigkeit und Nennlast bei festgelegten Oberflächenbedingungen fortbewegt. Soweit vernünftigerweise praktikabel, muss der Roboter auch bei den in der Risikobeurteilung ermittelten ungünstigsten sicherheitsrelevanten Oberflächenbedingungen in der Lage sein, vor einer Person zu halten.

Wenn die sicherheitsbezogenen Überwachungs- oder Steuerungssystemfunktionen zur Bewertung der Geschwindigkeiten eines Serviceroboters verwendet werden, müssen diese (6.1.2) unter Berücksichtigung aller vorgesehenen Betriebsbedingungen entsprechen.

Wenn Steuerungssystemfunktionen verwendet werden, um die Oberflächenbedingungen zu schätzen und gefährliche Oberflächenbedingungen soweit wie vernünftigerweise praktikabel zu vermeiden, muss diese Funktion (6.1.2) unter Berücksichtigung aller vorgesehenen Betriebsbedingungen entsprechen.

ANMERKUNG Diese Steuerungsfunktion kann durch ein elektronisches Antriebssystem, das in IEC 61800-5-2 beschrieben wird, bereitgestellt werden.

6.2.3.2 Bremswege

Der Bremsweg muss bei der maximalen Geschwindigkeit und unter den ungünstigsten von dem Hersteller vorgesehenen Betriebsbedingungen gemessen werden. Der maximale Bremsweg aus den Ergebnissen der Bremsleistungsprüfung muss dem Anwender des mobilen Roboters in den Benutzerinformationen bereitgestellt werden (siehe Anhang I).

Während des Bremsens darf folgendes nicht auftreten:

- a) übermäßiges Ruckeln;
- b) Verlust der Kontrolle oder Balance;
- c) übermäßiges Rutschen zur Seite.

ANMERKUNG Bei bestimmten Arten von Bremsanlagen lässt sich ein gewisses seitliches Rutschen des Hinterrads während des Bremsens nicht vollständig vermeiden, dies gilt als akzeptabel, sofern d) oder c) nicht als Ergebnis auftritt.

6.3 Anlauf- und Wiederanlaufsperrre

6.3.1 Anlaufsperrre

Das Steuerungssystem muss über eine Anlaufsperrrenfunktion zur Verhinderung eines automatischen Anlaufs bei Anschalten oder Wiederherstellen der Energieversorgung der Roboteranwendung nach einer Unterbrechung verfügen.

Das Zurücksetzen der Anlaufsperrre darf nur durch absichtliches Betätigen einer bestimmten Steuereinrichtung möglich sein.

6.3.2 Wiederanlaufsperrre

Das Steuerungssystem muss über eine Wiederanlaufsperrrenfunktion verfügen, im dem automatischen Wiederanlauf in folgenden Fällen zu verhindern:

- a) nach einer Änderung der Betriebsart von der automatischen Betriebsart in den Handbetrieb;
- b) im Handbetrieb, nachdem ein Sicherheitshalt durch eine aktivierte Schutzeinrichtung ausgelöst wurde.

Das Zurücksetzen der Wiederanlaufsperrre muss ein absichtliches Betätigen einer bestimmten Steuereinrichtung erfordern.

Bei der Befehleinrichtung muss es sich um eine andere handeln als die, die zum Rückstellen der Anlaufsperrre verwendet wird.

6.4 Grenzen des Betriebsraums

In Bild 6.1 sind die Betriebsräume von Servicerobotern dargestellt.

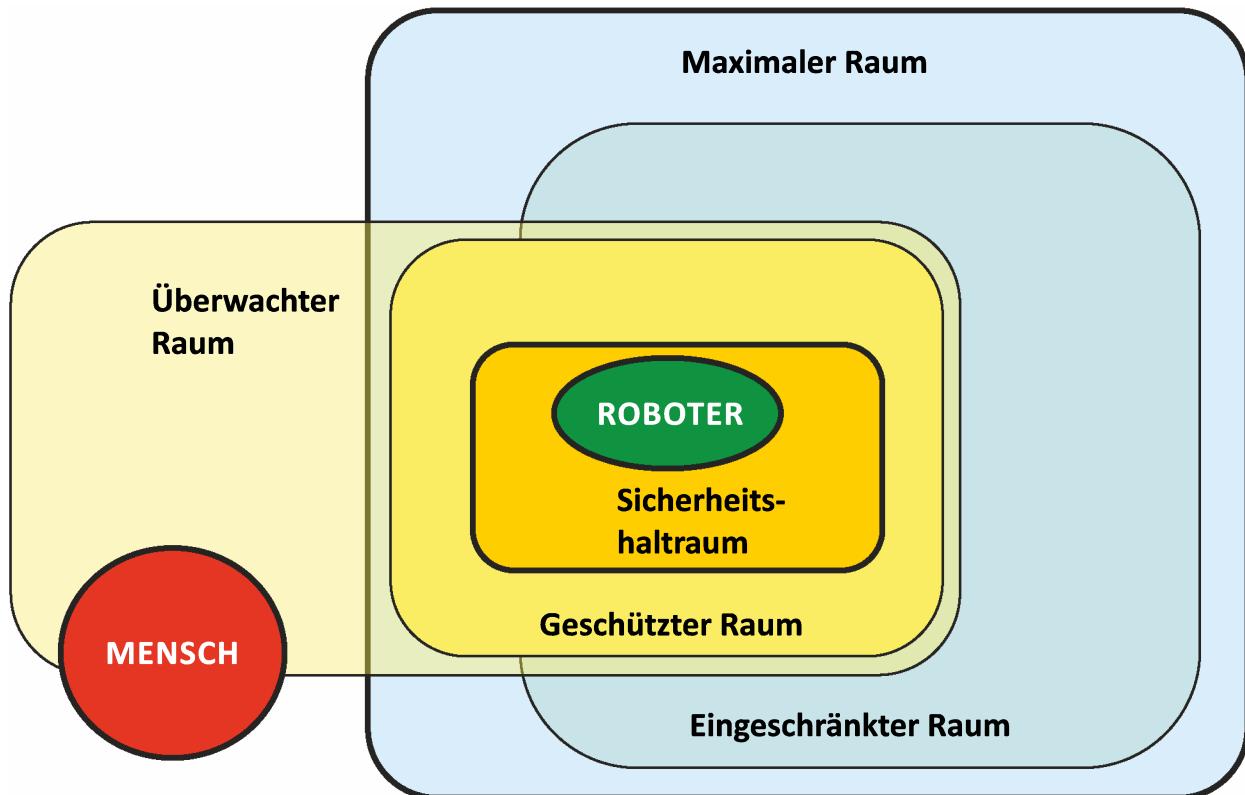


Bild 6.1 — Betriebsräume von Servicerobotern

Betriebsraumbegrenzungen können für eine Risikominderung erforderlich sein, um entweder die Bewegung des Serviceroboters innerhalb eines definierten Volumens zu halten oder um den Roboter daran zu hindern, dieses Volumen zu betreten (siehe Anhang B zu Einschluss- und Ausschlusszonen unter Nutzung der Betriebsräume).

Dabei sind Softwaregrenzen ein zulässiges Mittel für die Definition und Reduzierung des eingeschränkten Raums, sofern sie einen Halt des Roboters bei voller Nennlast und -geschwindigkeit bewirken können. Der eingeschränkte Bereich muss begrenzt sein durch die tatsächlich zu erwartende Stopposition, die den Anhalteweg begründet. Der Hersteller muss die Fähigkeit in der Benutzerinformation angeben und die Softwaregrenzen deaktivieren, falls diese Fähigkeit nicht unterstützt wird.

Steuerprogramme, die Gelenk- und Raumbegrenzungsfunktionen basierend auf Softwaregrenzen überwachen und ausführen, müssen (6.1.2) entsprechen und dürfen sich nur durch befugtes Personal verändern lassen. Wird die Softwaregrenze überschritten, muss ein sicherer Zustand eingeleitet werden. Für Bewegungen, die während des Überschreitens einer Grenze ausgeführt werden, muss die sicherheitsbezogene Geschwindigkeitsüberwachung nach (6.5) gelten. Aktive Einstellungen und die Konfiguration der Sicherheitsgrenzen müssen dokumentiert werden, sodass Änderungen der Konfiguration leicht zu erkennen und nachzuprüfen sind.

ANMERKUNG Mögliche Mittel zur Erkennung verbotener Bereiche umfassen:

- 1) Platzierung einer Reihe von Magneten auf/in dem Boden, die von einem Magnetschalter(n) erkannt werden, der/die einen Sicherheitshalt auslöst/auslösen;

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

2) Nutzung von Entfernungsmesssensoren zur Erkennung abwärts führender Treppen.

6.5 Geschwindigkeitsregelung

Die Risikobeurteilung muss die gefährliche Geschwindigkeit jedes Teils des Serviceroboters bestimmen. Dies muss durch Berechnung der Geschwindigkeiten repräsentativer Punkte auf den zugänglichen beweglichen Teilen des Roboters erfolgen. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit darf nur von befugten Personen angepasst werden.

Je nach der/den vom Serviceroboter auszuführenden Aufgabe(n) können unterschiedliche Geschwindigkeitsbegrenzungen vorliegen, von denen eine in einer bestimmten Situation aktiv ist. Eine geeignete Art und Weise des Umschaltens zwischen Geschwindigkeitsgrenzen muss durch die Risikobeurteilung bestimmt werden.

Die Geschwindigkeit des Serviceroboters muss gesteuert werden, um sicherzustellen, dass die beweglichen Teile des Roboters keine gefährliche Geschwindigkeit erreichen.

Falls vorhanden, muss die sicherheitsbezogene Geschwindigkeitsüberwachung so ausgelegt und ausgeführt sein, dass im Fehlerfall die Geschwindigkeit des Endeffektors des Manipulators und sonstiger Roboterteile die gefährliche Geschwindigkeit nicht erreicht und ein sicherer Zustand eingeleitet wird, wenn ein Fehler auftritt. Die Performance der sicherheitsbezogenen Geschwindigkeitsüberwachung muss (6.1.2) entsprechen.

6.6 Detektion der Umgebung

6.6.1 Allgemeines

Die sicherheitsbezogene Detektion der Umgebung muss den Anforderungen nach (6.1.2) entsprechen. Nachfolgend werden die Ziele der sicherheitsbezogenen Umgebungsdetektion erläutert.

- Objektdetektion: Diese Funktion muss angewendet werden, um gefährliche Kollisionen zu vermeiden. Objektdetektionsvorrichtungen müssen angewendet werden, um zulässige Abstände zu oder Kontaktkräfte mit Menschen oder gefährlichen Hindernissen sicherzustellen.
- Fahrflächendetektion: Diese Funktion umfasst die Detektion der sicherheitsrelevanten Oberflächenbedingungen (z. B. Glattheit, Rauheit und Festigkeit) und der Fahrflächengeometrie (z. B. Ebenheit, Gefälle, Stufen und Spalte) und muss angewendet werden, um mit Instabilität verbundene Gefährdungen zu vermeiden.

6.6.2 Objektdetektion

6.6.2.1 Kontaktfreie Detektion

Kontaktfreie (berührungslose) Detektionseinrichtungen werden verwendet, um:

- Mindestbetriebsabstände sicherzustellen; und/oder
- die relative Annäherungsgeschwindigkeit zu verringern.

Um gefährdende Zusammenstöße zu vermeiden und das erforderliche Sicherheitsniveau aufrechtzuerhalten, gelten folgende Anforderungen:

- Wenn berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen (BWS) verwendet werden, um Personen oder sicherheitsrelevante Hindernisse für eine Sicherheitsfunktion des PL c oder höher zu erkennen, müssen sie den relevanten Teilen von IEC 61496 entsprechen. Im Fall mehrerer BWS-Sensoren oder einzelner BWS-Sensoren mit einem Performance Level unter PL c muss IEC/TS 62998-1:2019 angewendet werden.

- b) Wird die BWS als primäre Erkennungseinrichtung verwendet, muss sie eine geeignete Zuverlässigkeit im Betrieb aufweisen, und die Montage muss entsprechend der Risikoeinschätzung des Serviceroboters erfolgen.
- c) Keine andere kontaktfreie Detektionseinrichtung als BWS darf angewendet werden. Die Detektionseinrichtung muss der entsprechenden Gerätesicherheitsnorm entsprechen. Wenn keine Gerätesicherheitsnorm besteht, muss IEC/TS 62998-1:2019 verwendet werden. Die Detektionskapazität und -zuverlässigkeit eines solchen Geräts muss die durch die Risikobeurteilung bestimmten Sicherheitsanforderungen erfüllen.

ANMERKUNG 1 IEC 62046 enthält Anleitungen zu Schutzausrüstungen.

Das Erkennen eines oder mehrerer Personen innerhalb eines Mindestabstands muss dazu führen, dass der Serviceroboter in einen sicheren Zustand übergeht, und zwar entweder durch:

- Einleiten eines Sicherheitshalts nach 5.2.2.3; oder
- Einleiten einer sicheren Geschwindigkeitsverringerung mit Hilfe einer sicherheitsbezogenen Geschwindigkeitsüberwachung nach 5.4; oder
- Aufrechterhalten eines trennenden Abstands zu Personen oder Objekten.

Ist das Erkennen von Personen erforderlich, muss der Mindestabstand nach ISO 13855:2010 ermittelt werden.

Ist es erforderlich, andere Objekte als Personen zu erkennen (Wände, Möbel, maximale Raumbegrenzungen), muss der trennende Abstand anhand der Gleichungen nach ISO 13855:2010 mit den folgenden Änderungen ermittelt werden:

- Der Parameter K darf auf die Fahrgeschwindigkeit des Roboters gesetzt werden, sofern zutreffend, und wenn die Umgebung statisch ist;
- Der Parameter C darf auf einen geeigneten Eindringabstand gesetzt werden, der z. B. überhängenden Möbeln oder Wandelementen entspricht.

Liefert die kontaktfreie Detektionseinrichtung zuverlässige Informationen zur relativen Annäherungsgeschwindigkeit von Personen und erlaubt sie dem Serviceroboter, die ungünstigste relative Geschwindigkeit zwischen dem Roboter und einer sich nähernenden Person zu berechnen, kann in den Gleichungen nach ISO 13855:2010 zur Berechnung des Mindestabstands die ermittelte Geschwindigkeit als Ersatz für K verwendet werden. Der Performance Level der kontaktfreien Detektionseinrichtung darf nicht zu einer Verschlechterung des Performance Levels der erforderlichen Sicherheitsfunktion führen.

ANMERKUNG 2 Anhang C beschreibt ein typisches Beispiel dafür, wie die Relativgeschwindigkeit aus einem Serviceroboter und einer Person, die sich in eine andere Richtung bewegt, jedoch in der nächsten Bewegungsphase mit dem Roboter zusammenstoßen kann, berechnet wird.

6.6.2.2 Kontaktbehaftete Detektion

Eine kontaktbehaftete Detektion ist für viele Aufgaben, die eine Mensch-Roboter-Kooperation notwendig machen, erforderlich. Dazu muss der Roboter selbst kleine Kontaktkräfte sicher erkennen und angemessen darauf reagieren. Gegebenenfalls muss die Kontakterkennung folgende Fähigkeiten sicherstellen:

- a) der Kontakt muss über die gesamte Roboterstruktur (d. h. auf Gelenkebene) hinweg erkannt werden, die für die Aufgabe relevant ist;
- b) die Kontaktkräfte müssen auf geeignete Werte begrenzt werden, wie durch die Risikobeurteilung bestimmt. Es ist empfehlenswert, diese Grenzen den in anderen Normen angegebenen Grenzen sowie wissenschaftlichen Veröffentlichungen zu entnehmen (siehe Literaturhinweise).

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

Eine kontaktbehaftete Detektion, die zum Erkennen von Personen eingesetzt wird, um Kollisionsschäden zu begrenzen, muss den Anforderungen des zutreffenden Teils von ISO 13856:2013 entsprechen. Müssen andere Objekte als Personen erkannt werden, sind die erforderliche Erkennungsfähigkeit und Zuverlässigkeit durch eine Risikobeurteilung zu ermitteln.

Um gefährdende Stöße zu verhindern, können druckempfindliche Schutzeinrichtungen (z. B. Schaltleisten, -stangen, -einrichtungen, -puffer, -flächen, -leinen) verwendet werden. Diese kontaktbehafteten Detektionseinrichtungen müssen in Übereinstimmung mit der Anwendung und Risikoeinschätzung des Serviceroboters dem vorliegenden Unterabschnitt entsprechen. Werden die Elemente als sicherheitsbezogene Detektionseinrichtungen verwendet, müssen sie (6.1.2) entsprechen und wie in ISO 13856:2013 beschrieben angebracht werden.

6.6.3 Fahrflächendetektion

Wenn die Erkennung gefährlicher Oberflächen/Umgebungsbedingungen (z. B. Treppen, Löcher, unebener Boden, rutschiger Boden) für den sicheren Betrieb des Roboters erforderlich ist, muss der Hersteller Mittel zur Erkennung dieser potentiellen Gefährdungen vorsehen.

Die Leistung der Erkennung der Oberflächenbedingung muss ausreichen, um dem Serviceroboter die Bewertung seiner Bremsleistung in Übereinstimmung mit den Anforderungen nach 6.2.3 zu ermöglichen und seine mechanische Stabilität aufrechtzuerhalten.

Die Detektion der Fahrfläche ist nicht erforderlich, wenn gefährliche Oberflächen/Umgebungsbedingungen durch die Nutzungsbeschränkungen in den Benutzerinformationen ausgeschlossen sind.

ANMERKUNG 1 Um die Funktion der Fahrflächendetektion zu validieren, empfiehlt es sich, verschiedene gefährliche Oberflächengeometrie-Bedingungen (d. h. Spalte, Unebenheiten und/oder Stufen) zwischen dem Serviceroboter und seinem Fahrziel vorzusehen. Die Leistung des Roboters kann anschließend dahingehend überprüft werden, ob der Roboter diese ungünstigen Oberflächenbedingungen sicher vermeiden kann oder sicher anhalten kann, ohne stecken zu bleiben.

ANMERKUNG 2 Wenn eine Fahrflächendetektion nicht mit einem ausreichenden PL bereitgestellt werden kann, besteht eine Möglichkeit zur Risikominderung in der Anwendung allgemeiner Grenzen des Arbeitsbereichs, wie in 6.4 für bekannte Oberflächenmerkmale beschrieben.

6.7 Stabilitätsregelung

Ein Serviceroboter muss in allen vorgesehenen und vernünftigerweise vorhersehbaren Anwendungssituatlonen stabil sein. Sicherheitsfunktionen dürfen verwendet werden, um die Stabilität des Roboters aufrechtzuerhalten, Beispiele hierfür sind nachfolgend angegeben:

- Funktion(en), die verhindert/verhindern, dass der Roboter umkippt und/oder Lasten aufgrund eines Verlusts der Energieversorgung fallen lässt;
- Funktion(en) zur Erkennung einsetzender Instabilität (z. B. aufgrund von Gefällen, Fahrfläche, Fremdkörpern, die in Rädern stecken, Überlastung, abrupten Fahrtmustern) und Anwendung geeigneter Maßnahmen zur Stabilisierung (z. B. Geschwindigkeit, Beschleunigung oder Richtungsbegrenzung);
- Funktion(en) zur Einschränkung des Arbeitsbereichs eines Manipulators, um zu verhindern, dass der Masseschwerpunkt des Roboters den Stabilitätsbereich überschreitet.

Die sicherheitsbezogene Leistung der Funktionen für die Stabilitätsregelung muss 6.1.2 entsprechen.

6.8 Kraftregelung

Die Regelung der Kraft, die von den Teilen des Serviceroboters auf eine Person oder auf sonstige Objekte aufgebracht wird, muss innerhalb der maximalen Kriterien für einen sicheren Kontakt erfolgen, zum Beispiel innerhalb von Kraftgrenzwerten.

Die quantitativen Anforderungen an den Höchstwert der sicheren Kontaktkraft/des Drehmoments sollten durch ergonomische Versuche hinreichend untersucht sein. Die Grenzwerte der bei einem unbeabsichtigten Kontakt mit einer Person aufgebrachten Kraft können sich je nach Anwendung unterscheiden und müssen durch eine Risikobeurteilung ermittelt werden.

Die sicherheitsbezogene Kraftüberwachung muss durch eine sicherheitsbezogene kontaktbehaftete Detektion und ein Reaktionsschema erreicht werden, das den Serviceroboter in einen sicheren Zustand überführt, sodass diese Kraftschwelle nicht überschritten werden kann.

Die Reaktion auf einen unbeabsichtigten Kontakt muss mindestens folgende Anforderungen erfüllen:

- a) ausreichend schnelle Reaktion, um das Erreichen gefährlicher Kräfte zu verhindern;
- b) im Anschluss an den Kontaktvorfall Überführen des Serviceroboters in einen sicheren Zustand.

ANMERKUNG Literatur zu Ansätzen, wie zulässige Kontaktkräfte und Schmerztoleranzen zu bestimmen sind, ist in den Literaturhinweisen aufgeführt.

Die funktionale sicherheitsbezogene Performance der sicherheitsbezogenen Kraftregler muss 6.1.2 entsprechen.

6.9 Schutz gegen Singularitäten

Bewegungen, die in der Nähe von Singularitäten verlaufen, können hohe Achsgeschwindigkeiten erzeugen. Diese hohen Geschwindigkeiten können unerwartet sein und Risiken für den Benutzer, die Bedienperson und Personen in der Umgebung bedeuten.

Für Bewegungen von Servicerobotern, die in der Nähe von Singularitäten verlaufen, ist/sind eine oder mehrere der folgenden Maßnahmen anzuwenden:

- a) Steuerung der Bewegung durch die Singularität, um Gefährdungen zu vermeiden;
- b) der Roboter muss die Singularität vermeiden, indem er z. B. eine Anpassung der geplanten Strecke vornimmt;
- c) Anhalten der Roboterbewegung und Abgeben eines Warnhinweises, bevor sich der Roboter durch eine Singularität bewegt, oder eine Ausweichbewegung während der koordinierten Bewegung ausführt.

6.10 Beweglicher Roboter in Notfällen

Wenn ein mobiler Roboter in der Lage ist, Fluchtwiege in einem Notfall zu blockieren, muss es leicht möglich sein, den Roboter manuell durch Schieben durch einen Laien zu entfernen oder eine Laie muss in der Lage sein, leicht neben dem oder über dem Roboter vorbei zu kommen.

Wenn ein manuelles Lösen der Bremse, die den Roboter blockiert, aufgrund der Risikobeurteilung erlaubt ist, ist 6.13 (Handsteuergeräte) anwendbar.

6.11 Zusammenarbeit mit einem Aufzug

Wenn ein Serviceroboter dafür gestaltet ist, mit einem Aufzug zusammenzuarbeiten, müssen alle potentiellen Risiken auf ein akzeptables Maß gemindert werden. Durch eine Risikobeurteilung muss bestimmt werden, ob ein Roboter denselben Aufzug wie Personen benutzen darf und wenn ja, ob der Aufzug gleichzeitig von Personen und Roboter genutzt werden darf.

ANMERKUNG Mobile Roboter können so gestaltet werden, dass sie einen Aufzug für die Ausführung ihrer Aufgaben verwenden. Während der Nutzung des Aufzugs kann dem Roboter Zugang zu den Steuerungsfunktionen des Aufzugs wie

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

etwa Rufen des Aufzugs, Auswahl des Geschosses und Öffnen der Türen gewährt werden. Der Roboter kann durch drahtlose Kommunikation oder physische Interaktion mit dem Aufzug interagieren.

Um dies zu erreichen, müssen die folgenden Anforderungen erfüllt sein, sofern zutreffend:

- a) Der Roboter muss nach dem Rufen des Aufzugs an der zugewiesenen Position warten, die das Betreten und Verlassen des Aufzugs durch Personen nicht verhindert und den Aufzug betreten, nachdem sich die Aufzugtüren vollständig geöffnet haben.
- b) Wenn der Aufzug zu klein für den sicheren Einstieg des Roboters ist, darf der Roboter nicht versuchen, den Aufzug zu betreten.
- c) Im Fall eines Kontakts oder einer Kollision zwischen einem Roboter und zu schützenden Objekten (z. B. Personen, Tiere, Türen), muss der Roboter einen Sicherheitshalt ausführen. Der Roboter muss neu starten, sobald das Risiko des Kontakts oder der Kollision ein akzeptables Maß erreicht hat.
- d) Im Fall von Betriebsfehlern oder Ausfällen des Roboters, die die sichere Nutzung des Aufzugs beeinträchtigen können, muss der Roboter umstehende Personen und die Bedienperson des Roboters über seinen Zustand informieren.
- e) Der Roboter muss in der Lage sein, die Aufzugtüren durch Kommunikation mit der Aufzugsteuerung offen zu halten, während er den Aufzug betritt oder verlässt.
- f) Der Roboter muss das Einstiegen innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums ab dem Betreten des Aufzugs abschließen. Gelingt dies nicht, muss er darauf verzichten, den Aufzug zu betreten und bis zur nächsten Möglichkeit in dem zugewiesenen Wartebereich bleiben.
- g) Wenn der Roboter mit den Steuerungsfunktionen eines Aufzugs verbunden ist und der Aufzug einen Überladungszustand feststellt, darf der Roboter nicht versuchen, den Aufzug zu betreten. Wenn der Aufzug einen Überladungszustand erkennt, nachdem der Roboter den Aufzug betreten hat, muss der Roboter den Aufzug unverzüglich verlassen.
- h) Der Roboter darf kein Risiko durch Fallen, Ausrutschen oder das Fallenlassen von Fracht darstellen, während er versucht, einen Aufzug mit dem maximalen zulässigen Ausrichtungsfehler nach ISO/TS 8100-21:2018 zu betreten. Ein solcher Rückzug darf die Gefährdung von Personen, die sich im Wartebereich des Aufzugs aufhalten, nicht erhöhen.

ANMERKUNG 1 In ISO/TS 8100-21:2018 ist der maximale zulässige Ausrichtungsfehler für den Aufzug als 20 mm Schwelle und 35 mm Lücke definiert.

ANMERKUNG 2 Anhang H enthält ein Beispiel für Sicherheitsbewertungsverfahren für Roboter, die Aufzüge nutzen.

6.12 Auslegung von Benutzerschnittstellen

6.12.1 Allgemeines

Wenn Befehlsgeräte (z. B. Joystick, Bedienpulte, Sprach- und Gestenerkennungssysteme und/oder sonstige Einrichtungen) verwendet werden, um die Funktionen des Serviceroboters zu steuern, müssen diese eine entsprechende Zuverlässigkeit in ihrem Betrieb aufweisen. Je nach Art des Befehlsgeräts sind unterschiedliche Anforderungen und Beschränkungen anwendbar (siehe Tabelle 6.2).

Tabelle 6.2 — Eigenschaften, Anforderungen und Beschränkungen von Befehlsgeräten

Typ	Typ 1	Typ 2
Gestaltungsbeispiel	Aufgabenprogrammierungspanel (verkabelt oder kabellos)	Smartphone-, Sprach- oder Gestenschnittstelle

Tabelle 6.2 (fortgesetzt)

Übliche Anwendung	Gesamter Bereich des Betriebs und der Programmierung von Robotern	Aktivierung vorgegebener Roboterfunktionen
Fähigkeit, zwischen Betriebsarten umzuschalten	Ja	Nein, außer, wenn die Risikobeurteilung das Wechseln zwischen autonomem und teilautonomem Betrieb erlaubt ist
Betriebsarten, in denen Befehle akzeptiert werden	alle	autonomer oder teilautonomer Betrieb
Verfügbare Stoppfunktionen	Not-Halt, normaler Halt	normaler Halt

ANMERKUNG Befehlsgeräte des Typs 2 sind für Anwender ohne oder nur mit begrenzter Erfahrung vorgesehen und ermöglichen es ihnen, mit Robotern zu interagieren, die bereits in den autonomen oder teilautonomen Betrieb geschaltet haben und auf eine Aufgabe warten. Beispielsweise kann ein Roboter, der auf Kunden in einem Einzelhandelsgeschäft wartet, vom Anwender durch Sprachbefehle gebeten werden, ihm den Weg zu einem bestimmten Produkt zu zeigen.

Unabhängig davon, ob das Befehlsgerät durch ein Kabel mit dem Serviceroboter verbunden ist oder nicht, darf seine elektrische Verbindung zum Roboter keine Gefährdungen verursachen.

Befehlsgeräte müssen im Handbetrieb oder teilautonomen Betrieb die Steuerung einzelner oder kombinierter Roboterfunktionen ermöglichen.

Die Anwendung und vorhersehbare Fehlanwendung von Befehlsgeräten des Typs 2 darf nicht zu zusätzlichen Gefährdungen führen. Dies ist unabhängig von der Anzahl der verwendeten Befehlsgeräte des Typs 2 oder Typs 1 anwendbar. Es gelten die folgenden Anforderungen:

- Befehlsgeräte des Typs 2 müssen auf die Verwendung im autonomen oder teilautonomen Betrieb begrenzt werden und dürfen nur in der Lage sein, einen vorgegebenen Satz von Roboterfunktionen zu aktivieren. Wenn der Roboter über ein Befehlsgerät des Typs 2 zwischen autonomem und teilautonomem Betrieb wechseln kann, muss der Hersteller die Sicherheit der Benutzer berücksichtigen und Minderungsmaßnahmen anwenden, um ein akzeptables Risiko zu erreichen.
- Alle durch Befehlsgeräte des Typs 2 aktivierte Roboterfunktionen sollten so gestaltet sein, dass alle Risiken entweder durch inhärent sichere Konstruktionsmaßnahmen oder Schutzmaßnahmen oder ergänzende Schutzmaßnahmen vollständig gemindert werden. Wo Benutzerinformationen für die Risikominderung verwendet werden, müssen die folgenden Szenarien berücksichtigt und durch die Risikobeurteilung behandelt werden:
 - eine (potentiell geschulte) Bedienperson startet den Roboter und schaltet ihn in den autonomen oder teilautonomen Betrieb, sodass er auf Befehlsgeräte des Typs 2 reagiert;
 - ein (potentieller Laien-)Anwender aktiviert eine Funktion des Roboters über das Befehlsgerät des Typs 2. Dies kann von einem abgesetzten Standort aus erfolgen, ohne die Umgebung des Roboters zu prüfen.
 - Laien in der Nähe des Roboters, wenn dieser aktiviert wird, die sich möglicherweise der Aktivierung nicht bewusst sind und keine vorherigen Informationen hierüber erhalten haben.
- Befehlsgeräte des Typs 2 müssen mit einer Stopp-Funktion ausgestattet sein, die einen normalen Halt ausführt. Die Stopp-Funktion sollte einfach zu finden und zu aktivieren sein, sofern zutreffend. Um Verwirrung der Anwender zu vermeiden, sollte der normale Halt nicht einem Not-Halt gleichen.

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

6.12.2 Statusanzeige

Der Status der Befehlsgeräte ist jederzeit deutlich anzusehen, z. B. eingeschaltet, Betriebsart, Fehler erkannt. Der Status sollte der Bedienperson an einer auffälligen Stelle angezeigt werden.

Bei Fernbedienungen muss jedes Befehlsgerät deutlich die Teile des Serviceroboters identifizieren, die über diese Einheit zu steuern sind. Das Fernbedienungssystem muss so konstruiert und ausgeführt sein, dass es nur:

- die betreffenden Teile des Roboters steuert;
- die betreffenden Funktionen steuert.

Wenn eine Anzeigeleuchte verwendet wird, muss sie die ergonomischen Gestaltungsgrundsätze für ihren Einbauort erfüllen und ihre Farbe muss den Anforderungen nach IEC 60204-1:2021 entsprechen.

Befehlsgeräte des Typs 2 sollten ihren Status anzeigen, d. h. ob sie aktiv und bereit sind, Befehle zu empfangen oder nicht.

6.12.3 Herstellen und Trennen der Verbindung

Bei Verbindung, Trennen der Verbindung oder Wiederverbindung eines Befehlsgerätes, unabhängig davon, ob dies absichtlich oder unabsichtlich erfolgt, oder bei Verbindungsproblemen des Befehlsgerätes muss der Serviceroboter einen Sicherheitshalt ausführen, wenn das Fortsetzen der Aufgabe zu einem unzulässigen Risiko führen kann.

Ein ferngesteuerter Serviceroboter muss so gestaltet und ausgeführt sein, dass er nur auf Signale der vorgesehenen Befehlsgeräte reagiert.

6.12.4 Ein Befehlsgerät für mehrere Roboter

Die Steuerung und das Umschalten der Steuerung für mehrere Serviceroboter über nur ein Befehlsgerät dürfen nicht zu Schädigungen des Benutzers oder sonstiger Personen führen. Das Befehlsgerät darf einen oder mehrere Roboter unabhängig voneinander oder gleichzeitig steuern.

Für die Bedienperson muss deutlich erkennbar sein, welcher persönliche Assistenzroboter von dem Befehlsgerät gesteuert wird. Bei Befehlsgeräten des Typs 1 muss jeder zu steuernde Roboter ausgewählt werden, bevor ein Befehl an ihn gesendet werden kann, und ein unerwarteter Anlauf jeglicher nicht-ausgewählter Roboter muss verhindert sein.

6.12.5 Mehrere Befehlsgeräte

Werden mehrere Befehlsgeräte verwendet, gilt Folgendes:

- a) Befehlsgeräte des Typs 1 müssen eine klare Anzeige für die Identifizierung jedes aktiven Befehlsgeräts bieten und anzeigen, ob Befehlsgeräte des Typs 2 derzeit aktiv sind;
- b) Befehlsgeräte des Typs 1 müssen Priorität vor Befehlsgeräten des Typs 2 besitzen und darüber hinaus in der Lage sein, den Gebrauch von Befehlsgeräten des Typs 2 zu deaktivieren;
- c) jede gefahrbringende Funktion des Serviceroboters darf nur durch jeweils ein Befehlsgerät des Typs 1 gleichzeitig gesteuert werden, mit Ausnahme der Sicherheitshalt- und Not-Halt-Funktionen;
- d) jedes Befehlsgerät des Typs 2 muss in der Lage sein, ein Stoppsignal für Roboterfunktionen auszugeben, die durch ein anderes Befehlsgerät des Typs 2 initiiert wurden;
- e) es müssen Maßnahmen zur Vermeidung von Gefährdungen, die aus miteinander in Konflikt stehenden Mehrfachbefehlen entstehen, angewendet werden;

- f) ein Wechsel der Steuerung von einem Befehlsgerät zu einem anderen darf kein unzulässiges Risiko verursachen;
- g) wenn separate Funktionen über unterschiedliche Befehlsgeräte aktiviert werden, muss das Steuersystem so ausgelegt sein, dass vermieden wird, dass die Bedienpersonen einander oder anderen Objekten Schaden zufügen;
- h) bevor die Steuerung von einem Befehlsgerät des Typs 1 auf ein Anderes übertragen werden kann, muss eine ausdrückliche Übertragungshandlung erforderlich sein;

ANMERKUNG Dazu können Situationen gehören, in denen kein Befehlsgerät des Typs 1 aktiv ist (z. B. wenn sich der Serviceroboter in einem sicheren Zustand befindet) und jedes Befehlsgerät in der Lage ist, die Steuerung zu übernehmen.

- i) auf allen Befehlsgeräten des Typs 1 muss deutlich angegeben sein, welches Befehlsgerät derzeit aktiv ist und welches nicht.

6.12.6 Kabelloses oder abnehmbares Befehlsgerät

Stehen zur Bedienung des Serviceroboters ein oder mehrere kabellose oder abnehmbare Befehlsgeräte zur Verfügung, gilt Folgendes:

- a) bei einem Kommunikationsausfall oder bei Nichtempfang ordnungsgemäßer Steuersignale muss jeder Roboter, der von einem derartigen Gerät gesteuert wird, einen Sicherheitshalt einleiten, wenn die weitere Ausführung der Aufgabe zu einem unzulässigen Risiko führen kann;
- b) sofern zutreffend, muss die maximale Ansprechzeit für die Datenkommunikation (einschließlich Fehlerkorrektur) und für den Verlust der Kommunikation bei der Berechnung der Gesamtanhaltelleistung (Zeit) berücksichtigt werden und in der Benutzerinformation angegeben werden;
- c) bei Befehlsgeräten mit integrierten Not-Halt-Steuerungen müssen Mittel zur Vermeidung einer Verwechslung zwischen aktiven und nicht aktiven Befehlsgeräten (z. B. Aufbewahrung nicht aktiver Geräte an einem geeigneten Ort) bereitgestellt werden.

6.12.7 Schutz gegen unbefugte Verwendung

Sofern erforderlich, müssen Maßnahmen zur Verhinderung eines unbefugten Zugriffs auf die Steuerung oder gegen eine unbefugte Änderung von Parametern, auch über Fernzugriff, getroffen werden. Entsprechend den Ergebnissen der Risikobeurteilung sind Mittel (z. B. Kennwortschutz) bereitzustellen, mit denen jede unbefugte Verwendung verhindert wird; Beispiele sind die Anwendung von Vandalismus verhindernden Verfahren wie Schlüsselkarten und Fingerabdruckerkennung, um unbeabsichtigte Starts oder Bewegungen des Serviceroboters zu vermeiden. Der Hersteller sollte unterschiedliche Zugriffsstufen für unterschiedliche Benutzer in Betracht ziehen.

6.13 Handsteuergeräte

6.13.1 Allgemeines

Umfasst ein Befehlsgerät Handsteuergeräte, die eine Energieversorgung oder Bewegung einleiten, müssen diese so konstruiert und ausgeführt sein, dass die in 6.12.2 bis 6.12.6 genannten Anforderungen erfüllt sind.

6.13.2 Kennzeichnung

Handsteuergeräte an Befehlsgeräten des Typs 1 müssen nach ISO 7000:2019 so beschildert sein, dass sie ihre Funktionen deutlich angeben.

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

6.13.3 Schutz gegen unbeabsichtigten Betrieb

Handsteuergeräte an Befehlsgeräten des Typs 1 müssen so konstruiert und ausgeführt sein, dass ein unbeabsichtigter Betrieb verhindert wird, wobei folgende Mittel eingesetzt werden müssen:

- wenn der Serviceroboter von Hand oder über eine Fernbedienung gesteuert wird, darf die Einleitung der Roboterbewegung oder ein Wechsel der Wahl der lokalen Steuerung ausschließlich von einer Quelle aus erfolgen;
- durch Verwendung geeignet konstruierter Handsteuergeräte, z. B. ummantelte Druckknöpfe, Handlungsabfolgen auf Berührungsbildschirmen, Tastenwahlschalter;
- geeignete Anordnung der Handsteuergeräte, sodass ein versehentliches Berühren verhindert wird;
- sofern zutreffend, müssen unterschiedliche Zugriffsstufen verwendet werden, um unbeabsichtigte Handlungen oder Einstellungsänderungen zu verhindern.

ANMERKUNG Wird ein Zugriff nicht nur „nach Person“, sondern auch „nach Rolle“ gewährt, kann eine Bedienperson für die tägliche Arbeit ein Konto mit eingeschränktem Zugriff nutzen und nur bei Bedarf zu einem privilegierten Konto wechseln.

6.14 Betriebsarten

6.14.1 Allgemeines

Ein Serviceroboter muss so gestaltet sein, dass er jeweils nur in einer definierten Betriebsart gleichzeitig betrieben wird. Wenn die Risikobeurteilung zeigt, dass ein Wechsel zwischen zwei Betriebsarten eine potentielle Gefährdung darstellt, muss der Roboter einen Sicherheitshalt unmittelbar vor diesem Wechsel der Betriebsart ausführen. Der Auswahl der Betriebsart muss eindeutig angezeigt werden und darf sich nicht selbst durch eine Roboterbewegung oder andere Gefährdungen initiieren.

Für alle Betriebsarten muss klar sein, welche Sicherheitsfunktionen aktiv sind und insbesondere, welche deaktiviert sind. Bei einem Wechsel zwischen den Betriebsarten muss die vollständige Funktionalität aller Sicherheitsfunktionen wiederhergestellt werden. Falls für sicherheitsbezogene Zwecke vorgesehen, muss die Auswahl der Betriebsart den Anforderungen von (6.1) entsprechen.

Wenn mehr als ein Satz von Grenzen während der Risikobeurteilung definiert wurde (siehe 4.1), muss eindeutig sichtbar und erkennbar sein, welcher Einstellwert gerade aktiv ist. Tabelle 6.3 und Tabelle 6.4 fassen die Hauptmerkmale der Betriebsarten von Servicerobotern zusammen. Nur der autonome Betrieb und der teilautonome Betrieb dürfen an Steuergeräten des Typs 2 aktiv sein (siehe 6.12).

ANMERKUNG Nicht bei allen Robotern sind alle Betriebsarten implementiert.

Tabelle 6.3 — Merkmale der Betriebsarten von mobilen Servicerobotern

Merkmal	Betriebsart			
	Autonomer Betrieb	Teilautonomer Betrieb	Handbetrieb	Instandhaltungsbetrieb
Einleitung der Handlung	Durch den Roboter oder den Anwender	Durch den Anwender	Durch den Anwender	Durch eine befugte Person
Häufigkeit des Eingreifens von Personen	Zweimal oder weniger	Häufig	Ständig	Ständig
Grad der Beaufsichtigung durch Personen	Keine	Geringfügig	Hoch	Hoch

Tabelle 6.3 (fortgesetzt)

Merkmal	Betriebsart			
	Autonomer Betrieb	Teilautonomer Betrieb	Handbetrieb	Instandhaltungsbetrieb
Aufgabenbeispiel	Der mobile Serviceroboter kann ohne das Eingreifen von Personen aufnehmen und tragen.	Der mobile Serviceroboter kann autonom mit minimalem Eingreifen von Personen betrieben werden. Der mobile Serviceroboter kann beispielsweise zu einem durch Eingabe einer Person zu einem zugewiesenen Standort fahren; wenn der Roboter ein gefährliches Objekt oder ein Loch oder eine Lücke in der Bodenoberfläche auf seinem Fahrweg erkennt, kann der Roboter autonom anhalten oder ausweichen, um Gefährdungssereignisse ohne das Eingreifen von Personen entgegen den Anwendereingaben zu vermeiden (d. h. Wechsel in einen Zustand mit minimalem Risiko).	Der mobile Serviceroboter kann entsprechend einer Eingabe der Bedienperson betrieben werden. Wenn der Roboter beispielsweise den eingeschränkten oder vorgesehenen Betriebsbereich verlassen hat, kann er entsprechend den direkten Steuerungseingaben der Bedienperson über externe Steuergeräte (z. B. Joystick-Steuerung) fahren und manipulieren. In diesem Fall wird der Roboter entsprechend den Eingaben einer Person betrieben, aber seine Bewegungen wie etwa jedes Gelenk und/oder jede Antriebskraft werden von dem Roboter autonom gesteuert. Die Eingaben des Anwenders haben jedoch Priorität vor den sicherheitsbezogenen Funktionen des Roboters.	Instandhaltung: Eine befugte Person kann beispielsweise den Betrieb eines bestimmten Geräts des Roboters prüfen, auch wenn die Betriebssicherheitsfunktion des Roboters deaktiviert ist.
Benutzer-einschränkung	Keine	Tastensperre oder Kennwortschutz erforderlich.	Tastensperre oder Kennwortschutz erforderlich.	Tastensperre oder Kennwortschutz erforderlich.

Tabelle 6.4 — Eigenschaften der Betriebsarten tragbarer Roboter

Merkmal	Betriebsart			
	Autonomer Betrieb	Teilautonomer Betrieb	Handbetrieb	Instandhaltungsbetrieb
Einleitung der Handlung	N/A	Durch den Anwender	Durch den Anwender	Durch eine befugte Person
Häufigkeit des Eingreifens von Personen	N/A	Häufig	Ständig	Ständig
Grad der Beaufsichtigung durch Personen	N/A	Hoch	Hoch	Hoch

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

Tabelle 6.4 (fortgesetzt)

Merkmal	Betriebsart			
	Autonomer Betrieb	Teilautonomer Betrieb	Handbetrieb	Instandhaltungsbetrieb
Aufgabenbeispiel	N/A	Tragbare Roboter erkennen menschliche Körperbewegungen wie etwa der Gelenke, Elektromyogramme und liefern die von dem Hersteller gestaltete unterstützende Kraft. Roboter können Eingaben einer Person außer Kraft setzen, z. B. wenn ein tragbarer Roboter innerhalb zugewiesener Winkel und Geschwindigkeiten für menschliche Bewegungen betrieben wird und externe Eingaben durch das Eingreifen von Personen empfängt, kann der Roboter die Eingaben ignorieren, um ein Umkippen des Anwenders zu verhindern, was den Eingaben des Anwenders widerspricht.	Tragbare Roboter liefern die von dem Hersteller gestaltete unterstützende Kraft durch direkte Steuerungseingaben der Bedienperson unter Verwendung eines Steuergeräts des Typs 1 (z. B. Drucktastenschalter). Die Eingabe des Anwenders hat Priorität vor den sicherheitsbezogenen funktionalen Bewegungen des Roboters.	Prüfbetriebsbewegung für die Instandhaltung, z. B. kann eine befugte Person eine bestimmte Gerätebewegung des Roboters entgegen der Sicherheitsfunktion des Roboters ausführen.
Benutzer-einschränkung	N/A	Keine	Keine	Tastensperre oder Kennwortschutz erforderlich.

6.14.2 Autonomer Betrieb

Ein Serviceroboter bewegt sich in seiner Betriebsart automatisch oder autonom. Die durch die Risikobeurteilung definierten erforderlichen Sicherheitsfunktionen für die autonome Betriebsart müssen aktiv sein.

6.14.3 Handbetrieb

Die manuelle Betriebsart (Handbetrieb) muss den Betrieb eines Serviceroboters durch menschliche Intervention ermöglichen. Diese Betriebsart kann für das Einlernen, den Fernbetrieb, die Programmierung und die Programm-Verifizierung des Roboters verwendet werden. Benutzerinformationen müssen geeignete Anweisungen und Warnhinweise enthalten, die darauf hinweisen, dass der Betrieb mit manueller Navigation/Führung erfolgt.

Eine Risikobeurteilung muss durchgeführt werden, um zu bestimmen, welche Schutzeinrichtungen und Schutzmaßnahmen im Handbetrieb aktiv sein sollten, um bestimmte Gefährdungen zu mindern.

Wenn ein Serviceroboter für die Handführung vorgesehen ist, müssen Griffe oder andere Halteflächen in ausreichender Größe vorgesehen werden, soweit erforderlich. Wenn eine handgeführte Bewegung zu gefährlichen Kollisionen oder anderen Gefährdungen führen kann, muss die Bewegung eine dauerhafte Betätigung (Befehleinrichtung mit selbsttätiger Rückstellung) erfordern. Die Mittel für die Handführung müssen es der Bedienperson erlauben, alle von der handgeführten Bewegung betroffenen Gefahrenbereiche zu überwachen.

6.14.4 Teilautonomer Betrieb

Der teilautonome Betrieb muss es der Bedienperson ermöglichen, die Funktionen des Serviceroboters wie etwa Steuerung, Handführung und interaktive Mensch-Roboter-Aufgaben außer Kraft zu setzen, während der Roboter sein Aufgabenprogramm ausführt. Im teilautonomen Betrieb darf der autonome Prozess auch den manuellen Betrieb außer Kraft setzen, z. B. die autonome Kollisionsvermeidungsfunktion. Die Risikobeurteilung muss die mit dem teilautonomen Betrieb verbundenen Gefährdungen bestimmen und sich insbesondere darauf konzentrieren, wie die Intervention beginnt.

Wenn der autonome Prozess den manuellen Betrieb außer Kraft setzt, muss der Serviceroboter der Bedienperson den Status der Außerkraftsetzung eindeutig anzeigen. Die Anzeige der Außerkraftsetzung (z. B. optisch, akustisch, Vibration) sollte so gestaltet sein, dass sie von der Bedienperson leicht zu erkennen ist.

ANMERKUNG Die Kraftunterstützung durch einen tragbaren Roboter gilt nicht als Außerkraftsetzung, wohingegen autonomes Bremsen zur Kollisionsvermeidung, während die Bedienperson auf das Beschleunigungspedal tritt, als Außerkraftsetzung gilt.

Die Priorität des autonomen Prozesses und des manuellen Betriebs muss durch Risikobeurteilung bestimmt werden.

6.14.5 Instandhaltungsbetrieb

Falls der Serviceroboter für Instandhaltungsarbeiten bei verlagerter oder entfernter Schutzeinrichtung und/oder einer deaktivierten nichttrennenden Schutzeinrichtung betrieben werden muss, muss ein Instandhaltungsbetrieb zur Verfügung stehen. Bei einem Wechsel zu dieser Betriebsart muss der Betriebsartwahlschalter gleichzeitig:

- a) alle anderen Steuerungs- und Betriebsarten deaktivieren;
- b) gefährdende Funktionen nur durch Steuerungseinrichtungen zulassen, die eine kontinuierliche Betätigung erfordern (Befehleinrichtung mit selbsttätiger Rückstellung);
- c) gefährdende Funktionen nur unter geminderten Risikobedingungen (z. B. geringe Geschwindigkeit, geringe Kraft) bei gleichzeitiger Vermeidung von Gefahren durch verbundene Abläufe zulassen;
- d) gefährdende Funktionen durch beabsichtigte oder unbeabsichtigte Eingriffe in die Sensoren des Roboters verhindern.

Der Wechsel in den Instandhaltungsbetrieb darf nur über ein geeignetes Mittel möglich sein, das diese Betriebsart verriegelt und ausschließlich aktiviert; z. B. Schlüsselschalter oder andere Mittel, die eine vergleichbare Sicherheit bieten (z. B. Zugang mit Kennwort).

Darüber hinaus darf die Bedienperson bewegliche Teile nur über Stellteile oder Befehlsgeräte, die mit dem Serviceroboter verbunden oder an demselben angebracht sind, steuern, sofern aufgrund der Risikobeurteilung nicht etwas anderes erlaubt ist. Fernsteuerungen (siehe 6.12.2 und 6.12.3) oder kabellose/abnehmbare Befehlsgeräte (siehe 6.12.6) dürfen nicht verwendet werden, während sich der Roboter in dieser Betriebsart befindet, sofern nicht aufgrund der Risikobeurteilung erlaubt. Kabellängen für kabelgebundene Steuerungen in dieser Betriebsart dürfen die maximale Länge, Breite oder Höhe des Roboters (je nachdem, welcher Wert der höchste ist) nicht überschreiten, sofern dies durch die Risikobeurteilung als notwendig erachtet wird.

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

Sofern eine der obigen Bedingungen während des Betriebs mit entfernten trennenden Schutzeinrichtungen oder deaktivierten Sicherheitsfunktionen ungültig wird, muss der Serviceroboter einen Sicherheitshalt nach (6.2.2.3) einleiten.

ANMERKUNG Durch die Befestigung eines Serviceroboters an einem Gerüst zur Einschränkung seiner Bewegung könnte die Instandhaltung ohne Schalten des Roboters in den Instandhaltungsbetrieb möglich sein.

Die Benutzerinformationen (siehe Abschnitt 9) müssen Anweisungen für den Betrieb des Serviceroboters in dieser Betriebsart und Warnhinweise zu Gefährdungen in Verbindung mit dem Betrieb bei entfernten trennenden Schutzeinrichtungen enthalten.

6.15 Cybersicherheit und Datenschutz

6.15.1 Allgemeines

Der Serviceroboter muss jederzeit die Privatsphäre aller Parteien einschließlich seines Eigentümers gegen potentiell bösartige Anwender sicherstellen. Der Zugang zu dem Datenaustausch mit dem Hersteller des mobilen Serviceroboters oder dem Leasing-/Serviceunternehmen darf nur auf vertraglicher Basis erlaubt sein, einschließlich der Festlegung zugänglicher Datentypen und, sofern möglich, Zugangszeit und befugter Anwender. Der Serviceroboter muss ein Verfahren zum Verhindern unbefugter Datenzugriffe bereitstellen.

Bei der Übertragung von Daten, einschließlich personenbezogener und betrieblicher Daten, muss der Serviceroboter die Daten verschlüsseln, um eine Analyse z. B. durch dritte Parteien zu verhindern.

Der Serviceroboter muss darüber hinaus die Stabilität seines Betriebs sicherstellen, indem er sich gegen Hacker oder bösartige Anwender, die die Sicherheit des Roboters oder von Personen beeinträchtigen könnten, zu schützen.

ANMERKUNG 1 Für weitere Informationen zu Cybersicherheit und Datenschutz siehe ISO/TR 22100-4.

ANMERKUNG 2 Für Informationen und Anforderungen zur Sicherheit von industriellen Automatisierungs- und Steuerungssystemen siehe IEC 62443 und IEC/TR 63074.

6.15.2 Maßnahmen für den Datenschutz und die Datensicherheit

Der Serviceroboter darf nicht genutzt werden, um Daten von Menschen, mit denen der Serviceroboter interagiert, ohne vorherige Genehmigung zu sammeln. Der Serviceroboter sollte die Übertragung personenbezogener Daten anzeigen, wenn gesetzliche Anforderungen die Übertragung gesammelter Daten an zuständige Behörden vorschreiben. Wenn künstliche Intelligenz verwendet wird, dürfen die zum Einlernen des Verhaltens des Roboters verwendeten Daten nicht an irgendein Unternehmen oder den Eigentümer des Roboters übertragen werden, sofern dies nicht mit dem Anwender des Roboters vereinbart wurde. Der Serviceroboter darf keine anderen Einlerndaten als die für die Verbesserung seines Verhaltens verwendeten Daten speichern. Personenbezogene Daten müssen vor der Übertragung anonymisiert werden, wenn die betreffenden Informationen nicht auf vertraglicher Basis festgelegt sind.

Der Hersteller und, sofern zutreffend, der Integrator oder Vertriebshändler eines Roboters, muss eine Sicherheits-Risikobeurteilung vornehmen, um alle Risiken in Bezug auf die Datensicherheit und die Privatsphäre zu identifizieren. Die Sicherheits-Risikobeurteilung muss alle vorgesehenen Mittel für den Datenzugriff und die Datenübertragung (z. B. Verbindung des Roboters mit der Cloud des Herstellers) sowie den unbeabsichtigten Zugang aufgrund vernünftigerweise vorhersehbarer Sicherheitsangriffe oder der Manipulation des Roboters (vor Ort durch Netzwerkzugang) berücksichtigen.

Der Roboter und alle angeschlossenen Mittel für die Verarbeitung personenbezogener Daten müssen den Datenschutzvorschriften des Gerichtsstands, an dem der Roboter verwendet wird (z. B. DSGVO in Europa), entsprechen.

Es muss mindestens sichergestellt sein, dass

- der Anwender darüber informiert wird, welche seiner personenbezogenen Daten gesammelt und verarbeitet werden, und von wem;
- der Anwender die Verwendung seiner personenbezogenen Daten verweigern und fordern kann, dass bereits gesammelte Daten gelöscht werden;
- die Sammlung von Daten dritter Parteien auf das Mindestmaß begrenzt wird, das zur Bereitstellung des von dem Roboter bereitgestellten Dienstes erforderlich ist.

ANMERKUNG 1 Wenn einige der obigen Maßnahmen von dem Integrator bereitgestellt werden müssen, sollte der Hersteller diese in dem Benutzerhandbuch angeben.

ANMERKUNG 2 Wenn künstliche Intelligenz/Maschinenlernen in einer Sicherheitsfunktion verwendet wird oder eine Sicherheitsfunktion beeinflussen könnte, kann sie/es die funktionalen Sicherheitsanforderungen in ISO 13849-1:2023 oder IEC 62061:2024 erfüllen.

6.15.3 Maßnahmen für die Verwaltung von Zugangsrechten im Hinblick auf die Cybersicherheit und Stabilität des Betriebs

Ein Serviceroboter muss so gestaltet werden, dass ein unbefugter Zugang zu Daten einschließlich auf dem Roboter gespeicherter personenbezogener Daten und Betriebsdaten von Anwendern wie etwa Herstellern, Integratoren, Vertriebshändlern und bösartigen Anwendern verhindert wird.

BEISPIEL 1 Beispiele für Betriebsdaten sind der Status des Roboters, Managementdaten des Roboters usw.

Ein Serviceroboter muss so gestaltet sein, dass bösartige Anwender daran gehindert werden, zwischen Servicerobotern sowie Servicerobotern und anderen Geräten (z. B. Server und mobile Geräte) ausgetauschte Daten zu erfassen und zu analysieren.

Ein Serviceroboter muss so gestaltet sein, dass bösartige Anwender daran gehindert werden, den normalen Betrieb zu stören, um die Stabilität des Betriebs sicherzustellen.

7 Verifizierung und Validierung

Im Anschluss an die vorgenommene Risikominderung müssen sämtliche Leistungswerte des Serviceroboters, die mit dessen Sicherheit zusammenhängen, verifiziert und validiert werden. Dies muss die Performance der Steuerungen im Hinblick auf die in Abschnitt 5 festgelegten Anforderungen umfassen.

Alle Sicherheitsanforderungen müssen in Übereinstimmung mit der jeweils für sie geltenden Verifizierungs-norm verifiziert werden.

Im Folgenden sind die Einzelheiten zu den Verifizierungs- und Validierungsverfahren beschrieben:

- A (Sichtprüfung): Inspektion des Zustands des Serviceroboters bzw. seiner Einrichtungen und Strukturen mit Hilfe der menschlichen Sinne ohne eine spezielle Inspektionsausrüstung: Die Inspektion erfolgt üblicherweise visuell oder akustisch, wenn der Roboter nicht in Betrieb ist;
- B (praktische Prüfungen): Prüfen des Serviceroboters bzw. seiner Einrichtungen unter normalen und anormalen Bedingungen; Funktionsprüfungen (z. B. Prüfung durch Fehlereinbau), zyklische Prüfungen (z. B. Ermüdungsprüfungen), Leistungsprüfungen (z. B. Prüfung der Bremsleistung);
- C (Messungen): Vergleich tatsächlicher Werte der Merkmale des Serviceroboters mit festgelegten Grenzwerten;
- D (Beobachtung während des Betriebs): Inspektion (nach Verfahren A) der Funktionen des Serviceroboters oder seiner Einrichtungen während des Betriebs unter normalen und anormalen Bedingungen, z. B. mit Nenn-Nutzlasten, in Überlastungssituationen und bei Stoßeinwirkung;

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

- E (Prüfung von Schaltplänen): strukturierte Überprüfung oder Walkthrough des Entwurfs der Schaltpläne (z. B. elektrisch, pneumatisch, hydraulisch) und der damit zusammenhängenden Spezifikationen;
- F (Prüfung der Software): strukturierte Überprüfung oder Walkthrough des Entwurfs von Softwarecodes und damit zusammenhängenden Spezifikationen; im Anschluss sollte eine Codeinspektion oder ein Test des Softwarecodes erfolgen;
- G (Überprüfung der aufgabenbasierten Risikobeurteilung): strukturierte Überprüfung oder Walkthrough der Risikoanalyse, der Risikoeinschätzung und der relevanten Dokumentation;
- H (Prüfung der Auslegung und relevanten Dokumente): strukturierte Überprüfung oder Walkthrough des Entwurfs der Auslegung und der relevanten Dokumente.

8 Benutzerinformation

8.1 Allgemeines

Die Benutzerinformationen bestehen aus Informationen zur ordnungsgemäßen Verwendung eines Serviceroboters. Sie können sich an Anwender und das Instandhaltungspersonal richten. Die Benutzerinformationen für den Anwender und das Instandhaltungspersonal dürfen sich in verschiedenen Dokumenten befinden.

Anleitungen und anderweitige nach diesem Dokument geforderte Texte müssen in einer Amtssprache des Landes abgefasst sein, in der der Serviceroboter für den Verkauf vorgesehen ist.

Kennzeichnungen, Symbole und schriftliche Warnhinweise müssen leicht verständlich und eindeutig sein, insbesondere im Hinblick auf den Teil der Roboterfunktion(en), auf den sie sich beziehen. Leicht verständliche Zeichen (Piktogramme) sollten schriftlichen Warnhinweisen vorgezogen werden. Zeichen und Piktogramme sollten nur verwendet werden, wenn sie in dem Kulturreis, in dem der Serviceroboter verkauft werden soll, verstanden werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass in einer typischen Umgebung für einen Serviceroboter nicht alle Benutzer in der Lage sind, das Handbuch zu lesen oder akustische oder optische Warnzeichen zu bemerken und zu verstehen. Dazu gehören unter anderem folgende Situationen und Benutzergruppen:

- a) Kinder, Senioren, geistig behinderte Personen;
- b) Gäste/Besucher in privaten Bereichen;
- c) Dritte, die sich in öffentlichen Bereichen in der Nähe des Roboters aufhalten.

Ist abzusehen, dass die Benutzerinformation bestimmten Personengruppen nicht zur Verfügung stehen wird, darf dies nicht zu zusätzlichen Risiken führen.

Die durch das Dokument geforderten Kennzeichnungen müssen deutlich lesbar und dauerhaft sein.

ANMERKUNG Hinsichtlich der Dauerhaftigkeit von Kennzeichnungen werden die Auswirkungen des normalen Gebrauchs berücksichtigt. Zum Beispiel gelten Kennzeichnungen mit Farbe oder Email, mit Ausnahme von Glasemail, auf Behältern, die wahrscheinlich häufig gereinigt werden, nicht als dauerhaft.

Mit Ausnahme der in 9.2 beschriebenen Informationen können die Benutzerinformationen außer in der gedruckten Form auch in elektronischer Form bereitgestellt werden, solange sie in jeder Region, in der der Serviceroboter für den Verkauf vorgesehen ist, leicht verfügbar ist.

8.2 Kennzeichnungen oder Hinweise

Kennzeichnungen auf dem Serviceroboter müssen deutlich außen am Roboter oder erforderlichenfalls nach Entfernung einer Abdeckung erkennbar sein.

Mindestens der Name oder die Marke des Herstellers oder verantwortlichen Lieferanten und die Modell- oder Typnummer müssen sichtbar sein, wenn sich der Serviceroboter im normalen Betrieb befindet. Wenn ein Roboter in ein Gebäude oder anderen Rahmen integriert ist (z. B. Möbel), gilt diese Anforderung, nachdem der Roboter entsprechend den mit dem Serviceroboter gelieferten Anleitungen installiert wurde.

Schalter sowie Steuer- und Regeleinrichtungen müssen deutlich gekennzeichnet sein, um Verwechslungen zu vermeiden.

Der Serviceroboter muss mit folgenden Kennzeichnungen versehen sein:

- Firmenname und vollständige Adresse des Herstellers und gegebenenfalls seines bevollmächtigten Vertreters;
- Typ/Bezeichnung des Serviceroboters;
- gegebenenfalls gesetzlich geforderte Kennzeichnungen;
- Serien- oder Typbezeichnung des Serviceroboters;
- Seriennummer, falls vorhanden;
- Baujahr, d. h. das Jahr, in dem der Herstellungsprozess beendet wurde.

Der Grundkörper des Serviceroboters muss mit folgenden technischen Angaben gekennzeichnet sein:

- Bemessungsspannung oder Bemessungsbereich, in Volt;
- Symbol für die Art der Energieversorgung, es sei denn, die Bemessungsfrequenz ist angegeben;
- Bemessungswert der Leistungsaufnahme, in Watt, oder Bemessungsstrom, in Ampere;
- IP-Nummer entsprechend dem Schutzgrad gegen Eindringen von Wasser, außer IPX0;
- Symbol IEC 60417-5172 (2003-02) für Serviceroboter der Schutzklasse II (nach IEC 60335-1:2020);
- Symbol IEC 60417-5180 (2003-02) für Serviceroboter der Schutzklasse III (nach IEC 60335-1:2020); diese Kennzeichnung ist nicht erforderlich bei Servicerobotern, die ausschließlich mit Batterie betrieben werden (Primärbatterien oder Sekundärbatterien, die außerhalb des Serviceroboter aufgeladen werden);
- Masse (in Kilogramm) des Serviceroboters selbst und/oder seiner abnehmbaren Teile, wenn diese schwerer sind als 10 kg.

Einheiten physikalischer Größen und deren Symbole müssen dem Internationalen Einheitensystem (SI) entsprechen.

Ein Serviceroboter mit einem Bereich von Bemessungsspannungswerten, der über diesen gesamten Bereich ohne Anpassungen betrieben werden kann, muss mit dem unteren und dem oberen Grenzwert des Bereichs der elektrischen Bemessungswerte gekennzeichnet sein.

Ein Serviceroboter mit unterschiedlichen Bemessungsspannungswerten, der bei einem bestimmten Wert vom Benutzer oder Installateur für den Gebrauch angepasst werden muss, muss mit den unterschiedlichen Werten gekennzeichnet sein.

Bei einem Serviceroboter, der mit mehr als einer Bemessungsspannung oder mit mehr als einem Bemessungsspannungsbereich gekennzeichnet ist, muss der Bemessungswert der Leistungsaufnahme oder der Bemessungsstrom für jede dieser Bemessungsspannungen oder Bemessungsspannungsbereiche gekennzeichnet sein. Wenn die Differenz zwischen den Grenzwerten eines Bemessungsspannungsbereichs jedoch

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

10 % des arithmetischen Mittels des Bereichs nicht überschreitet, kann die Kennzeichnung für den Bemessungswert der Leistungsaufnahme oder den Bemessungsstrom auf das arithmetische Mittel des Bereichs bezogen werden. Der obere und untere Grenzwert des Bemessungswerts der Leistungsaufnahme oder des Bemessungsstroms muss auf dem Serviceroboters so gekennzeichnet sein, dass der Zusammenhang zwischen Aufnahme und Spannung deutlich ist.

Werden zur Kennzeichnung Symbole verwendet, müssen diese die Anforderungen nach IEC 60417:2024, IEC 60204-1:2021 oder ISO 7010:2019 erfüllen.

ANMERKUNG 1 Es ist zu beobachten, dass die Bedeutung der Symbole in diesen Normen nicht einheitlich ist. So bedeutet zum Beispiel das Symbol IEC 60417-5007 (DB: 2002-10) nur „EIN“ (Leistung), während das gleiche Symbol in IEC 60204-1:2021 „START oder EIN“ bedeutet.

Bei der Kennzeichnung von Schaltern müssen deren unterschiedliche Positionen an mit der Stromversorgung verbundenen Servicerobotern sowie die unterschiedlichen Positionen von Steuer- und Regeleinrichtungen an allen Servicerobotern durch Zahlen, Buchstaben oder sonstige optischen Mittel angegeben werden. Diese Anforderung gilt auch für Schalter, die Teil eines Befehlsgerätes sind.

Werden zur Angabe der unterschiedlichen Positionen Zahlen verwendet, muss die AUS-Stellung durch das numerische Zeichen „0“ und die Position für einen höheren Wert (z. B. Ausgang, Eingang, Geschwindigkeit oder Kühlwirkung) durch eine höhere Zahl angegeben werden.

Das Zeichen „0“ darf für keine andere Angabe verwendet werden, es sei denn, es ist so angeordnet und mit anderen Ziffern verbunden, dass keine Verwechselung mit der Angabe der AUS-Stellung entsteht.

MSR müssen mit einer entsprechenden Sicherheitswarnung und/oder Statusanzeigefunktionen ausgestattet sein, um Anwender im Bedarfsfall zu informieren und zu warnen. Die Sicherheitswarnungs- und Statusanzeigefunktionen von MSR selbst müssen eine entsprechende Konfiguration in Anbetracht der verschiedenen Anwendertypen aufweisen.

ANMERKUNG Es ist möglich, dass Endanwender die Dienste des Roboters nur nutzen, ohne ausreichende Sicherheitskenntnisse zu besitzen oder eine vorherige Sicherheitsaufklärung erhalten zu haben, während Bedienpersonen auch über ausreichende Kenntnisse über den Roboter verfügen.

Für Signale und Warneinrichtungen dürfen optische Signale (z. B. blinkende Lichter) und akustische Signale (z. B. Sirenen) verwendet werden, um vor einem bevorstehenden gefährdenden Ereignis zu warnen (z. B. Anlaufen des Serviceroboters oder Geschwindigkeitsüberschreitung). Derartige Signale dürfen auch verwendet werden, um die Bedienperson vor dem Auslösen automatischer Schutzmechanismen zu warnen.

Diese Signale müssen:

- eindeutig und von allen übrigen verwendeten Signalen deutlich zu unterscheiden sein;
- von anderen unterschieden werden können (z. B. geringfügige Warnungen von schwerwiegenderen Warnungen) und
- für die Bedienperson und weitere Personen deutlich erkennbar sein.

Die Warneinrichtungen müssen so konstruiert und angeordnet sein, dass ein Überprüfen leicht erfolgen kann. Die Benutzerinformation muss, falls sinnvoll, regelmäßige Überprüfungen der Warneinrichtungen vorschreiben.

Lautstärken für Warnhinweise sollten auf der Grundlage der Umgebung so gewählt werden, dass sie hörbar sind, aber nicht stören oder verängstigen.

ANMERKUNG 1 Eine Lautstärke von 5-10 dB über dem mittleren Hintergrundgeräusch ist üblicherweise ausreichend.

Konstrukteure werden auf die Möglichkeit einer „Überlastung des Benutzers“ durch zu viele Signale hingewiesen, was zu Verwirrung führen kann, so dass die Wirksamkeit der Warnhinweise nicht mehr gegeben ist.

ANMERKUNG 2 Oft ist ein Einbeziehen der Benutzer erforderlich.

Wenn bei austauschbaren Schutzeinrichtungen die Übereinstimmung mit diesem Dokument vom Betrieb einer/-s austauschbaren Temperatursicherung oder Sicherungseinsatzes abhängt, müssen deren Referenznummer oder anderweitige Mittel zur Identifizierung an einer Stelle angegeben sein, die deutlich sichtbar ist, wenn der Serviceroboter so weit demontiert wurde, wie für den Austausch der Sicherung erforderlich.

ANMERKUNG 3 Eine Kennzeichnung auf der Sicherung ist zulässig, solange die Kennzeichnung auch lesbar ist, nachdem die Sicherung ausgelöst hat.

Diese Anforderung gilt nicht für Sicherungen, die nur zusammen mit einem Teil des Serviceroboters ausgetauscht werden können.

8.3 Benutzerhandbuch

Dem Serviceroboter muss ein Benutzerhandbuch beiliegen, damit er wie vorgesehen verwendet werden kann. Das Benutzerhandbuch muss Folgendes enthalten:

- a) eine ausführliche Beschreibung des Serviceroboters;
- b) den gesamten Anwendungsbereich, für den der Serviceroboter vorgesehen ist, einschließlich gegebenenfalls unerlaubte Verwendungen unter Berücksichtigung möglicher Veränderungen des ursprünglichen Serviceroboters;
- c) Befehlsgeräte;
- d) Einstellung und Anpassung;
- e) Betriebsarten und Mittel zum Anhalten (insbesondere Not-Halt);
- f) besondere Risiken, einschließlich Restrisiken, die durch bestimmte Funktionen und durch Verwendung bestimmter Zubehörteile erzeugt werden können, sowie die für derartige Funktionen notwendigen technischen Schutzeinrichtungen;
- g) vernünftigerweise vorhersehbarer falscher Gebrauch und unerlaubte Anwendungen wie das Spielen von Kindern mit dem Serviceroboter;
- h) Identifikation und Lagebestimmung von Fehlern für Rücksetzen und Neustart nach einem Eingriff;
- i) die bei einem Unfall oder Ausfall zu befolgende Betriebsweise.

ANMERKUNG Bedienungshinweise können auf dem Serviceroboter selbst angebracht werden, solange sie bei normalem Gebrauch sichtbar sind.

Müssen bei vom Benutzer ausgeführten Instandhaltungsmaßnahmen Schutzvorkehrungen getroffen werden, sind entsprechende Einzelheiten anzugeben.

Anleitungen für Serviceroboter mit integrierten Batterien, die vom Benutzer auszutauschen sind, müssen Folgendes enthalten:

- Typenbezeichnung der Batterie;
- korrektes Vorgehen beim Laden sowie die richtige Ausrüstung dafür;

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

- Verfahren des Batterieaustausches;
- Einzelheiten zum sicheren Entsorgen gebrauchter Batterien;
- Warnung vor Verwendung nicht wiederaufladbarer Batterien;
- Warnung vor falscher Behandlung von Batterien (z. B. Tiefentladen von Lithiumbatterien);
- Umgang mit auslaufenden Batterien.

Ist es erforderlich, während der Installation des Serviceroboters Vorsichtsmaßnahmen zu treffen, müssen entsprechende Einzelheiten angegeben werden. Ist vorgesehen, dass die Installation nur durch Instandhaltungspersonal erfolgt, muss diese Information in einem Service-Handbuch enthalten sein.

Die Betriebsanleitung muss Informationen zum Transport und zur Handhabung und Aufbewahrung des Serviceroboters enthalten, z. B.

- Massewert(e), Lage des Schwerpunkts/der Schwerpunkte;
- Angaben zur Handhabung (z. B. Zeichnung, auf der die Hebepunkte für eine Hebeausrüstung angegeben sind);
- Umgebungsbedingungen für die Aufbewahrung.

Informationen zur Demontage, zur Deaktivierung und Verschrottung des Serviceroboters sind ebenfalls mit aufzunehmen.

8.4 Service-Handbuch

Das Service-Handbuch muss Anleitungen zu Instandhaltung/Wiederanschluss des Serviceroboters enthalten, die eindeutiges Fachwissen oder bestimmte Fertigkeiten erfordern und daher ausschließlich von Fachkräften ausgeführt werden dürfen (z. B. Instandhaltungspersonal, Spezialisten).

Instandhaltungsanleitungen für Fachkräfte und Instandhaltungsanleitungen für Laien müssen deutlich voneinander getrennt werden.

Instandhaltungsanleitungen müssen ausreichende Informationen enthalten, um das gleiche Niveau an Sicherheit, Qualität und Funktionalität des Serviceroboters aufrechtzuerhalten.

Die zusammen mit dem Serviceroboter gelieferten Informationen müssen gegebenenfalls Folgendes umfassen:

- a) eine eindeutige und umfassende Beschreibung der Ausrüstung, Installation und Montage und des Anschlusses an die Stromversorgung(en);
- b) Anforderungen der Stromversorgung;
- c) gegebenenfalls Informationen zur physikalischen Umgebung (z. B. Beleuchtung, Vibration, Geräuschpegel, Schadstoffe in der Atmosphäre);
- d) Informationen (sofern zutreffend) zu Folgendem:
 - für die Einrichtung, Verwendung oder Instandhaltung des Serviceroboters erforderliche Programmierung;
 - Abfolge des/der Bedienvorgangs/-vorgänge;
 - Inspektionshäufigkeit;

- Häufigkeit und Verfahren von Funktionsprüfungen;
- Anleitungen zu Anpassung, Instandhaltung und Instandsetzung, insbesondere hinsichtlich der Schutzeinrichtungen und Schaltkreise;
- Liste der empfohlenen Ersatzteile;
- Liste der mitgelieferten Werkzeuge;
- e) Beschreibung (einschließlich Schaltdiagramme) der Schutzeinrichtungen, Verriegelungsfunktionen und Verriegelung trennender Schutzeinrichtungen gegen Gefährdungen, insbesondere bei mehreren koordiniert arbeitenden Servicerobotern;
- f) Beschreibung des Schutzes und gegebenenfalls der vorgesehenen Mittel zum Aussetzen des Schutzes (z. B. für das Vornehmen von Einstellungen oder für Instandhaltung);
- g) Anleitungen zu Vorgehensweisen der Sicherung des Roboters für eine sichere Instandhaltung;
- h) Informationen zu Lastströmen, Spitzenanlaufströmen und zulässigen Spannungsabfällen, sofern zutreffend;
- i) Informationen zu den Restrisiken aufgrund der getroffenen Schutzmaßnahmen.

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
prEN ISO 13482:2024 (D)**
**Anhang A
(informativ)**
Liste der von einem Serviceroboter ausgehenden signifikanten Gefährdungen

Einer der wesentlichen Schritte bei der Durchführung einer Risikobeurteilung nach ISO 12100:2010 ist eine Analyse zur Identifikation von Gefährdungen.

Diese Form der Analyse ist ein systematisches Verfahren zur Identifizierung potentieller Gefährdungen, die von einem System oder einer Maschine verursacht werden können, und zwar basierend auf einem Aspekt der allgemeinen System- oder Maschinenspezifikation. Systematische Verfahren können die Analyse der funktionsbezogenen Spezifikationen oder Schnittstellen umfassen, die Analyse von Gefährdungen, die bei ähnlichen, bereits entwickelten Produkten aufgetreten sind, oder es können umfassende Gruppen/Listen generischer Gefährdungstypen verwendet werden.

Angesichts der Vielfalt an möglichen Anwendungen von Servicerobotern ist es nicht praktikabel, eine einzelne Liste mit Gefährdungen zu erstellen, die alle relevanten Gefährdungen umfassend abdeckt. Es ist jedoch möglich, eine Liste der Gefährdungen bereitzustellen, die alle Anwendungen in den Ergebnissen mindestens abdecken sollten.

Für alle in diesem Dokument behandelten Serviceroboter stellt Tabelle A.1 eine kombinierte Liste bereit, welche als Empfehlung für die Gefährdungsabdeckung anzusehen ist, die mit einer Gefährdungsidentifizierung mindestens erreicht werden sollte. Die Ergebnisse der spezifischen Gefährdungsidentifizierung sollten mit der Liste verglichen werden. Wenn die Ergebnisse nicht die gesamte Gruppe von Gefährdungen der Liste abdecken, dann sollten die Ergebnisse so erweitert werden, dass auch die verbleibenden Gefährdungen abgedeckt sind.

Tabelle A.1 — Gefährdungen durch Serviceroboter

Nr.	Gefährdungskategorie	Gefährdungsanalyse		Abschnitte mit Sicherheitsanforderungen	Bemerkung
		Gefährdung	Mögliche Folge		
1.	Gefährdungen durch Laden der Batterie	Überladen der Batterie	Brand, Ausstoß schädlicher Dämpfe oder Stoffe	4.2.2	
2.		Laden tiefentladener Batterien	Brand, Ausstoß schädlicher Dämpfe oder Stoffe	4.2.2	
3.		Kontakt mit stromführenden Batterieklemmen	Elektrischer Schlag	4.2.2 6.1.3	
4.		Batteriekurzschluss	Brand, Ausstoß schädlicher Dämpfe oder Stoffe	4.2.2	
5.	Gefährdungen durch Energiespeicherung und -versorgung	Schädigender Kontakt mit Quellen mit hoher elektrischer Energie	Elektrischer Schlag, Verbrennungen	4.2.1	
6.		Elektrische Bauteile/ Teile führen im Fehlerzustand Strom	Elektrischer Schlag	4.2.1	

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

Nr.	Gefährdungs-kategorie	Gefährdungsanalyse		Abschnitte mit Sicherheits-anforderungen	Bemerkung
		Gefährdung	Mögliche Folge		
7.		Schädigender Kontakt mit Quellen mit hoher mechanischer Energie	Quetschungen, Schnittwunden, Fangen, Verbrennungen	4.2.1	Teile mit hoher mechanischer Energie sind unter anderem sich drehende/schnell bewegende Teile, Hochdruckhydraulik oder -pneumatik, brennstoffverbrauchende Baugruppen
8.		Schädigender Kontakt mit Quellen mit hoher pneumatischer Energie	Quetschungen, Schnittwunden, Fangen, Injektion	4.2.1	
9.		Schädigender Kontakt mit Quellen mit hoher hydraulischer Energie	Quetschungen, Schnittwunden, Fangen, Injektion	4.2.1	
10.		Schädigender Kontakt mit Quellen mit hoher chemischer Energie	Verbrennungen, Irritationen	4.2.1	
11.		Schädigender Kontakt mit Quellen mit hoher Temperatur/hoher thermischer Energie	Verbrennungen	4.2.1	
12.		Ungesteuerte Freisetzung gespeicherter Energie (schnelle Ableitung, Explosion)	Brand, Verbrennungen, Quetschungen, Stichwunden, Schnittwunden	4.2.2	Gespeicherte Energie kann in pneumatischen und hydraulischen Druckspeichern, Kondensatoren, Batterien, Federn, Gegengewichten, Schwungrädern usw. auftreten
13.		Stromausfall	Quetschungen, Fangen, Fallenlassen von Lasten, unkontrollierte Fortbewegung	4.2.4 6.2.3	
14.		Unbeabsichtigtes Herunterfahren	Quetschungen, Fangen, fallengelassene Lasten	4.2.4	
15.		Überlast	Brand	4.2.4	
16.		Teilweiser Stromausfall (Spannungsmangel)	Sonstige Gefährdungen	4.2.4	
17.		Gefährdende elektrostatische Entladung	Elektrischer Schlag	4.4.1	
18.	Gefährdungen durch Einschalten des Roboters	Unbeabsichtigtes/unerwartetes Einschalten	Sonstige Gefährdungen	4.3 6.3 6.10	
19.		Ausführen gefährdender Handlungen während des Einschaltens oder Neustarts	Sonstige Gefährdungen	4.3 6.10	

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
prEN ISO 13482:2024 (D)**
Tabelle A.1 (fortgesetzt)

Nr.	Gefährdungskategorie	Gefährdungsanalyse		Abschnitte mit Sicherheitsanforderungen	Bemerkung
		Gefährdung	Mögliche Folge		
20.	Gefährdungen durch die Form des Roboters	Scharfe Kanten	Schnittwunden, Abschneidung, Stichwunden, Abschürfungen	4.5	
21.		Öffnungen oder Lücken zwischen sich bewegenden Teilen	Quetschungen, Fangen, Kneifen, Schnittwunden, Abschneidung, Abschürfungen	4.5	
22.		Gefährdendes Ablösen/Fallenlassen von Teilen	Quetschen, Fangen	4.5	
23.		Gefährdungen durch Roboterprofil bei Zusammenstößen	Stoßverletzungen, Quetschungen, Fangen, Schnittwunden	4.5	
24.	Gefährdungen durch Lärm	Gefährdende Lärmpegel	Hörverlust, Stress, Unbehagen, Gleichgewichtsverlust, Bewusstseinsverlust	4.7.1	
25.		Gefährdende Ultraschallemissionen vom Roboter	Hörverlust, Stress, Unbehagen, Gleichgewichtsverlust, Bewusstseinsverlust	4.7.1	
26.	Gefährdungen durch mangelnde Wahrnehmung	Fehlende Geräusche/geräuscharmer Betrieb	Zusammenstöße mit Personen (was zu Stoßverletzungen führt) oder sonstigen gefährlichen Hindernissen	4.13 6.1.2 6.2.3	Diese Gefährdung sollte auch dann berücksichtigt werden, wenn ein Serviceroboter Benutzer mit Hörschwierigkeiten haben kann, die daher den Roboter auch dann nicht wahrnehmen, wenn er Geräusche erzeugt. Nicht für tragbare Roboter anwendbar.
27.	Gefährdende Vibration	Schädigende Vibrationspegel	Sehnenentzündungen, Rückenschmerzen, Unbehagen, Neurosen, Gelenkschmerzen, Bewegungskrankheit und sonstige vibrationsbedingte Verletzungen	5.5	
28.		Schlechtere Lesbarkeit von Anzeigen aufgrund von Vibrationen	Schädigende Ereignisse durch falsche Benutzeraktion oder Verlust der Kontrolle des Benutzers	5.5	
29.	Gefährdende Stoffe und Flüssigkeiten	Kontakt mit schädlichen Stoffen/Flüssigkeitsemissionen aus dem Serviceroboter (z. B. Hydraulikflüssigkeit)	Verbrennungen, Irritationen, Sensibilisierung	4.7.2	

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

Nr.	Gefährdungs-kategorie	Gefährdungsanalyse		Abschnitte mit Sicherheits-anforderungen	Bemerkung
		Gefährdung	Mögliche Folge		
30.		Aus dem Serviceroboter austretende flüchtige Lösemittel, Dämpfe	Sensibilisierung, Irritationen, Erstickung, Blendung	4.7.2	
31.		Allergische Reaktion auf Kontakt mit Roboteroberflächen	Irritationen, Sensibilisierung	4.7.2	
32.	Gefährdende Umgebungsbedingungen	Hohes Staubaufkommen	Brand, sonstige Gefährdungen	4.14	Zu berücksichtigen, wenn ein Serviceroboter vorgesehen ist für den Einsatz: — im Haushalt — in Umgebungen mit hohem Anteil an feinem Staub oder fein gemahlenen Stoffen (z. B. in Küchen) — über lange Zeiträume zwischen Instandhaltungs-inspektionen
33.		Sand	Abgeschliffene Oberflächen, die scharfe Kanten hervorbringen; Blockierung beweglicher Teile, was zu unsicheren Posen/Konfigurationen führt; verschlechterte Bremsleistung, was zu Zusammenstößen führt	4.14	Zu berücksichtigen, wenn ein Serviceroboter für den Einsatz in Außenbereichen vorgesehen ist.
34.		Einwirkung von Schnee, Eis auf den Serviceroboter	Blockierung beweglicher Teile, Kurzschlüsse, falsche Aktion durch Sensorstörung, sonstige Gefährdungen	4.14	Zu berücksichtigen, wenn ein Serviceroboter für den Einsatz in winterlichen Umgebungen oder in kalten Zonen vorgesehen ist.
35.		Einwirkung von Wasser, Feuchtigkeit auf den Serviceroboter	Kurzschluss, der zu Funktionsausfällen, Brand, Stromausfall führt	4.14	Zu berücksichtigen, wenn ein Roboter für den Einsatz im Freien oder in der Nähe von Gewässern oder Wasserquellen oder Spritzer verursachenden Quellen vorgesehen ist.

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
prEN ISO 13482:2024 (D)**
Tabelle A.1 (fortgesetzt)

Nr.	Gefährdungs-kategorie	Gefährdungsanalyse		Abschnitte mit Sicherheits-anforderungen	Bemerkung
		Gefährdung	Mögliche Folge		
36.		Einwirkung von salzhaltigen Atmosphären oder Salzwasserspritzern auf den Roboter (z. B. in Meeres- oder Küstenregionen)	Versagen der Roboterkonstruktion, sonstige Gefährdungen durch korrosionsbedingte Funktionsausfälle, Ausfall der Batterie/Energieversorgung, Gefährdungen durch Kurzschlüsse	4.14	Zu berücksichtigen, wenn ein Serviceroboter für den Einsatz im Freien in der Nähe von Ozeanen, Meeren oder sonstigen Salzgewässern (oder auf Booten oder Schiffen) vorgesehen ist.
37.	Extrem-temperaturen	Heiße Oberflächen	Verbrennungen, Stress, Unbehagen	4.7.3	
38.		Kalte Oberflächen	Verbrennungen, Frostbeulen, Stress, Unbehagen	4.7.3	
39.		Schlechtere Lesbarkeit der Anzeigen	Schädigende Ereignisse durch falsche Benutzeraktion oder Verlust der Kontrolle des Benutzers	4.7.3	
40.	Gefährdende nicht-ionisierende Strahlung	Roboter sendet schädigende nichtkohärente optische Strahlung aus	Verbrennungen, Verletzung der Augen	4.7.4	
41.		Roboter sendet schädigende kohärente optische (Laser-)Strahlung aus	Verletzung der Augen (blinde Flecken, vollständige Erblindung)	4.7.4	Nicht für tragbare Roboter anwendbar.
42.		Roboter sendet elektromagnetische Störstrahlen in schädigendem Umfang aus	Gefährdende Wirkung auf medizinische Implantate/Geräte, externe Maschinen, elektronische Systeme, Infrastruktursteuerungen (z. B. Transport, Elektrizitätsverteilung, Beleuchtungssysteme, Telekommunikation)	Nicht im Anwendungsbereich dieses Dokuments. Siehe EMV-Normen (z. B. Normenreihe IEC 61000) für relevante Anforderungen	

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

Nr.	Gefährdungs-kategorie	Gefährdungsanalyse		Abschnitte mit Sicherheits-anforderungen	Bemerkung
		Gefährdung	Mögliche Folge		
43.	Gefährdende ionisierende Strahlung	Roboter sendet ionisierende Strahlung in schädigendem Umfang aus	Strahlungskrankheit, Auswirkungen auf die Fortpflanzungsfähigkeit, Mutation	4.7.4	Quellen ionisierender Strahlung sollten in Servicerobotern nicht angewendet werden, es sei denn, es bestehen für die vorgesehene Anwendung des Roboters keine Alternativen. Jede Anwendung ionisierender Strahlung sollte Gegenstand einer eigenen Risikobeurteilung sein.
44.	Gefährdung durch elektromagnetische Störung	Ausfall der Sicherheitsfunktionen durch elektromagnetische Störung von außen	Für jede Funktion definiert	4.8	Für alle Sicherheitsfunktionen des Serviceroboters zu berücksichtigen
45.		Unbeabsichtigte Betätigung der Funktionen durch elektromagnetische Störung von außen	Für jede Funktion definiert	4.8	Für alle Funktionen des Roboters zu berücksichtigen (sowohl Anwendungs-/Servicefunktionen als auch Sicherheitsfunktionen) Folgen und betroffene Bereiche entsprechend einer funktionsbezogenen Gefährdungsanalyse (siehe Nr. 66)
46.		Gefährdende Bewegung des Serviceroboters durch elektromagnetische Störung von außen (z. B. unkontrolliertes Fortbewegen, unbeabsichtigte Armbewegungen)	Quetschungen, Fangen, Stoßeinwirkung, Zusammenstoß, Schnittwunden, Abschneidungen	4.8	
47.		Unsicherer Roboterzustand durch elektromagnetische Störung von außen	Quetschungen, Fangen, Stoßeinwirkung, Schnittwunden, Abschneidungen, Brand, Verbrennungen	4.8	

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
prEN ISO 13482:2024 (D)**
Tabelle A.1 (fortgesetzt)

Nr.	Gefährdungskategorie	Gefährdungsanalyse		Abschnitte mit Sicherheitsanforderungen	Bemerkung
		Gefährdung	Mögliche Folge		
48.	Gefährdungen durch Stress, Körperhaltung und Benutzung	Anstrengende Körperhaltung für die Bedienung des Roboters erforderlich	Muskel-Skelett-Erkrankungen	4.9.2	
49.		Gefährdungen durch Stress, Körperhaltung und Benutzung	Betriebsumgebungen, die körperliches Unbehagen auslösen Ermüdung, Muskelzerrung oder -entzündung	4.9.2	Ermüdung kann durch dauerhaft in unbekanntem Ausmaß vorhandene Töne/ Geräusche, Licht, Wärme oder sonstige Faktoren entstehen
50.		Falsche Annahmen zur Körpergröße des Benutzers	Anstrengende Körperhaltung, Ermüdung des Benutzers, Muskelverletzungen/-erkrankungen	4.9	
51.		Schlechte Gestaltung der Benutzerschnittstelle und/oder schlechte Anordnung der Anzeigen und Bildschirme	Unbehagen dadurch, dass der Benutzer den Serviceroboter missversteht	4.9.3	
52.			Langsame Reaktion des Benutzers in Gefährdungssituationen	4.9.3	Für alle Sicherheitsfunktionen zu berücksichtigen, die eine zügige Benutzeraktion über die Benutzerschnittstelle erfordern
53.			Übermäßig hoher Anteil falsch positiver Alarmmeldungen, was den Benutzer dazu veranlasst, Alarne zu ignorieren/ abzuschalten, was dazu führt, dass nicht auf Alarmsignale reagiert wird	4.9.3	
54.			Schlechte Beziehung zwischen Steuerung und Anzeige, was zu falschen/ unangemessenen Reaktionen des Benutzers führt	4.9.3	Leiden Benutzer unter einer sich verschlechternden Erkrankung, sollten auch ihre sich ändernde körperliche Leistungsfähigkeit berücksichtigt werden
55.		Schlechte Sichtbarkeit des Serviceroboters	Auftreten weiterer Gefährdungen infolge menschlichen Versagens	4.9	

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

Nr.	Gefährdungs-kategorie	Gefährdungsanalyse		Abschnitte mit Sicherheits-anforderungen	Bemerkung
		Gefährdung	Mögliche Folge		
56.	Gefährdungen durch die Roboterbewegung	Mechanische Instabilität (Umkippen, Fallen, zu starkes Neigen)	Quetschungen, Fangen, fallengelassene Lasten	4.10.2 5.8	
57.		Mechanische Instabilität – Umkippen beim Handhaben von Lasten	Quetschungen, Fangen, fallengelassene Lasten	4.10.2 5.8	
58.		Gefährdungen durch die Roboterbewegung	Quetschen, Fangen, Abschneiden/Abtrennen, fallengelassene Lasten	4.10.3 5.8	Grundlegende Bewegungsmuster sind: <ul style="list-style-type: none">— Vorwärts-/Rückwärtsbewegung— Drehung— Abbiegen/Wenden— Beschleunigung— Abbremsen Gilt nicht für am Körper fixierte tragbare Roboter.
59.		Instabilität – unkontrollierte Bewegungen während grundlegender Bewegungsmuster	Zusammenstoß, fallengelassene Lasten, Beschädigung der Umgebung	4.10.3	
60.		Fahrt-Instabilität – Überfahren aufgrund von falscher Position des Fahrgasts	Quetschen, Fangen, Abschneiden/Abtrennen, fallengelassene Lasten	4.10.3	Gilt nur für Personbeförderungsroboter
61.		Instabilität beim Tragen von Lasten – beim Ausführen von Aufgaben herabfallende oder fallengelassene Objekte	Beschädigung der Umgebung, Freisetzung schädlicher Stoffe, Verbrennungen (durch heiße Flüssigkeiten), Abschneiden/Abtrennen (durch scharfe Objekte)	4.10.4	
62.		Instabilität bei Kollision – Überfahren oder Umkippen nach einer Kollision	Quetschen, Fangen, Abschneiden/Abtrennen, fallengelassene Lasten	4.10.5	Nicht für tragbare Roboter anwendbar.
63.		Instabilität bei Kollision – unkontrollierte Bewegungen nach einer Kollision	Zusammenstoß, fallengelassene Lasten, Beschädigung der Umgebung	4.10.5	Nicht für tragbare Roboter anwendbar.
64.		Abtrennen von Körperteilen nach einer Kollision	Quetschen, Fangen	4.10.5	
65.		Instabilität während des Anbringens eines tragbaren Roboters	Quetschungen, Fangen, Stoßverletzungen	5.9	Nur für tragbare Roboter anwendbar
66.		Instabilität während des Abnehmens eines tragbaren Roboters	Quetschungen, Fangen, Stoßverletzungen	5.9	Nur für tragbare Roboter anwendbar

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
prEN ISO 13482:2024 (D)**
Tabelle A.1 (fortgesetzt)

Nr.	Gefährdungskategorie	Gefährdungsanalyse		Abschnitte mit Sicherheitsanforderungen	Bemerkung
		Gefährdung	Mögliche Folge		
69.	Gefährliche Kollision	Kollision mit Objekten	Stumpfes Trauma, Verletzungen durch Quetschung/Abschneiden	4.10.6 6.1.2 6.2.3	Nicht für tragbare Roboter anwendbar.
70.		Zusammenstoß mit anderen Robotern	Quetschungen, Fangen, fallengelassene Lasten	4.10.6 6.1.2 6.2.3	Nicht für tragbare Roboter anwendbar.
71.		Kollision mit zerbrechlichen Objekten	Beschädigung der Umgebung, fallengelassene Lasten, Freisetzung schädlicher Stoffe, Verbrennungen (durch heiße Flüssigkeiten), Schnittwunden/Ab-schneidungen (durch scharfe Objekte)	4.10.6 6.1.2 6.2.3	Gilt nicht für am Körper fixierte tragbare Roboter.
71.		Zusammenstoß mit Wänden, dauerhaften/unbeweglichen Barrieren	Beschädigung der Umgebung, Freisetzung schädlicher Stoffe, Verbrennungen (durch heiße Flüssigkeiten), Abschneiden/Abtrennen (durch scharfe Objekte)	4.10.6 6.1.2 6.2.3	Nicht für tragbare Roboter anwendbar.

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

Nr.	Gefährdungs-kategorie	Gefährdungsanalyse		Abschnitte mit Sicherheits-anforder-ungen	Bemerkung
		Gefährdung	Mögliche Folge		
73.	Gefährdender physischer Kontakt während der Mensch-Roboter-Kooperation	Nichterkennung von Personen im Arbeitsbereich	Kollision mit Personen (siehe Nr. 62)	4.10.7	Für alle Funktionen und Aufgaben zu berücksichtigen (service-/anwendungsbezogen und sicherheitsbezogen) Nicht für tragbare Roboter anwendbar.
74.		Gefährliche Reaktionskräfte bei taktiler Interaktion	Schnittwunden/Abschneidung, Quetschungen, Fangen	4.10.7	Für alle geplanten Aufgaben, die eine taktile Mensch-Roboter-Kooperation umfassen, zu berücksichtigen. Die physikalischen Parameter sollten dabei (sofern zutreffend) umfassen: <ul style="list-style-type: none">— Reibung zwischen Haut und Roboter— Scherbeanspruchung— dynamischer Stoß— Drehmoment— Schwerpunktbögen— Verschiebung von Belastungszonen— Unterstützung des menschlichen Körpers
75.		Taktile Interaktion mit Roboterteilen, die dafür nicht vorgesehen sind	Verletzungen durch stumpfe Gewalteinwirkung, Fangen, Quetschungen	4.10.7	

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
prEN ISO 13482:2024 (D)**
Tabelle A.1 (fortgesetzt)

Nr.	Gefährdungskategorie	Gefährdungsanalyse		Abschnitte mit Sicherheitsanforderungen	Bemerkung
		Gefährdung	Mögliche Folge		
76.	Unzureichende Haltbarkeit	Versagen von Roboterteilen aufgrund unzureichender Haltbarkeit	Sonstige Gefährdungen	4.11	Für alle Funktionen und Aufgaben zu berücksichtigen. Mangelnde Haltbarkeit kann Folgendes umfassen (sofern zutreffend): <ul style="list-style-type: none"> — mechanische Beanspruchung/Ermüdung — Temperaturwechselbeanspruchung/Ermüdung — Werkstoffe und deren Eigenschaften — Vibration und sonstige Emissionen — Umgebungsbedingungen (normal und ungünstig) — Normalbetrieb — vorhersehbarer abnormaler Betrieb (unerwartete Fahrzeuge, Lasten) — vorhersehbarer falscher Gebrauch (z. B. Überlastung, Vandalismus)
77.	Gefährdende autonome Handlungen	Schädigende Handlungen während der Ausführung von Aufgaben	Sonstige Gefährdungen	4.12	Für alle Funktionen und Aufgaben des Serviceroboters (sowohl sicherheits- als auch service-/anwendungsbezogen) ist eine funktionsbezogene Gefährdungsanalyse erforderlich
78.	Gefährdender Kontakt mit beweglichen Teilen	Schädigender Kontakt mit beweglichen mechanischen Teilen	Einziehen, Fangen, Quetschungen, Schnittwunden	4.13	

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

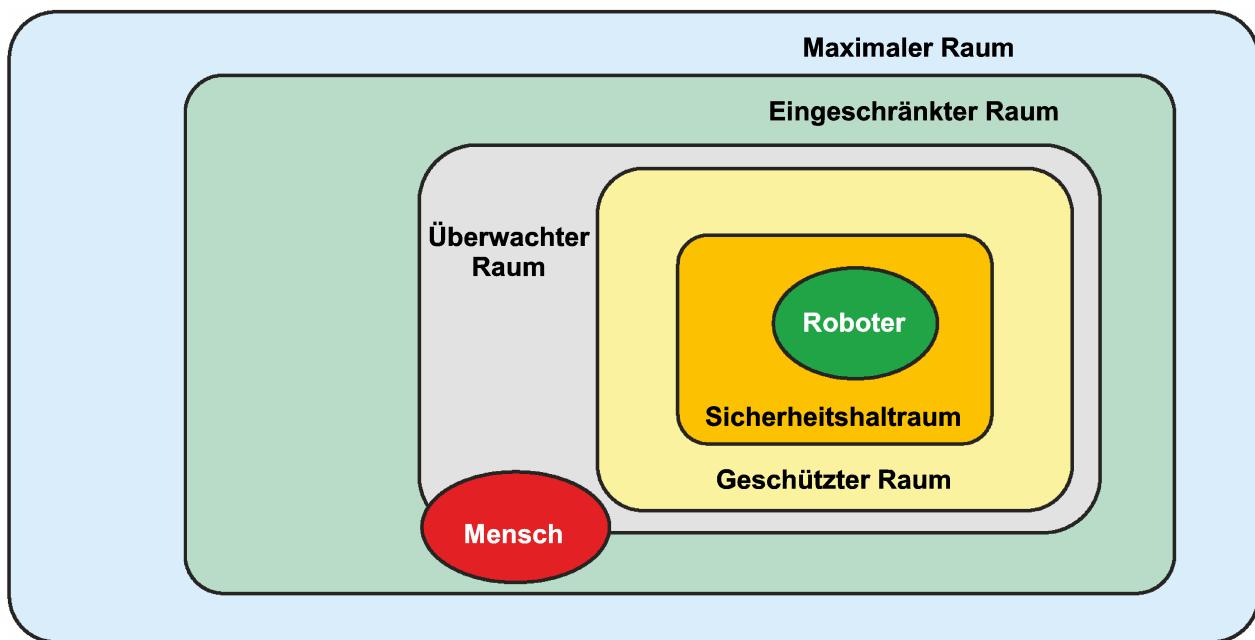
Nr.	Gefährdungs-kategorie	Gefährdungsanalyse		Abschnitte mit Sicherheits-anforderungen	Bemerkung
		Gefährdung	Mögliche Folge		
79.	Gefährdungen durch Lokalisierungs- und Navigationsfehler	Lokalisierungsfehler, die eine unerwartete Bewegung des Serviceroboters verursachen	Quetschungen, Fangen, Stoßverletzungen, fallengelassene Lasten	4.15	
80.		Lokalisierungsfehler, die zum Eindringen in eine untersagte Zone führen	Zusammenstoß, Quetschungen, Fangen, Stoßverletzungen, fallengelassene Lasten	4.15	
81.		Lokalisierungsfehler die eine mechanische Instabilität verursachen	sich Überschlagen, Quetschungen, Fangen, fallengelassene Lasten	4.15	
82.		Navigationsfehler, die das Erreichen von Zielorten oder das Vermeiden gefährlichen Hindernisse verhindern	Kollision, Quetschungen, Fangen, Stoßverletzungen, Beschädigung der Umgebung	4.15	
83.	Singularität	Singularität	Kollision, Quetschungen, Stoßverletzungen, fallengelassene Lasten	6.9	
84.	Blockierung von Fluchtwegen	Blockierung von Fluchtwegen	Fangen, Quetschungen, psychische Belastung	6.10	
85.	Geringe Zuverlässigkeit des Befehlsgeräts	Schlechte/verlorene Verbindung/Kommunikation mit dem Roboter	Kollision, Quetschungen, Stoß, Überfahren, unkontrollierte Bewegungen	6.12	
86.	Gefährliche Änderung der Betriebsart	Unerwartetes Anlaufen	Kollision, Quetschungen, Stoß, Überfahren	6.14	
87.	Hacken	Unbeabsichtigte Bewegung, Ausfall des Roboters	Kollision, Quetschungen, Stoß, Überfahren, unkontrollierte Bewegungen	6.15	
88.	Relative Bewegung zwischen einem Roboter und einem Anwender	Druck, Scherspannung, Kraft	Hautverletzung, Druckgeschwür, Blasen, Einengung	5.4	
89.	Falsches Anbringen	Druck, Scherspannung, Kraft	Hautverletzung, Druckgeschwür, Blasen, Einengung	5.4	

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
prEN ISO 13482:2024 (D)**
Tabelle A.1 (fortgesetzt)

Nr.	Gefährdungs-kategorie	Gefährdungsanalyse		Abschnitte mit Sicherheits-anforder-ungen	Bemerkung
		Gefährdung	Mögliche Folge		
90.	Gefährliche Schwingungen	Gefährliche Schwingungen	Sehnenentzündung, Rückenschmerzen, Unwohlsein, Arthritis oder ähnliche Erkrankungen jeglicher Art aufgrund des dauerhaften Gebrauchs des Roboters	5.5	
91.	Instabilität durch Kollision und/oder Kontakt	Instabilität durch Kollision und/oder Kontakt	Fallen, Quetschen, Bruch, Abtrennen	5.7	
92.	Unzureichende Haltbarkeit aufgrund von Reinigung und Desinfektion	unzureichende Haltbarkeit (Korrosion und Sprödbruch) durch Reinigung und Desinfektion	Fallen, Fallenlassen der Last, Hautverletzung	5.9	
93.	Unzulässige Unterstützung	Unterstützung in eine unbeabsichtigte Richtung, Unterstützung, die die Stärke des betreffenden Muskels oder der Sehne übersteigt	Muskeln, Bänder, Gelenkverletzung	5.10	
94.	Unterstützung, die den Bewegungsbereich überschreitet	Unterstützung, die den Bewegungsbereich überschreitet	Gelenkverletzung	5.11	
95.	Unharmonisierte und unkoordinierte Bewegung	zwei untere Gliedmaßen, die von dem Roboter in die gleiche Richtung bewegt werden plötzliches Anhalten und Verriegeln der unteren Gliedmaßen während des Gehens	Knochenbruch, Quetschen, Abtrennen, Gehirnerschütterung nach einem Fall	5.12	
96.	Sonstige Gefährdungskategorien	Schlechte/unzureichende Anleitungen und Schulungsunterlagen	Schädigende Ereignisse durch Benutzerfehler oder falsche Handlungen	Alle	
97.		Herabgesetzte Steuerfähigkeit seitens des Benutzers durch das Tragen von Außenbekleidung, einschließlich Handschuhen, Mützen, Sonnenbrillen, Stiefeln	Vermindertes Empfinden, weniger genaues Steuern, was zu schädigenden Ereignissen aufgrund von Benutzerfehlern und falschen Handlungen führt	Alle	

Anhang B
(informativ)**Beispiele für die Betriebsräume von Servicerobotern****B.1 Mobiler Serviceroboter**

Ein mobiler Roboter mit einer Masse von 200 kg bewegt sich autonom in einem Museum. Die Wände der einzelnen Räume definieren den maximalen Raum. Der Grundriss des Arbeitsbereichs des Roboters wurde anhand des Grundrisses des Museums erstellt. Der Roboter besitzt ein Arbeitsvolumen und bewegliche, ausfahrbare Roboterarmteile, die keine Wände berühren sollten. Auf diese Weise ist der eingeschränkte Raum definiert. Siehe Bild B.1.

**Bild B.1 — Betriebsräume eines autonomen mobilen Roboters**

- Der Roboter darf sich nur im mittleren Bereich der Räume und Türen aufhalten. Während er sich autonom bewegt, beobachtet er die Umgebung mit seinen integrierten Sensoren und über in der Einrichtung angebrachte Sensoren, die den dynamischen überwachten Raum definieren.
- Während sich der Roboter im Raum bewegt, nimmt er dynamische Aktualisierungen seines geschützten Raums und seines Sicherheitshaltraumes vor. Sobald eine Person in den geschützten Raum eintritt, verringert der Roboter seine Geschwindigkeit in Abhängigkeit von seiner tatsächlichen Geschwindigkeit und der tatsächlichen Geschwindigkeit der Personen in seiner Umgebung und hält auf diese Weise Sicherheitsabstände zu jeglichen Personen ein.
- Dringt eine Person in den Sicherheitshalraum ein, führt der Roboter einen Sicherheitshalt aus. Bei diesem Robotertyp ist es wichtig, dass der überwachte Raum mindestens auch den geschützten Raum umfasst, um sicherzustellen, dass dem Roboter alle erforderlichen Informationen zur Verfügung stehen, damit er seine Bewegungen so planen kann, dass keine Zusammenstöße oder Gefährdungssituationen entstehen.
- Bewegt sich eine Person plötzlich in den geschützten Raum des Roboters, gibt der Streckenplaner des Roboters den Befehl, unverzüglich eine Strecke um die sich bewegende Person herum neu zu berechnen oder stoppt den Roboter, je nach relativer Geschwindigkeit.

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

B.2 Ein Serviceroboter mit Manipulator

Dieser Anwendungsfall ist vergleichbar mit einem Industrieroboter. Der maximale Raum ist definiert durch die maximale Reichweite des stationären Roboterarms, und der Roboter muss innerhalb seines maximalen Raums mit einem Menschen kooperieren.

Bei diesem Serviceroboter können zwei Fälle unterschieden werden.

- a) Manuelle Operation: Der Roboter ist vollständig handgeführt, sodass die Bedienperson die vollständige Kontrolle hat und alle Roboterbewegungen handhabt. Es werden keine Sensoren benötigt und es sind keine Räume definiert.
- b) Teilauteonome Operation: Der Roboter zeigt nur an, dass eine bestimmte Handlung ausgeführt werden sollte. Der Roboter nutzt Sensoren und eine Form der Streckenplanung, um die geforderte Tätigkeit auszuführen. Die Bedienperson steuert die sicherheitsbezogenen Funktionen, reagiert jedoch eventuell zu spät. Der Roboter muss seine Sensoren benutzen, um das Ziel (das eine Person sein kann) und die Position, an der er seine vorgesehene Aufgabe auszuführen hat, zu identifizieren. Die Person, für die die Aufgabe ausgeführt wird, befindet sich innerhalb des maximalen Raums.

Der geschützte Raum ist im gleichen Bereich definiert, in dem eine sichere Interaktion zwischen einer Person und dem Roboter bei verringerter (sicherer) Geschwindigkeit möglich ist. Die Sensoren schützen die Position der Person und des Roboters aktiv. Die Steuerung kann den geschützten Raum und den Sicherheitshaltraum anpassen, wenn sich die Person bewegt und sich herausstellt, dass sich der Roboter im Sicherheitshaltraum befindet, woraufhin der Roboter einen Sicherheitshalt ausführt. Siehe Bild B.2.

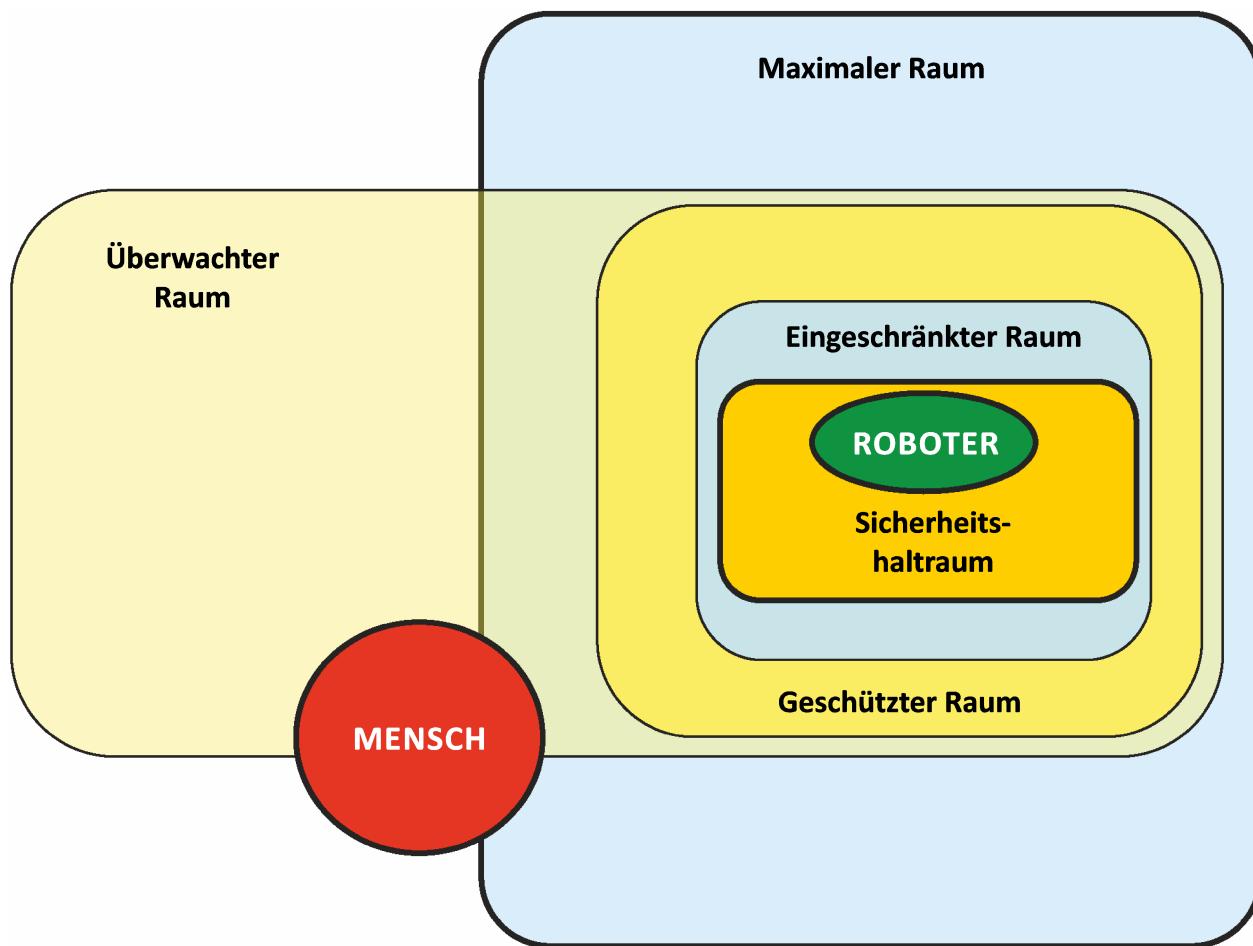


Bild B.2 — Betriebsräume eines Serviceroboters mit Manipulator

B.3 Tragbarer Roboter in Form eines Exoskeletts

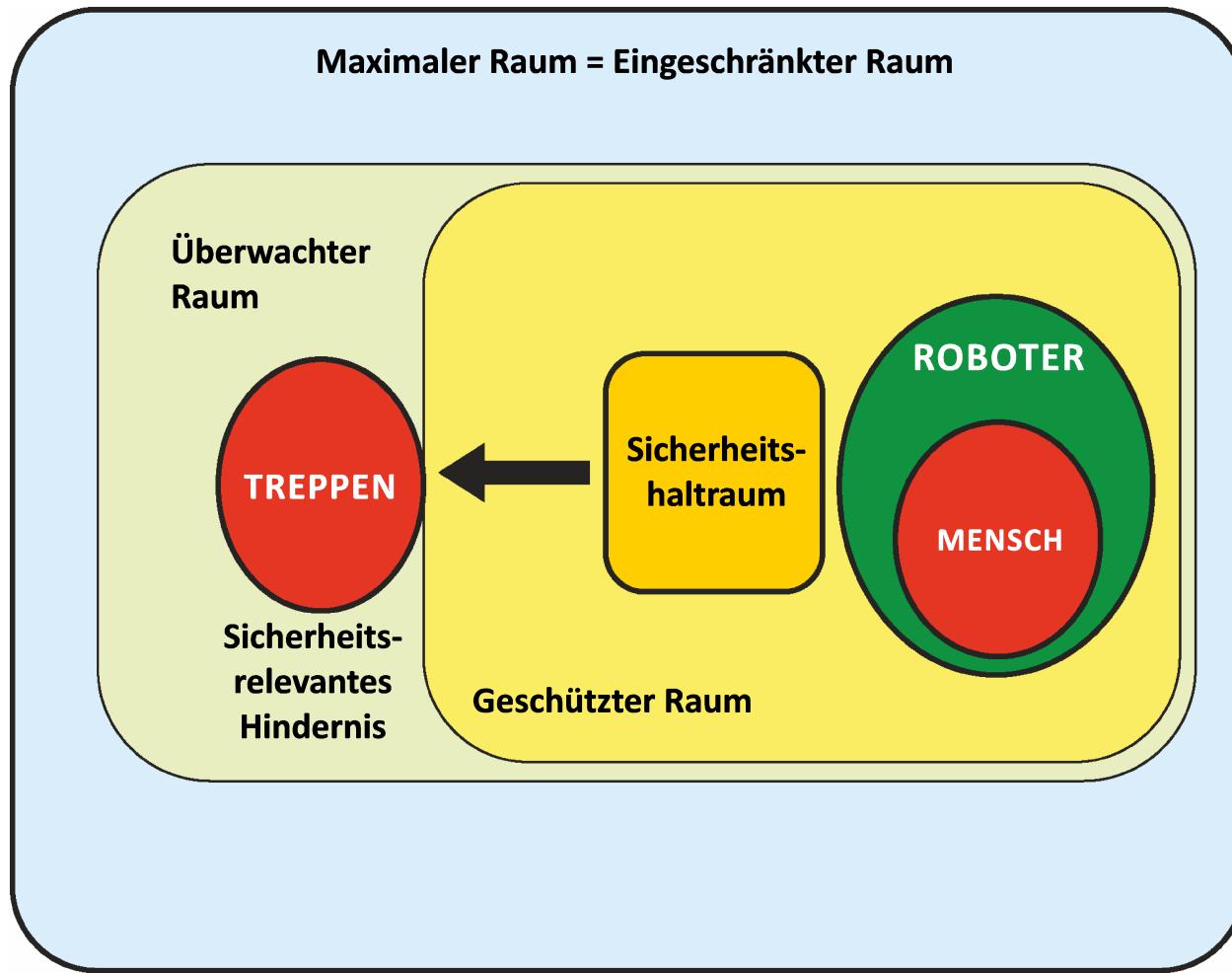
Eine gesunde Person verwendet zur Verringerung ihrer physischen Belastung ein Exoskelett.

Zwei Fälle können auftreten:

- a) Handsteuerung: Der Benutzer des Exoskeletts steuert alle Bewegungen des Roboters (Exoskeletts). Umgebungssensoren sind nicht notwendigerweise erforderlich.
- b) Der Roboter verfügt über Umgebungssensoren, die den überwachten Raum abdecken, z. B. um zu vermeiden, dass die Person, die das Exoskelett trägt, versehentlich eine Treppe herabsteigt (gefährliche Oberflächenbedingung). Das Exoskelett kann die Bedienperson steuern/beeinflussen. Für diese Anwendung ist kein maximaler Raum definiert, da die Person, die den Roboter trägt, bestimmt, wohin sie sich bewegen will. Die Lage des untersagten Bereichs (Treppe oder sonstiger gefährliche Oberflächenbedingung) wird in der Steuerung des Roboters dynamisch aktualisiert, während dieser sich bewegt. Infolgedessen werden der geschützte Raum und der Sicherheitshaltraum fortwährend neu berechnet, während sich die Bedienperson/der Roboter bewegt. Dringt eine Person in den geschützten Raum ein, wird dies der Bedienperson signalisiert und die Unterstützung wird soweit reduziert, dass die Bedienperson die Geschwindigkeit sicher verringern kann. Dringt der Roboter in den Sicherheitshaltraum ein, kommt er sicher zum Halt und erlaubt der Bedienperson nur, sich in eine andere Richtung als in Richtung der Treppe zu bewegen.

Siehe Bild B.3.

E DIN EN ISO 13482:2024-10
prEN ISO 13482:2024 (D)



Momentane Bewegungsrichtung ←

Bild B.3 — Betriebsräume eines tragbaren Roboters

Anhang C
(normativ)**Leistungsanforderungen der Sicherheitsfunktion****C.1 Bestimmung des Performance Levels der Sicherheitsfunktion**

Tabelle C.1 beschreibt Sicherheitsfunktionen in Bezug auf auslösende Ereignisse und die vorgesehenen Ergebnisse. Die aufgeführten Sicherheitsfunktionen können vom Roboterhersteller, dem Integrator oder dem Diensteanbieter des/der Serviceroboter(s) oder einer Kombination aus beiden zur Verfügung gestellt werden.

Die Sicherheitsfunktionen sind wie folgt klassifiziert:

- Verbindlich: Jeder Roboter muss über diese Sicherheitsfunktion verfügen;
- Bedingt: Nur Roboter, die die Sicherheitsfunktion zur Risikominderung nutzen, müssen diese Sicherheitsfunktion mit der erforderlichen Leistung des Steuerungssystems implementieren;
- Optional: Die Einbeziehung dieser Sicherheitsfunktion ist optional.

Tabelle C.1 — Sicherheitsfunktionen

Ab-schnitt	Verbindlich, bedingt oder optionala	Name der Sicher- heitsfunk- tion	Mögliche auslösendes Ereignis	Vorgesehene Ergebnis sofern innerhalb einer bestehenden Gruppe kein „ODER“ angegeben ist, sind ALLE erforderlich	Standard- Funktions- sicherheits- PL oder erforderliche SIL
6.2.2.2	Optional	Not-Halt	Manuelle Betätigung der Not-Halt-Einrichtung	<ul style="list-style-type: none"> — Beenden aller gefährdenden Maschinenfunktionen 	PL_c
6.2.2.3	Verbindlich	Sicher- heitshalt	Betätigung einer zugehörigen nichttrennenden Schutzeinrichtung	<ul style="list-style-type: none"> — Kontrolle der Gefährdungen, vor denen geschützt wird — Veranlassen des Stopps aller gefährlichen Roboterbewegungen — Entfernen oder Kontrollieren der Energieversorgung der Stellteile des Roboterantriebs — Verhindern aller weiteren durch das Robotersystem erkannten Gefährdungen 	Der Grad des höchsten PL, der Sicherheitsfunktionen auslöst

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
prEN ISO 13482:2024 (D)**
Tabelle C.1 (fortgesetzt)

Ab- schnitt	Verbindlich, bedingt oder optionala	Name der Sicher- heitsfunk- tion	Mögliche auslösendes Ereignis	Vorgesehenes Ergebnis sofern innerhalb einer bestehenden Gruppe kein „ODER“ angegeben ist, sind ALLE erforderlich	Standard- Funktions- sicherheits- PL oder erforderliche SIL
6.4	<u>Bedingt, wenn eine Begrenzung des Betriebs zur Risiko- minderung erforderlich ist</u>	Begren- zungen des/der Betriebs- raums (Betriebs- räume), ein- schließ- lich der Ver- meidung verbo- tener Bereiche	Erkennung der oder Annäherung an die Grenze des definierten Bereichs	<ul style="list-style-type: none"> — Einschränken der Roboterbewegung innerhalb eines definierten Volumens ODER — Verhindern, dass der Roboter in das definierte Volumen eindringt 	<u>PL c</u> <u>(wenn Sicherheits- funktionen mit PL d oder höher bestehen)</u> <u>PL b</u> <u>(ansonsten)</u>
4.15.3	<u>Bedingt, wenn die Lokali- sierung als Risiko- minderungs- maßnahmen angewendet wird</u>	Sicher- heitsbe- zogene Lokali- sierung	Betreten oder Verlassen einer vorgegebenen Zone	<ul style="list-style-type: none"> — Sicherheitshalt ODER — Dem erkannten Hindernis ausweichen 	<u>PL b</u>
6.5	<u>Bedingt, wenn die Geschwin- digkeits- regelung als Risiko- minderungs- maßnahmen angewendet wird</u>	Sicher- heits- bezogene Geschwin- digkeits- über- wachung	Überschreiten der sicheren Geschwindigkeitsbegrenzung	<ul style="list-style-type: none"> — Reduzierung der Geschwindigkeit auf den sicheren Grenzwert oder darunter 	<u>PL b</u>
6.8	<u>Bedingt, wenn die Kraft- regelung als Risiko- minderungs- maßnahmen angewendet wird</u>	Kraft- regelung	Überschreiten der sicheren Kraftbegrenzung	<ul style="list-style-type: none"> — Reduzierung der Kräfte auf den sicheren Grenzwert oder darunter 	<u>PL b</u>

Tabelle C.1 (fortgesetzt)

Ab-schnitt	Verbindlich, bedingt oder optionala	Name der Sicher- heitsfunk- tion	Mögliche auslösendes Ereignis	Vorgesehenes Ergebnis sofern innerhalb einer bestehenden Gruppe kein „ODER“ angegeben ist, sind ALLE erforderlich	Standard- Funktions- sicherheits- PL oder erforderliche SIL
6.6	Bedingt, wenn die Kollisions- vermeidung als Risikomin- derungs- maßnahmen angewendet wird	Ver- meidung einer gefähr- lichen Kollision	Erkennung von Personen oder sicherheits-relevanten Hindernissen	<ul style="list-style-type: none"> — Einleiten eines Sicherheitshalts nach Abschnitt 5.2.2.3 ODER — Einleiten einer sicheren Geschwindigkeits-verringerung mit Hilfe einer sicherheitsbezogenen Geschwindigkeits-überwachung nach Abschnitt 5.4 ODER — Aufrechterhalten eines trennenden Abstands zu Personen oder Objekten 	PL c <u>(wenn Sicherheits- funktionen mit PL d oder höher bestehen)</u> PL b <u>(ansonsten)</u>
6.7	Bedingt, wenn die Stabilitäts- regelung als Risiko- minderungs- maßnahmen angewendet wird	Stabilität	Erkennung einer einsetzenden Instabilität (z. B. aufgrund von Gefällen, Fahrflächen, in Rädern steckenden Fremdkörpern, Überlastung oder abrupter Fahrtmuster)	<ul style="list-style-type: none"> — Verhindern, dass der Roboter umkippt und/oder Lasten aufgrund eines Verlusts der Energieversorgung fallen lässt — Anwendung geeigneter Maßnahmen zur Stabilisierung des Roboters (z. B. Geschwindigkeit, Beschleunigung oder Richtungsbegrenzung) — Einschränkung des Arbeitsbereichs eines Manipulators, um zu verhindern, dass der Masseschwerpunkt des Roboters den Stabilitätsbereich überschreitet 	PL c <u>(wenn Sicherheits- funktionen mit PL d oder höher bestehen)</u> PL b <u>(ansonsten)</u>
4.2.2.3 d)	Bedingt, wenn die Kontakte zugänglich und gefährlich sind (> 60 V DC oder 42 V AC)	Deakti- vierung von Lade- kontakten	Der Roboter ist nicht mit Ladekontakten verbunden	<ul style="list-style-type: none"> — Deaktivierung von Ladekontakten, um den Zugang zu gefährlicher Energie zu verhindern, wenn ein Roboter nicht mit dem Ladesystem verbunden ist 	PL c <u>(Hoher Schweregrad (S2), basierend auf dem Risiko eines elektrischen Schlags)</u>
4.2.2.3 e)	Optional	Über- wachung des korrekten Batterie- ladevor- gangs	Unnormaler Ladezustand der Batterie	<ul style="list-style-type: none"> — Deaktivieren des Batterieladevorgangs 	PL c

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
prEN ISO 13482:2024 (D)**
Tabelle C.1 (fortgesetzt)

Ab-schnitt	Verbindlich, bedingt oder optional	Name der Sicher- heitsfunk- tion	Mögliches auslösendes Ereignis	Vorgesehenes Ergebnis sofern innerhalb einer bestehenden Gruppe kein „ODER“ angegeben ist, sind ALLE erforderlich	Standard- Funktions- sicherheits- PL oder erforderliche SIL
4.2.1.3, 4.2.3.3 b), 4.7.3.3 a), 4.7.3.3 b), 4.7.3.3 c)	Optional	Tempera-tur-regelung	Erkennung einer Temperatur, die die Sicherheitsgrenzen überschreitet	<ul style="list-style-type: none"> — Verhindern von Überhitzen ODER — Maßnahmen zur aktiven Wärmekontrolle, einschließlich für die Batterie 	PL b (Bei Verbrennungsrisiko) PL c (Bei Feuerrisiko)
4.2.4.3 c)	Bedingt, wenn der Verlust der Energie des Roboters zu einer Gefährdungs- situation führen kann	Sicherer Zustand bei Ausfall der Energie- versor- gung	Erkennung des Verlusts der Hauptenergieversorgung des Roboters	<ul style="list-style-type: none"> — Sicheres Abschalten im Fall einer entladenen Batterie und/oder des anstehenden Verlusts der Energie (zugehörige mechanische Gefährdungen wie etwa das Fallenlassen von Lasten erfordern eine separate PL-Bestimmung) 	PL c oder Der Grad des höchsten PL, der Sicherheitsfunktionen auslöst
4.3.3 c), d)	Verbindlich	Anlauf	Initiierung des Anlaufverfahrens	<ul style="list-style-type: none"> — Sicherer Anlauf des Roboters, einschließlich der Deaktivierung beweglicher Teile, bis die Bedingungen sicher sind und/oder eine Handlung des Anwenders stattfindet 	PL b
4.7.4.3 a), 4.7.4.3 b), 4.7.4.3 c)	Optional, Verbindlich, wenn der Roboter die Funktions- sicherheit für Laser verwendet	Sicher- heitsbezo- gene aktive Laser- steuerung	Aktivierung des/der Laser(s)	<ul style="list-style-type: none"> — Minderung gefährlicher nicht-ionisierender Strahlung — Vermeiden, dass mehrere Laser gleichzeitig auf dasselbe Körperteil zielen — Vermeidung von Laserprojektion in das Auge — Reduzierung der Laserleistung 	PL b (bei Laserklasse 3b oder 4)
4.10.3.3 b)	Bedingt, wenn die Betriebs- umgebung des Roboters Höhen- änderung enthält	Stabilität während der Höhen- änderung	Erkennung einer Höhenänderung der Fahrfläche (z. B Stufe oder Treppe)	<ul style="list-style-type: none"> — Verhindern, dass der Roboter über eine Höhenänderung fällt oder umkippt 	PL c (wenn Sicherheitsfunktionen mit PL d oder höher bestehen) PL b (ansonsten)

Tabelle C.1 (fortgesetzt)

Ab-schnitt	Verbindlich, bedingt oder optionala	Name der Sicherheitsfunktion	Mögliche auslösendes Ereignis	Vorgesehenes Ergebnis sofern innerhalb einer bestehenden Gruppe kein „ODER“ angegeben ist, sind ALLE erforderlich	Standard-Funktions-sicherheits-PL oder erforderliche SIL
4.10.4.3 d)	Bedingt, wenn der Roboter dafür vorgesehen ist, Lasten zu tragen	Sicherheitsbezogene Detektion	Erkennung einer von dem Roboter zu tragenden, bewegenden oder manipulierenden Last	<ul style="list-style-type: none"> — Verhindern der Instabilität des Roboters aufgrund der Anwesenheit oder Verschiebung einer Last — Verhindern des Fallens des Roboters aufgrund der Anwesenheit oder Verschiebung einer Last — Verhindern des Umkippens des Roboters aufgrund der Anwesenheit oder Verschiebung einer Last 	PL b
6.11	Optional	Interoperabilität mit externen SRP/CS	Erkennung von Signalen von externen SRP/CS in der Umgebung des Roboters	<ul style="list-style-type: none"> — Sichere Interoperabilität und Interaktion mit externen SRP/CS anderer beweglicher Einrichtungen in der Umgebung des Roboters 	PL der höchsten Sicherheitsfunktion, die mit dem zugehörigen Signal verbunden ist
6.14	Bedingt, wenn der Roboter in mehr als einer Betriebsart betrieben werden kann	Auswahl der Betriebsart	Aktivierung der ausgewählten Betriebsart	<ul style="list-style-type: none"> — Aktivierung der ausgewählten Betriebsart und ihrer entsprechenden Sicherheitsfunktionen für jede Betriebsart — Separate Aktion zur Wiederaufnahme des Betriebs erforderlich 	PL der höchsten Sicherheitsfunktion, die aktiviert oder deaktiviert wird, wenn Betriebsarten geändert wird

C.2 Parameter und Schwellenwerte für die Risikoeinschätzung zur Bestimmung der Leistung von Sicherheitsfunktionen

Bei der Durchführung einer umfassenden Risikobeurteilung nach 4.1 sollten die anzuwendenden Risikoparameter für die Risikoeinschätzungen verwendet werden.

Es bestehen mehrere Verfahren zur Bestimmung des erforderlichen Performance Levels der Sicherheitsfunktion(en) und das Vorschreiben eines bestimmten Verfahrens wird zu einer inakzeptablen Belastung für den Hersteller führen. Dieser Anhang enthält Bereiche und Schwellenwerte der allgemein für die Bestimmung der erforderlichen Sicherheitsfunktionen-Leistung (Plr oder SIL) verwendeten Parameter.

Wenn eine bestimmte Methodik zur Bestimmung der erforderlichen Leistung der Sicherheitsfunktion einige der nachfolgende aufgeführten Parameter nicht verwendet, sind die Bereiche und Schwellenwerte für diese Parameter nicht anwendbar.

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

C.2.1 Parameter

C.2.1.1 Risikofaktoren

In Übereinstimmung mit ISO 12100:2010 ist das mit einer bestimmten Gefährdungssituation verbundene Risiko von den folgenden Faktoren abhängig:

- a) Schwere des Schadens;
- b) Wahrscheinlichkeit des Eintretens des Schadens, die eine Funktion ist von:
 - 1) Exposition: Die Gefährdungsexposition der Person(en);
 - 2) Wahrscheinlichkeit: Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Gefährdungsereignisses;
 - 3) Vermeidung: Der technischen und menschlichen Möglichkeiten zur Vermeidung oder Begrenzung des Schadens.

Bei der Anwendung dieses Anhangs sollten die Parameter und Bereiche für jede Gefährdungssituation oder jedes Gefährdungsereignis berücksichtigt werden.

C.2.1.2 Schwere des Schadens

C.2.1.2.1 Bereiche zur Einschätzung der Schwere des Schadens

S1 GERING:	Keine Verletzung oder vernachlässigbare Verletzung, die üblicherweise lediglich Verfahren und Ausrüstung der ersten Hilfe und nicht notwendigerweise ausgebildetes Personal erfordert.
S2 MITTEL:	Verletzungen, die mit der Hilfe von ausgebildetem medizinischem Personal behandelt werden können, aber üblicherweise keine Hospitalisierung erfordern und erwartungsgemäß vollständig heilen.
S3 SCHWER:	Verletzungen, die üblicherweise eine Hospitalisierung erfordern und zu leichten Beeinträchtigungen oder teilweisem (aber nicht vollständigem) Verlust der Funktion oder eines Schadens von Teilen des menschlichen Körpers führen können
S4 KATASTROPHAL:	Verletzungen, die zum Tod einer oder mehrerer Personen führen oder Verletzungen, die zu permanenten Beeinträchtigungen an oder dem Verlust von Körperteilen, Gliedmaßen oder Sinnen/Fähigkeiten führen können.

ANMERKUNG Es ist möglich, bei Methodiken, die nur 2 oder 3 Schweregrade verwenden, Schweregrade zu 2 oder 3 Graden zusammenzufassen. Siehe auch Anhang D.

C.2.1.2.2 Parameter für die Schwere von Verletzungen

Tabelle C.2 enthält Beispiele für Beschreibungen von Verletzungs-Schweregraden. Spezifische Schwellenwerte für Kraft, Druck und andere Variablen, die dem Schweregrad jeder Verletzung entsprechen, können sich zwischen zwei Servicerobotern und Industrierobotern unterscheiden, wenn die exponierten Populationen, Anwendungsfälle oder Systemarchitekturen verschieden sind.

BEISPIEL Die Kraft oder der Druck, die/der zum Abtrennen eines Fingers führen könnten, können sich ab dem Schwellenwert für einen Erwachsenen unterscheiden. Gleichermaßen kann sich der Kontaktkraft-Schwellenwert abhängig davon unterscheiden, ob es sich um einen statischen Kontakt oder eine Scherbewegung handelt.

Ein aktives industrielles und akademisches Forschungsgebiet besteht darin, Schwellenwerte zu bestimmen, die verschiedenen Verletzungsgraden entsprechen. Integratoren oder Dienstleister für Roboter sollten relevante

Daten verwenden, wenn sie das Risiko für ihre exponierten Populationen, Anwendungen und Technologien beurteilen.

ANMERKUNG ISO TC 299/WG 8 wurde kürzlich gebildet, um zu prüfen, wie Kontaktkräfte oder Drücke verschiedenen Schmerz- oder Verletzungsgraden entsprechen können. Das zukünftige Ergebnis aus dieser Gruppe kann für die Beurteilung von Risiken und die Definition von Schwellenwerten relevant sein.

Tabelle C.2 — Beispiele zur Bestimmung der Schwereparameter

Parameter und Grade der Schwere von Verletzungen					
Gefährdungsart	Verletzungsart	Gering (S1)	Mittel (S2)	Schwer (S3)	Katastrophal (S4)
Mechanische Gefährdungen	Schnittwunden oder Amputationen**	<p>Geringe/oberflächliche Schnitte, die eine Bandagierung erfordern und typischerweise durch Folgendes entstehen:</p> <ul style="list-style-type: none"> — stationäre stumpfe Oberflächen; — stumpfe Kanten mit geringen Lasten; 	<p>Fleischwunden, die keine Naht oder sonstigen Verschluss anstelle einer Naht erfordern und typischerweise durch Folgendes entstehen:</p> <ul style="list-style-type: none"> — stationäre scharfe Kanten; — abgestumpfte, scharfe Kanten. 	<p>Fleischwunden, die eine Naht oder einen sonstigen Verschluss anstelle einer Naht erfordern, oder partielle Blindheit, die typischerweise durch Folgendes entstehen/entsteht:</p> <ul style="list-style-type: none"> — fliegende Geschosse; — stationäre scharfe Kanten; — abgestumpfte, scharfe Kanten. <p>Amputation von Finger(n) oder Zeh(en), die nicht zur Beeinträchtigung der Handnutzung oder beeinträchtigter Gehfähigkeit (Behinderung) führt und typischerweise durch Folgendes entsteht:</p> <ul style="list-style-type: none"> — scharfe Kanten, die mechanisch bewegt werden (z. B. Rotation, Hin- und Herbewegung, Scheren); — Versatz, stumpfe Kanten mit höheren Lasten. 	<p>Fleischwunden oder Amputationen, die zum Tod oder permanenten Behinderungen wie Blindheit führen könnten. Z. B. Amputation von Händen, Füßen, Armen, Beinen oder Augenverlust</p>

- Entwurf -**Tabelle C.2 (fortgesetzt)**

Parameter und Grade der Schwere von Verletzungen					
Gefährdungsart	Verletzungsart	Gering (S1)	Mittel (S2)	Schwer (S3)	Katastrophal (S4)
Mechanisch Fortsetzung	Brüche	<p>Quetschungen und Hautabschürfungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> — geringe Lasten verursachen üblicherweise keine körperlichen Verletzungen — Körperliche Anzeichen von Prellungen und Schürfwunden, die üblicherweise durch moderate Lasten verursacht werden. 	<p>Brüche kleiner Knochen*, üblicherweise verursacht durch moderat hohe Lasten.</p> <p>* Zum Beispiel:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Extremitäten (Finger, Zeh, Hand, Fuß) — einzelner Rippenknochen — Nase — Zahn 	<p>Brüche von Röhrenknochen in Armen, Beinen oder Bruch des Schädels oder der Wirbelsäule*, die typischerweise von höheren Lasten verursacht werden und nicht zu permanenten Behinderungen, wie z. B. Tetraplegie, führen.</p> <p>* Zum Beispiel:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Handgelenk — Arm — Brustbein — Kiefer — Knochen um das Auge — Knöchel — Bein (Femur und Unterschenkel) — Bein (Femur und Unterschenkel) — Hüfte 	<p>Brüche von Röhrenknochen in Armen Beinen oder Bruch des Schädels oder der Wirbelsäule*, die üblicherweise durch hohe Lasten verursacht werden und zu tödlichen Verletzungen oder permanenten Behinderungen führen könnten, z. B. Tetraplegie.</p> <p>* Z. B. Bruch des Rückgrats.</p>

Tabelle C.2 (fortgesetzt)

Parameter und Grade der Schwere von Verletzungen					
Gefährdungsart	Verletzungsart	Gering (S1)	Mittel (S2)	Schwer (S3)	Katastrophal (S4)
				<ul style="list-style-type: none"> — Oberschenkel — Schädel — Wirbelsäule (leichter Kompressionsbruch) — Kehlkopf (ohne Bruch) — mehrere Rippenbrüche — Blut oder Luft in der Brust 	
Mechanisch Fortsetzung	Quetschgefahr	Vorübergehende Verformung kleiner Körperteile (z. B. Ohren, Nase) ohne beeinträchtigende Auswirkungen	Vorübergehende Verformung anderer* Körperteile ohne beeinträchtigende Auswirkungen * Zum Beispiel: <ul style="list-style-type: none"> — Extremitäten (Finger, Zeh, Hand, Fuß) — Ellenbogen — Knöchel — Handgelenk — Unterarm — Bein — Schulter — Luftröhre — Kehlkopf — Becken 	Permanente Verformung kleiner Körperteile oder anderer Körperteile* mit beeinträchtigenden Auswirkungen. * Zum Beispiel: <ul style="list-style-type: none"> — Extremitäten (Finger, Zeh, Hand, Fuß) — Ellenbogen — Knöchel — Handgelenk — Unterarm — Bein — Schulter — Luftröhre — Kehlkopf — Becken 	Permanente Verformung kritischer Körperteile* mit beeinträchtigenden Auswirkungen oder Todesfolge. * Zum Beispiel: <ul style="list-style-type: none"> — Wirbelsäule — Mittlerer-unterer Nacken — Brust (massive Druckeinwirkung) — Hirnstamm
	Quetschverletzungen (Abschürfung, Quetschung, Schwellung, Ödem)	Quetschungen und Hautabschürfungen:	Abschürfungen größerer Oberflächen (nicht oberflächlich): > 25 cm ² im Gesicht;	Prellung innerer Organe:	Prellung von

- Entwurf -**Tabelle C.2 (fortgesetzt)**

Parameter und Grade der Schwere von Verletzungen					
Gefährdungsart	Verletzungsart	Gering (S1)	Mittel (S2)	Schwer (S3)	Katastrophal (S4)
	(Anmerkung: Die Quelle für die cm ² -Werte ist Tabelle 3 des Amtsblatts der Europäischen Union)	<ul style="list-style-type: none"> — keine körperlichen Anzeichen — körperliche Anzeichen, oberflächlich: ≤ 25 cm² im Gesicht; ≤ 50 cm² auf dem Körper. 	> 50 cm ² auf dem Körper.	<ul style="list-style-type: none"> — Sämtliche Prellungen der folgenden Organe: <ul style="list-style-type: none"> — Luftröhre; — Herz; — Gehirn; — Lunge mit Blut oder Luft in der Brust (Pneumothorax). — geringfügige Prellungen sonstiger innerer Organe. 	<ul style="list-style-type: none"> — Hirnstamm — Wirbelsäule, die zu einer Lähmung führt
Mechanisch Fortsetzung	Dislokation	Nicht zutreffend	<ul style="list-style-type: none"> — Extremitäten (Finger, Zeh, Hand, Fuß); — Ellenbogen; — Verlust eines einzelnen Zahns. 	<ul style="list-style-type: none"> — Knöchel; — Handgelenk; — Schulter; — Hüfte; — Knie; — Kiefer; — Wirbelsäule, wenn keine Rückenmarks- und Nervenverletzungen vorliegen. 	<ul style="list-style-type: none"> — Wirbelsäule; — Rückgrat,

Tabelle C.2 (fortgesetzt)

Parameter und Grade der Schwere von Verletzungen					
Gefährdungsart	Verletzungsart	Gering (S1)	Mittel (S2)	Schwer (S3)	Katastrophal (S4)
	Durchstechen, Einstechen	Begrenzte Tiefe, nur Haut involviert	— tiefer als Haut; — Bauchdecke (kein Organ betroffen).	— Auge (ohne permanenten Sichtverlust); — innere Organe betroffen; — Brustwand.	— Aorta; — Herz; — Bronchialtubus; — tiefe Organverletzungen, z. B. Leber, Niere, Darm.
	Einklemmung/Kneifen	Leichtes Kneifen	Die Endergebnisse von Prellung, Quetschung, Bruch, Dislokation, Amputation, wie jeweils anwendbar, verwenden.		— Tod durch Ersticken; — Strangulation
	Prellung	Nicht zutreffend	Person bleibt bei Bewusstsein	Person verliert das Bewusstsein	Koma
	Verstauchung, Zerrung, muskuloskelettale Verletzung	— Extremitäten — Gelenke; — Wirbelsäule (ohne Dislokation oder Bruch).	Zerrung der Kniebänder	— Bänder- oder Sehnenzerrung oder -riss* — Muskelriss* — Peitschenschlag <i>* Falls dies nicht zu dauerhaften Funktionsverlusten führt</i>	Falls dies zu dauerhaften erheblichen Funktionsverlusten führt: — Bänder- oder Sehnenzerrung oder -riss; — Muskelriss; — Peitschenschlag.
Mechanisch, spezifisch	Augenverletzung, Fremdkörper im Auge	Vorübergehende Schmerzen im Auge ohne Behandlungsbedarf	Vorübergehender Sichtverlust	Teilweiser Sichtverlust	Dauerhafter Sichtverlust (in einem oder beiden Augen)
	Ohrenverletzung, Fremdkörper im Ohr	Vorübergehende Schmerzen im Ohr ohne Behandlungsbedarf	Vorübergehende Gehörbeeinträchtigung	Teilweiser Gehörverlust	Vollständiger Gehörverlust (auf einem oder beiden Ohren)

Tabelle C.2 (fortgesetzt)

Parameter und Grade der Schwere von Verletzungen					
Gefährdungsart	Verletzungsart	Gering (S1)	Mittel (S2)	Schwer (S3)	Katastrophal (S4)
Elektrisch	Elektrischer Schlag mit Auswirkungen auf den menschlichen Körper Parameter: — Stromstärke und -spannung, Widerstand; — Pfad durch den Körper; — Kontaktzeit; — individueller Gesundheitszustand; — Schnelligkeit der ersten Hilfe.	Keine physischen Spuren aber Grenzwert der Wahrnehmung;	Schmerz oder bewusstes Wahrnehmen des elektrischen Schlags — ein unangenehmes oder kribbelndes Gefühl kann bei 1 mA bis 2 mA spürbar sein.	Atemprobleme, Bewusstlosigkeit oder leichtere Verbrennungen — schmerhafter Schlag bei 3 mA; — Muskelkontraktionen bei 5 mA; — die Person kann bei durchschnittlich 10 mA loslassen.	Schwere Beeinträchtigung der Atmung oder Atem- oder Herzstillstand, schwerere Verbrennungen oder Tod — Kammerflimmern kann in einem Bereich von 50 mA bis 100 mA auftreten (bei längerer Dauer tödlich); — schwerere VerbrennungenΔ und irreversible Körperschäden bei mehreren Ampere; — Todesfolge bei verlängerter Exposition bei weniger als 1 A.
ThermischΔ	VerbrennungenΔ durch Kontakt mit heißen Oberflächen* (Der Schweregrad der Verletzung ist von folgendem abhängig:	VerbrennungenΔ 1. Grades bis zu 100 % der Körperoberfläche. VerbrennungenΔ 2. Grades bis zu 6 % der Körperoberfläche.	VerbrennungenΔ 2. Grades bis zu 6-15 % der Körperoberfläche.	VerbrennungenΔ 2. Grades bis zu 16-35 % der Körperoberfläche. VerbrennungenΔ 3. Grades bis zu 35 % der Körperoberfläche. Verbrennungen beim Einatmen.	VerbrennungenΔ 2. oder 3. Grades bis zu 35 % der Körperoberfläche. Verbrennungen beim Einatmen, die eine Beatmung erforderlich machen.

Tabelle C.2 (fortgesetzt)

Parameter und Grade der Schwere von Verletzungen					
Gefährdungsart	Verletzungsart	Gering (S1)	Mittel (S2)	Schwer (S3)	Katastrophal (S4)
	<ul style="list-style-type: none"> — Größe der Körperfläche; — Dauer der Exposition; — Temperatur der heißen Oberfläche; — Wärmeleitfähigkeit <p>ISO 13732-1:2006 enthält eine Anleitung zu Verletzungen durch Kontakt mit heißen Oberflächen.</p> <p>ISO 13732-3:2005 enthält eine Anleitung zu Verletzungen durch Kontakt mit kalten Oberflächen.</p>				
	<p>VerbrennungenΔ durch Kontakt mit Dämpfen oder Spritzern dickflüssigen Materials Bei Dampf wird von unmittelbarem Kontakt; bei dickflüssigem Material von fortlaufendem Kontakt über 1 Sekunde hinaus ausgegangen.</p>	<p>VerbrennungenΔ 1. Grades.</p>	<p>VerbrennungenΔ 2. Grades.</p>	<p>VerbrennungenΔ 3. Grades an Hautoberflächen von weniger als 1 % des Körpers.</p> <p>VerbrennungenΔ beim Einatmen.</p>	<p>Verbrennungen 3. Grades auf Hautoberflächen, die mindestens 1 % des Körpers ausmachen, z. B. Handfläche:</p> <ul style="list-style-type: none"> — VerbrennungenΔ 3. Grades; — VerbrennungenΔ beim Einatmen, die eine Beatmung erforderlich machen.

- Entwurf -**Tabelle C.2 (fortgesetzt)**

Parameter und Grade der Schwere von Verletzungen					
Gefährdungsart	Verletzungsart	Gering (S1)	Mittel (S2)	Schwer (S3)	Katastrophal (S4)
Schwingungen	Für handgeführte Steuerung (HGC) nach ISO 20643.				
Ergonomie	Entsprechend der Normenreihe ISO 15534:2000. ***				
Umweltgefährdungen	Ausgeschlossen				
Kombination von Gefährdungen	<p>Hier können nur Kombinationen von Gefährdungen berücksichtigt werden, die Teil des Anwendungsbereichs dieser Norm sind.</p> <p>Die Schwere der Kombinationen von Gefährdungen sollte unter Verwendung der Grade für jede einzelne Gefährdung berücksichtigt werden.</p>				
<p>Δ, * VERBRENUNGEN:</p> <p>Siehe ISO 13732-1:2006 für Daten zu Verbrennungsschwellenwerten bei Kontakt mit anderen Materialien und Verfahren zur Beurteilung der menschlichen Reaktion auf Kontakt mit heißen Oberflächen. Siehe ISO 13732-3:2005 für Verfahren zur Beurteilung der menschlichen Reaktion auf Kontakt mit kalten Oberflächen. *** ERGONOMIE: Siehe ISO/TR 22100-3 als Leitfaden zur Umsetzung von ergonomischen Grundlagen.</p>					

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

C.2.1.3 Gefährdungsexposition

C.2.1.3.1 Bestimmung des Expositionsgrads

Eines der beiden folgenden Verfahren sollte zur Bestimmung der Gefährdungsexposition angewendet werden:

- a) Wo die Exposition durch Schätzung, ohne Expositionsparameter zu Häufigkeit und Dauer, nach C.2.1.3.2 bestimmt wird oder
- b) Wenn Expositionsparameter zu Häufigkeit und Dauer berücksichtigt werden, Folgendes verwenden:
 - Entweder die Gradbestimmung nach C.2.1.3.3 (Tabelle C.3) oder
 - Die Gradbestimmung für Verfahren zur Risikobeurteilung ohne Expositionsparameter nach C.2.1.3.4.

C.2.1.3.2 Grade der Gefährdungsexposition

Die Gefährdungsexposition ergibt sich aus der Kombination aus Häufigkeit und Dauer der Gefährdungsexposition sowie der Anzahl der möglicherweise betroffenen Personen. Folgende Grade sollten angewendet werden:

- **E1 GERING** Die Exposition geschieht selten und die kumulierte Dauer ist kurz (< 1/20 der gesamten Betriebszeit);
- **E2 HOCH** Die Exposition geschieht oft oder die kumulierte Dauer ist lang.

C.2.1.3.3 Art der Interaktion und Expositionsparameter

Wenn für das Verfahren zur Risikobeurteilung Parameter zur Bestimmung der Exposition verwendet werden, sollte Tabelle C.3 auf die vorgesehene Interaktion der Bedienperson(en) angewendet werden.

- **Gruppe A** Gelegentliche, nicht zyklische oder regelmäßige Interaktion.
- **Gruppe B** Zyklische Interaktion während die Maschine in Betrieb ist (z. B. zum Be- oder Entladen) oder regelmäßige Interaktion (z. B. Reinigung, Werkzeugaustausch usw.) während die Maschine nicht in Betrieb ist.
- **Gruppe C** Konstante Interaktion, die während des Maschinenbetriebs erforderlich ist.

Tabelle C.3 — Beispiele zur Bestimmung der Expositionssparameter

Risikoelement nach ISO 12100:2010	Parameter	Anwendungsgruppe A: seltene Interaktion	Anwendungsgruppe B: zyklische Interaktion	Anwendung Gruppe C: konstante Interaktion	Bereich
Exposition	Häufigkeit	$F \leq \frac{2}{48 \text{ h}}$	$\frac{2}{48 \text{ h}} < F < \frac{2}{8 \text{ h}}$	Nicht zutreffend	Gering
		Siehe Gruppe B	$\frac{2}{8 \text{ h}} \leq F < \frac{20}{8 \text{ h}}$	Nicht zutreffend	Mittel
		Siehe Gruppe B	$\frac{20}{8 \text{ h}} \leq F$	$\frac{20}{8 \text{ h}} \leq F$	Hoch
	Dauer¹	Höchstwert 1 h je Woche insgesamt	$T < 1 \text{ min}$	Nicht zutreffend	Kurz
		Siehe Gruppe B	$1 \text{ min} \leq T < 3 \text{ min}$	Nicht zutreffend	Mittel
		Siehe Gruppe B	$T \geq 3 \text{ min}$	$T \geq 3 \text{ min}$	Lang
	Anzahl exponierter Personen	Bestimmte Personen sind exponiert, stehen aber mit keiner spezifischen Aufgabe in Zusammenhang			Manche
		Eine Person exponiert			Eine
		Mehr als eine Person exponiert			Mehr als 1

C.2.1.3.4 Gradbestimmung für Verfahren zur Risikobeurteilung ohne Expositionssparameter

Wenn das angewandte Risikobeurteilungsverfahren die Häufigkeit und Dauer der Exposition sowie die Anzahl exponierter Personen nicht einzeln berücksichtigt, darf Gleichung (C.1) angewendet werden:

$$E = F \times D \times N_r \quad (\text{C.1})$$

Dabei ist

E der sich ergebende Expositionswert in min/48 h

F die Häufigkeit als Anzahl der Expositionen innerhalb eines Zeitraums von 48 h

D die Dauer jeder einzelnen Exposition (in Minuten)

Nr ein Faktor für die Anzahl exponierter Personen:

Nr = $N \times 0,2$ wobei *N* Personen exponiert sind, aber mit keiner spezifischen Aufgabe in Zusammenhang stehen;

Nr = 1 wobei eine Person der Gefährdung ausgesetzt ist;

Nr = *N* wobei *N* Personen exponiert sind.

Bei folgenden Werten sollte die Exposition als hoch (**E2**) eingestuft werden:

E > 144 min/48 h oder

F > 4/h.

Ansonsten kann die Exposition als niedrig (**E1**) eingestuft werden.

E DIN EN ISO 13482:2024-10 prEN ISO 13482:2024 (D)

ANMERKUNG Entsprechend ISO 13849-1:2023, Anhang A, A.3.2: 144 m/48 h entspricht 1/20 der Betriebszeit, für ein Maximum von 48 Stunden (8 h Schichten in 6 Tagen).

C.2.1.3.5 Wahrscheinlichkeit des Eintretens

C.2.1.3.5.1 Wahrscheinlichkeitsbereiche des Eintretens

Die Wahrscheinlichkeit des Eintretens kann u. a. mit Folgendem zusammenhängen:

- Maschinenausfälle (einschließlich des Steuerungssystems);
- Staus;
- Eigenschaften der während der Lieferung der Dienstleistung verwendeten Materialien oder
- menschliches Fehlverhalten.

Für die Wahrscheinlichkeit des Eintretens sollten folgende Bereiche angewendet werden:

- | | | |
|-----------|----------------|--|
| 01 | GERING: | Gefährliche Ereignisse, die den angenommenen Schaden (Verletzung) verursachen, sind selten und nicht vorhersehbar. |
| 02 | MITTEL: | Gefährliche Ereignisse, die den angenommenen Schaden (Verletzung) verursachen, sind selten aber vorhersehbar |
| 03 | HOCH: | Das Eintreten der gefährlichen Ereignisse, die den angenommenen Schaden (Verletzung) verursachen, wird erwartet. |

C.2.1.3.5.2 Bestimmung des Wahrscheinlichkeitsbereichs des Eintretens

Bei der Bestimmung der Wahrscheinlichkeit des Eintretens sollten folgende Parameter verwendet werden:

- a) Belastbarkeit des Systems;
- b) Ereignishistorie und
- c) Wahrscheinlichkeit, dass der angenommene Schaden im Zuge des Ereignisses auftritt.

Die Wahrscheinlichkeit des Eintretens wird in Abhängigkeit von der Verfügbarkeit genauer und statistisch verlässlicher Daten zu den Parametern a) bis c) bestimmt. Die Wahrscheinlichkeit des Eintretens einer Gefährdungssituation oder eines Gefährdungsergebnisses kann eingeschätzt werden, sofern verlässliche und belastbare Daten zur Verfügung stehen (siehe ISO 12100:2010, 5.5.2.3.2). Wenn die Risiken der Anwendung des Serviceroboters mit jenen ähnlicher Maschinen nach ISO 12100:2010, 5.6.3, vergleichbar sind, können die Daten ähnlicher Maschinen angewendet werden, sofern diese belastbar und zuverlässig sind.

ANMERKUNG Siehe ISO 12100:2010, 5.2, für weitere Richtlinien zur Zuverlässigkeit von Daten.

- Wenn das angewendete Risikoeinschätzungsverfahren Parameter zur Wahrscheinlichkeit des Eintretens berücksichtigt und genaue und statistisch zuverlässige Daten für alle Parameter verfügbar sind (Belastbarkeit des Systems, Ereignishistorie und Wahrscheinlichkeit für Schäden), darf die Wahrscheinlichkeit des Eintretens nach C.2.1.3.5.3 (Tabelle C.4) bestimmt werden;
- Wenn das angewendete Risikoeinschätzungsverfahren Parameter zur Wahrscheinlichkeit des Eintretens berücksichtigt und für einen (1) der Parameter (Belastbarkeit des Systems, Ereignishistorie und Wahrscheinlichkeit für Schäden) keine genauen und statistisch zuverlässigen Daten verfügbar sind, sollte die Wahrscheinlichkeit des Eintretens nach C.2.1.3.5.4 (Tabelle C.5) bestimmt werden;

- Wenn für mehr als einen der Parameter (Belastbarkeit des Systems, Ereignishistorie und Wahrscheinlichkeit für Schäden) keine genauen und statistisch zuverlässigen Daten verfügbar sind, sollte die Wahrscheinlichkeit des Eintretens als Hoch (O3) eingestuft werden.

C.2.1.3.5.3 Parameter für die Wahrscheinlichkeit des Eintretens

Das Auftreten eines Gefährdungereignisses beeinflusst die Wahrscheinlichkeit des Eintretens von Schäden. Die Faktoren in Tabelle C.4 sollten verwendet werden, wenn das Auftreten eines Gefährdungereignisses eingeschätzt wird und belastbare und verlässliche Daten zu den in C.3.4.2 aufgelisteten Parametern vorliegen. Zur Einschätzung der Wahrscheinlichkeit des Eintretens sollten Tabelle C.4 und Tabelle C.5 angewendet werden.

Tabelle C.4 — Beispiele für die Bestimmung der Parameter zur Wahrscheinlichkeit des Eintretens

Risikoelement nach ISO 12100:2010	Parameter	Berücksichtigung belastbarer und zuverlässiger Daten	Bereich
Wahrscheinlichkeit des Eintretens	Belastbarkeit des Systems	Systemverfügbarkeit > 95 % der Betriebszeit	Nicht störungsanfällig
		Systemverfügbarkeit < 95 % der Betriebszeit	Störungsanfällig
	Ereignishistorie	Nahe 0 %	Kein Ereignis
		< 3 % der laufenden Systeme	Selten Ereignisse
		> 3 % der laufenden Systeme	Mehrere Ereignisse
	Wahrscheinlichkeit für Schäden	≤ 3 %	Selten
		> 3 % bis 70 %	Möglich
		> 70 %	Wird eintreten

C.2.1.3.5.4 Gradbestimmung für Verfahren zur Risikobeurteilung ohne Parameter des Eintretens oder Daten

Wenn das Risikoeinschätzungsverfahren einen der Parameter (Belastbarkeit des Systems (SR), Ereignishistorie (IH) und Wahrscheinlichkeit für Schäden (DL)) nicht berücksichtigt oder wenn für einen oder mehrere dieser keine genauen und statistisch zuverlässigen Daten verfügbar sind, sollte Tabelle C.5 für die Einschränkung der Bereiche der Wahrscheinlichkeit des Eintretens herangezogen werden.

Tabelle C.5 — Einschränkung der Wahrscheinlichkeit des Eintretens bei fehlenden oder unbekannten Daten für einen (1) Parameter

Einschränkung der Wahrscheinlichkeit des Eintretens aufgrund des Mangels an belastbaren und verlässlichen Daten			Niedrigste erlaubte Wahrscheinlichkeit des Eintretens
SR	IH	DL	
1	1	1	01 = Niedrig
0	1	1	
1	0	1	02 = Mittel
1	0	0	
1	0	0	
0	1	0	

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
prEN ISO 13482:2024 (D)**
Tabelle C.5 (fortgesetzt)

Einschränkung der Wahrscheinlichkeit des Eintretens aufgrund des Mangels an belastbaren und verlässlichen Daten			Niedrigste erlaubte Wahrscheinlichkeit des Eintretens
SR	IH	DL	
0	0	1	
0	0	0	03 = Hoch
Legende			
SR Systembelastbarkeit IH Ereignishistorie			
DL Wahrscheinlichkeit für Schäden			
0 = Daten nicht verfügbar oder Parameter unbekannt			
1 = Daten verfügbar oder Parameter bekannt			

C.2.1.4 Möglichkeit zur Vermeidung (AP) oder Begrenzung des Schadens
C.2.1.4.1 Möglichkeitsgrade zur Vermeidung (AP) oder Begrenzung des Schadens

Für die Möglichkeit der Vermeidung sollten folgende Grade angewendet werden;

- **A1 VERMEIDBAR**

Die Bedingungen zur Verhinderung von Schaden sind fast immer gegeben, z. B. qualifiziertes Personal, sehr langsame Bewegungen, seltene Eingriffe, Prozesse mit geringer Komplexität und keine plötzlichen oder unerwarteten Bewegungen mit hoher Beschleunigung.

- **A2 VERNÜFTIGERWEISE VERMEIDBAR**

Manche Bedingungen zur Verhinderung von Schaden sind grundsätzlich, aber nicht immer, gegeben, z. B. qualifiziertes Personal, langsame Bewegungen, seltene Eingriffe, Prozesse mit geringer Komplexität und keine plötzlichen oder unerwarteten Bewegungen mit hoher Beschleunigung.

- **A3 NICHT VERMEIDBAR**

Die Vermeidung ist aufgrund fehlender Anzeige oder Kenntnis der Gefährdungssituation nahezu unmöglich,

z. B. schnelle Gefährdungsereignisse, unzureichender umgebender Raum zum Ausweichen, hochkomplexe Prozesse und/oder Auswirkung der Gewohnheit auf das Gefährdungsbewusstsein.

C.2.1.4.2 Bestimmung der Grade zur Vermeidung oder Begrenzung des Schadens

- Wenn beim angewendeten Risikoeinschätzungsverfahren die Qualifikation/der Informationsstand der Bedienperson (OS), die Gefahrenwahrnehmung (HP) und die Möglichkeit der Vermeidung (AP) berücksichtigt werden, sollte zur Bestimmung des Grads der Möglichkeit der Vermeidung oder Begrenzung von Schäden das Verfahren nach C.2.1.4.3 (Tabelle C.6) verwendet werden;
- Wenn beim angewendeten Risikoeinschätzungsverfahren die Qualifikation/der Informationsstand der Bedienperson (OS), die Gefahrenwahrnehmung (HP) oder die Möglichkeit der Vermeidung (AP) nicht berücksichtigt werden, sollte zur Bestimmung des Grads der Möglichkeit der Vermeidung oder Begrenzung von Schäden das Verfahren nach C.2.1.4.4 (Tabelle C.7) verwendet werden;

C.2.1.4.3 Gradbestimmung für Verfahren, die Parameter zur Schadensvermeidung berücksichtigen

Die Bestimmung der Möglichkeit der Schadensvermeidung sollte für alle anwesenden Personen folgendes berücksichtigen:

- Bewusstsein für die Anwesenheit der Gefährdung, z. B eines beweglichen Roboters;
- die vorhergesehene geistige Fähigkeit, die Situation zu verstehen;
- die vorhergesehene körperliche Fähigkeit, angemessenen zu reagieren;
- die Geschwindigkeit, mit der die Gefährdung oder Gefährdungssituation auftreten kann;
- der umgebende Raum, der die Vermeidung von Schaden verbessern (oder behindern kann) und
- andere Umstände in Abhängigkeit von der spezifischen Roboteranwendung.

ANMERKUNG 1 Erwägungen zur Vermeidung können die Anwesenheit von Personen mit bestimmten geistigen und körperlichen Beeinträchtigungen, aber auch vorübergehend beeinträchtigte Personen wie etwa alkoholisierte oder schlafende Personen von den durch den Hersteller vorgesehenen Betriebsumgebungsbedingungen ausschließen.

Zur Einschätzung der Möglichkeit der Vermeidung sollte Tabelle C.6 angewendet werden:

Tabelle C.6 — Beispiele für die Bestimmung der Parameter zur Schadensvermeidung

Risikoelement nach ISO 12100:2010	Parameter	Einbeziehung belastbarer und verlässlicher Daten	Bereich
	Qualifikation und Informationsstand der Bedienperson (OS)	Qualifizierte Personen, die hinsichtlich der mit der Aufgabe zusammenhängenden Risiken informiert sind	Qualifiziert
		Unqualifizierte Personen, die hinsichtlich der mit der Aufgabe zusammenhängenden Risiken informiert sind	Unqualifiziert
		Für die Aufgabe(n) ist keine Bedienperson erforderlich. Exponierte Personen sind unqualifiziert oder uninformativ.	Unbegleitet
	Gefahrenwahrnehmung (HP)	Warnungen und Schilder verfügbar und Gefährdungen leicht zu erkennen	Einfach
		Warnungen und Schilder NICHT verfügbar ABER Gefährdungen sind leicht zu erkennen und wahrzunehmen ODER Warnungen und Schilder verfügbar ABER Gefährdungen sind schwierig wahrzunehmen	Möglich
		Keine Warnungen und Schilder verfügbar UND Gefährdungen sind schwierig wahrzunehmen	Schwierig

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
prEN ISO 13482:2024 (D)**
Tabelle C.6 (fortgesetzt)

Risikoelement nach ISO 12100:2010	Parameter	Einbeziehung belastbarer und verlässlicher Daten	Bereich
Schadens-vermeidung bzw. -begrenzung	Möglichkeit der Vermeidung (AP)	<p>Vermeidung durch Begrenzung folgender Faktoren möglich:</p> <p>Für Manipulatoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Bewegungsgeschwindigkeit(en) < 150 mm/s und/oder — Beschleunigung < 150 mm/s² (Plötzlichkeit); Freiraum für gefährdete Körperteile nach ISO 13854:2017 mit einem Multiplikator von 1,1 <p>Für mobile Plattformen:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Bewegungsgeschwindigkeit < 300 mm/s UND — Abstand < 500 mm zu der Person ODER — Bewegungsgeschwindigkeit < 1 600 mm/s UND — Abstand ≥ 500 mm UND — Der mobile Roboter ist aus einer Entfernung ≥ 3 000 mm sichtbar 	A1, Vermeidbar

Tabelle C.6 (fortgesetzt)

Risikoelement nach ISO 12100:2010	Parameter	Einbeziehung belastbarer und verlässlicher Daten	Bereich
		<p>Vermeidung durch Begrenzung folgender Faktoren möglich:</p> <p>Für Manipulatoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Bewegungsgeschwindigkeit(en) < 250 mm/s und/oder — Beschleunigung < 250 mm/s² (Plötzlichkeit); Freiraum für gefährdete Körperteile nach ISO 13854:2017 mit einem Multiplikator von 1,5 <p>Für mobile Plattformen:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Bewegungsgeschwindigkeit < 300 mm/s UND — Abstand < 500 mm zu der Person ODER — Bewegungsgeschwindigkeit < 1 600 mm/s UND — Abstand ≥ 500 mm UND — Der mobile Roboter ist aus einer Entfernung ≥ 3 000 mm sichtbar 	A2, Vernünftigerweise vermeidbar
		<p>Für Manipulatoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Bewegungsgeschwindigkeit(en) ≥ 250 mm/s und/oder — Beschleunigung ≥ 250 mm/s² (Plötzlichkeit) <p>Für mobile Plattformen:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Bewegungsgeschwindigkeit ≥ 300 mm/s UND — Abstand < 500 mm zu der Person ODER — Bewegungsgeschwindigkeit ≥ 1 600 mm/s UND — Abstand ≥ 500 mm UND — Der mobile Roboter ist aus einer Entfernung < 3 000 mm sichtbar 	A3, Nicht vermeidbar

C.2.1.4.4 Gradbestimmung für Verfahren, die keine Parameter zur Schadensvermeidung berücksichtigen oder bei denen manche Parameter unbekannt sind

Wenn bei dem Risikoeinschätzungsverfahren Qualifikation und Informationsstand der Bedienerperson (OS), die Gefahrenwahrnehmung (HP) oder die Möglichkeit der Vermeidung (AP) nicht berücksichtigt werden, sollte zur Einschränkung des Grads Tabelle C.7 verwendet werden.

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
prEN ISO 13482:2024 (D)**
Tabelle C.7 — Einschränkung der Möglichkeit der Vermeidung (AP) oder Einschränkung der Gefährdung bei unbekannten Parametern

Einschränkung der Wahrscheinlichkeit des Eintretens aufgrund des Mangels an belastbaren und verlässlichen Daten			
Qualifikationen und Informationsstand der Bedienperson (OS)	Gefahrenwahrnehmung (HP)	Möglichkeit der Vermeidung (AP)	Vermeidbarkeit
1	1	1	A1 = Vermeidbar
1	0	1	
1	1	0	A2 = Vernünftigerweise vermeidbar
1	0	0	
0	1	1	
0	0	1	A3 = Nicht vermeidbar
0	1	0	
0	0	0	

0 = Daten nicht verfügbar oder Parameter unbekannt
1 = Daten verfügbar oder Parameter bekannt

Anhang D
(informativ)**Beispiel für die Bestimmung des PLr oder erforderlichen SIL aus den Risikoeinschätzungsparametern in Anhang C, C.2****D.1 Allgemeines**

Die Bestimmung des PLr oder erforderlichen SIL einer Sicherheitsfunktion kann auf den Ergebnissen eines Risikoeinschätzungsprozesses unter Verwendung der in Anhang C, C.2, beschriebenen Parameter und Grenzwerte basieren. Für die Anwendung der Risikoeinschätzungsparameter verwenden verschiedene Risikobeurteilungsprozesse unterschiedliche Begriffe. Tabelle D.1 zeigt einen Vergleich (keine Äquivalenz) der in verschiedenen Risikoeinschätzungs-Methodiken verwendeten Begriffe.

Tabelle D.1 — Vergleich von in geltenden Normen und technischen Berichten verwendeten Risikoelementparametern

Risikoelement nach ISO 12100:2010	Anhang C	ISO 13849-1:2023, Anhang A	IEC 62061:2024, Anhang A	ISO/FDIS 10218-2, Anhang C
Schwere des Schadens	Schwere des Schadens S1, S2, S3, S4	Schwere der Verletzung S1, S2	Schwere Se1, Se2, Se3, Se4	Schwere der Verletzung S1, S2, S1, S2
Gefährdungs-exposition der Person(en)	Gefährdungs-exposition E1, E2	Häufigkeit und/oder Dauer der Gefährdungs-exposition F1, F2	Häufigkeit und Dauer Fr2, Fr3, Fr4, Fr5	Gefährdungs-exposition E1, E2
Auftreten eines Gefährdungs-ereignisses	Wahrscheinlichkeit des Eintretens O1, O2, O3	Nicht zutreffend <i>Für den Vergleich, Höchste nutzen (O3 oder Pr3)</i>	Wahrscheinlichkeit des Gefährdungs-ereignisses Pr1, Pr2, Pr3, Pr4, Pr5	Wahrscheinlichkeit des Eintretens O1, O2, O3
Möglichkeit zur Vermeidung oder Begrenzung des Schadens	Möglichkeit zur Vermeidung oder Begrenzung des Schadens A1, A2, A3	Möglichkeit zur Vermeidung der Gefährdung oder Begrenzung des Schadens P1, P2	Vermeidung Av1, Av3, Av5	Möglichkeit zur Vermeidung oder Begrenzung des Schadens A1, A2, A3

Für die Risikoeinschätzung und Bestimmung des PLr und des erforderlichen SIL stehen viele Verfahren und Werkzeuge zur Verfügung. Dieser Anhang enthält einige Beispiele.

ANMERKUNG ISO/TR 23482-1 und ISO/TR 23482-2 enthalten Prüfverfahren bzw. einen Anwendungsleitfaden für die vorherige Ausgabe dieser Norm. Eine aktualisierte Version wird vorbereitet; die Ausgabe 2014 könnte jedoch hilfreiches Referenzmaterial enthalten.

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
prEN ISO 13482:2024 (D)**

D.2 Beispiele

D.3 Beispiel 1 — basierend auf ISO 12100:2010

PL_r wird anhand von Ergebnissen einer in Anhang C, C.2, beschriebenen Risikoeinschätzung geschätzt, wie in Tabelle D.2 dargestellt.

Tabelle D.2 — PL_r Zuordnungsmatrix

Schwere	Exposition	Vermeidung	Aufreten		
			01	02	03
S1	E1	A1	a	a	a
		A2	a	a	a
		A3	a	a	a
	E2	A1	a	a	a
		A2	a	a	b
		A3	a	b	c
S2	E1	A1	a	a	a
		A2	a	a	b
		A3	a	b	c
	E2	A1	a	a	b
		A2	a	b	b
		A3	b	b	c
S3	E1	A1	b	c	c
		A2	c	c	c
		A3	c	c	d
	E2	A1	c	d	d
		A2	d	d	d
		A3	d	d	e
S4	E1	A1	d	d	d
		A2	d	d	d
		A3	d	d	e
	E2	A1	d	e	e
		A2	e	e	e
		A3	e	e	e

D.4 Beispiel 2 — basierend auf IEC 62061:2024

Der erforderliche SIL wird anhand der Ergebnisse einer Risikoeinschätzung unter Verwendung der in Anhang C, C.2, beschriebenen Parameter und Schwellenwerte, wie in der nachfolgenden Tabelle D.3 und Tabelle D.4 gezeigt, geschätzt.

Tabelle D.3 — Zur Bestimmung des erforderlichen SIL verwendete Parameter

Häufigkeit und Dauer der Exposition (Fr)		Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines Gefährdungsereignisses (Pr)		Wahrscheinlichkeit der Vermeidung oder Begrenzung des Schadens (Av)	
Fr > 1 Jahr	2	Vernachlässigbar	1	Wahrscheinlich	1
2 Wochen < Fr ≤ 1 Jahr	3	Selten	2	Möglich	3
24 h < Fr ≤ 2 Wochen	4	Möglich	3	Unmöglich	5
1 h < Fr ≤ 24 h	5	Wahrscheinlich	4		
Fr ≤ 1 h	5	Sehr hoch	5		

Der erforderliche SIL wird anhand der Gleichung (D.1) berechnet:

$$\text{Erforderlicher SIL} = (\text{Fr} + \text{Pr} + \text{Av}) \quad (\text{D.1})$$

BEISPIEL Bei einem Se (Schweregrad) von 3, Fr von 4, Pr von 3 und Av von 5, läge die Schadengrenze SIL bei:

Erforderlicher SIL = Fr + Pr + Av = 4 + 5 + 5 = 12, dies entspricht SIL 2 nach E.4.

Tabelle D.4 — Schadengrenze (CL) zur SIL-Zuordnungsmatrix

Konsequenzen	Schwere Se	Erforderlicher SIL = (Fr+Pr+Av)				
		3~4	5~7	8~10	11~13	14~15
Heilbar, erste Hilfe	1					SIL1
Heilbar, ärztliche Behandlung	2				SIL1	SIL2
Permanent, Verlust von Fingern	3			SIL1	SIL2	SIL3
Tod, Verlust eines Auges oder Arms	4	SIL2	SIL2	SIL2	SIL3	SIL3

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
prEN ISO 13482:2024 (D)**
Anhang E
 (informativ)

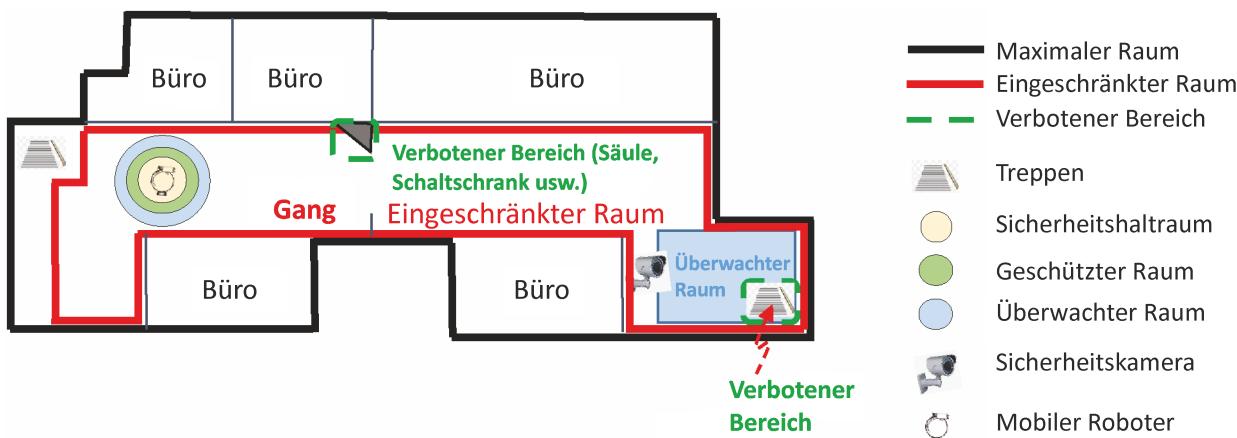
Beispiel für die Implementierung eines geschützten Raums

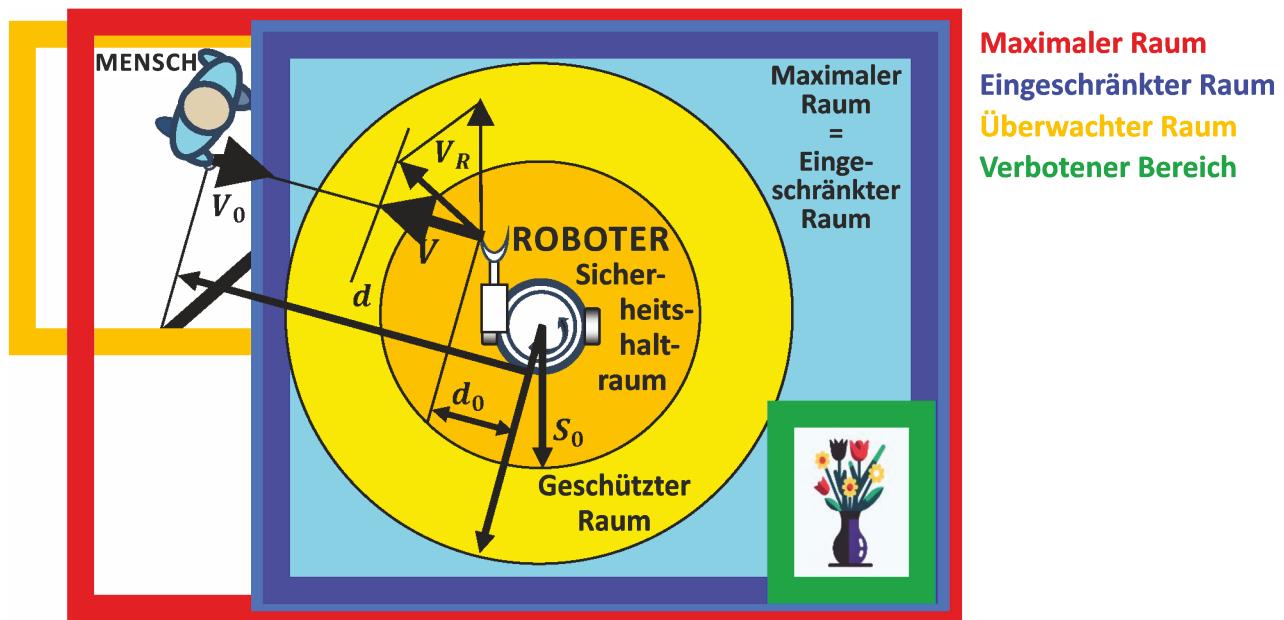
Dieser Anhang beschreibt ein Anwendungsbeispiel für einen Serviceroboter, das auf den Begriffsdefinitionen 3.16.1 bis 3.16.5 für sicherheitsrelevante Räume (Bild E.1) sowie auf Bild E.2 beruht, wobei typische Schutzmaßnahmen bei gleichzeitiger Erreichung der Ziele der Systeme der Mensch-Roboter-Koexistenz getroffen wurden. Das Beispiel behandelt die in 4.10.5 beschriebene Vermeidung von Kollisionen. In diesen Anwendungen sind die gleichen Definitionen sicherheitsrelevanter Räume zugrunde gelegt.

Bild E.2 zeigt einen mobilen Serviceroboter mit Manipulator, der eine Fähigkeit zur Vermeidung von Hindernissen unter Anwendung einer sicherheitsbezogenen Geschwindigkeitsüberwachung aufweist. In dieser Anwendung ist eine Relativgeschwindigkeit berücksichtigt. Es ist möglich, durch Berücksichtigung der erkannten Annäherungsnettgeschwindigkeit des Objekts, v_O , die Geschwindigkeit des Roboters, v_R , aus der Winkelgeschwindigkeit, ω , und der Geschwindigkeitskomponente des Roboters, v_{req} , in der Annäherungsrichtung des Menschen zu berechnen, was Gleichung (E.1) erfüllt:

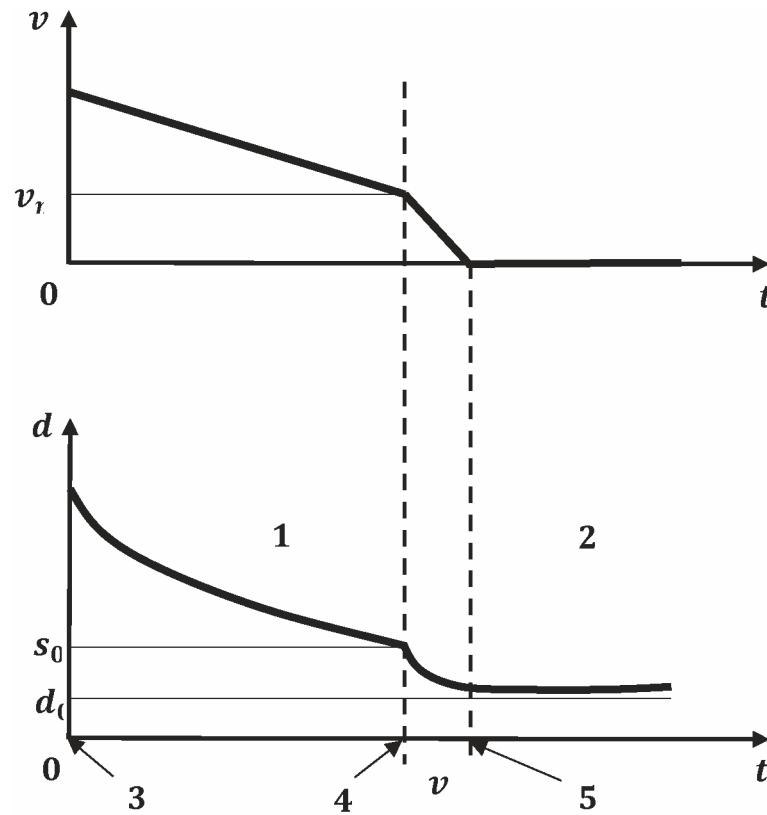
$$v_{req} \leq \frac{d - S_O}{T} - v_O, \text{ wenn } d - S_O > 0 \quad (\text{E.1})$$

Dabei ist T die Ansprechzeit des Systems, die zur Erkennung der Geschwindigkeit des Menschen und zur Verringerung der Robotergeschwindigkeit erforderlich ist, d der Abstand des sicherheitsrelevanten Hindernisses vom Roboter (von der Robotermitte) und S_O der nach 4.9.6.3 a) berechnete Mindestabstand. Zu beachten ist hier, dass, wenn der Roboter strikt so geregelt ist, dass er den Bezugsabstand zu einer Person einhält, er am Ende möglicherweise so gesteuert werden kann, dass er zurückweicht, wenn sich ihm die Person mit einer Relativgeschwindigkeit nähert, die zum Zustand $\frac{d-S_O}{T} < v_O$ führt. Wenn sich schließlich der Mensch dem Roboter weiter bis auf einen Abstand $d = S_O$ nähert, ist der Roboter so geregelt, dass er einen Sicherheitshalt ausführt. Die Bewegung des Roboters und eines Menschen können in Vektorform dargestellt werden. Darüber hinaus sollte der Roboter im geschützten Raum selbstverständlich auf einem sorgfältig festgelegten kleinen Wert v_{min} gehalten werden, wenn das Robotersystem die Geschwindigkeit des Menschen nicht erfolgreich erkennen kann.


Bild E.1 — Sicherheitsbezogene Räume für Serviceroboter

**Bild E.2 — Anwendung eines Serviceroboters mit Manipulator auf mobiler Plattform**

Das Geschwindigkeitsverlauf des Roboters und der Abstand des Menschen während einer zum Schutz ausgelagerten Aktivierung der Hindernisvermeidung sind in Bild E.3 dargestellt. Es ist möglich, v nach Gleichung (E.1) zu verändern, wenn $d - S_0 > 0$. Die Verzögerung im Intervall Δt ist möglicherweise nichtlinear und kann in Abhängigkeit von den Umgebungsbedingungen wie Temperatur und Feuchte variieren. Im Fall einer linearen Verzögerung wird nach einer zusätzlichen Weglänge $\Delta d = 0,5 \times v_{\min} \times \Delta t$ ein sicherer Halt erreicht.

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
prEN ISO 13482:2024 (D)**
**Legende**

- 1 geschützter Raum
- 2 Sicherheitshalbraum
- 3 Aktivierung einer Schutzeinrichtung
- 4 Aktivierung der Bremse
- 5 sicherer Halt

Bild E.3 — Sicherheitsabstand und maximale Relativgeschwindigkeit im geschützten Raum

Anhang F
(informativ)

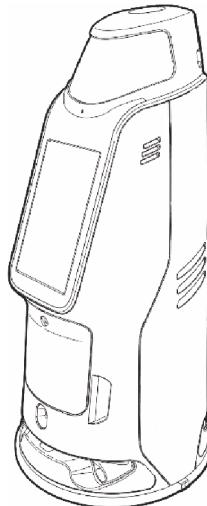
Beispiele für Serviceroboter

F.1 Mobile Serviceroboter

Diese Roboter bewegen sich autonom in öffentlichen Innenräumen (z. B. große Einkaufszentren, Hotels, Krankenhäuser, Flughäfen) und/oder eingeschränkten Umgebungen einschließlich Außenbereichen mit Ausnahme öffentlicher Straßen (z. B. Fußgängerwege, private Parks, landwirtschaftliche Felder) und vermeiden dabei Kollisionen mit Menschen und stationären oder beweglichen gefährlichen Hindernissen. Dies kann vorprogrammierte Bewegungen und die Abdeckung eines Bewegungsbereichs beinhalten.

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
prEN ISO 13482:2024 (D)**

Tabelle F.1 — Arten von mobilen Servicerobotern

Haupt-katego-rien	Teilkategorien	Art des Roboters	Beispiele für die funktionale Arbeit mit Robotern und ihre Erfüllung menschlicher Bedürfnisse oder Anwendungen
Mobiler Service-roboter mit inhärent stabiler Gestaltung	Ohne Manipulator(en)	Serviceroboter für die mobile Führung/Be-reitstellung von Informationen/Sicherheit	 <p>Kundenführung</p>  <p>Kommunikationsassistent</p>  <p>Sicherheitsdienst</p> <p>Serviceroboter interagieren, um Fragen von Laien durch Anzeige und/oder künstliche Sprachausgabe und ihre Bewegungen zu beantworten, sie führen eine Person auf der Grundlage der Ergebnisse durch Interaktion mit derselben an den Ort.</p> <p>Andere Roboter bieten Führung oder kognitive Unterstützung bei Alltagsaktivitäten.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Bereitstellung von Informationen (einschließlich kognitiver Unterstützung) — Begleitung oder Unterhaltung — Sicherheitsdienst

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
prEN ISO 13482:2024 (D)**

	<p>Mobile Liefer- und Servierroboter</p>	<p>Servieren von Getränken</p> <p>Lieferung von Waren</p>	<p>Serviceroboter liefern Mahlzeiten, Getränke, leichte Güter usw. in Restaurants, Hotels, Seniorenheimen, Büros usw., begrenzt auf Innenräume.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Lieferung und Servieren von Waren. — Bereitstellung von Informationen (einschließlich kognitiver Unterstützung) <p>Liefer-Serviceroboter in dieser Kategorie liefern in einem großen Bereich einschließlich Außenbereichen mit Ausnahme öffentlicher Straßen zusätzlich zu den obigen Bereichen.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Lieferung und Servieren von Waren
--	---	---	---

Tabelle F.1 (fortgesetzt)

Haupt-katego-rien	Teilkategorien	Art des Roboters	Beispiele für die funktionale Arbeit mit Robotern und ihre Erfüllung menschlicher Bedürfnisse oder Anwendungen	
	Mit Manipula-tor(en)	Mobile Serviceroboter mit Manipulatoren	  <p style="text-align: center;">Haushaltshilfe</p>	<p>Roboter holen Objekte, transportieren sie oder nehmen sie mit Manipulatoren von Plätzen auf, die der Anwender nicht erreichen kann, die Dienstleistungen beinhalten die Lieferung von Waren in Krankenhäusern, Hotels und Büros.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Lieferung und Servieren von Waren. — Bereitstellung von Informationen (einschließlich kognitiver Unterstützung)

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
prEN ISO 13482:2024 (D)**
Tabelle F.1 (fortgesetzt)

Haupt-katego-rien	Teilkategorien	Art des Roboters	Beispiele für die funktionale Arbeit mit Robotern und ihre Erfüllung menschlicher Bedürfnisse oder Anwendungen
		<p>Serviceroboter mit Manipulator(en) für die mobile Führung/Bereitstellung von Informationen/Sicherheit mit Manipulator(en)</p>	 <p>Begleitung/Bereitstellung von Informationen</p>    <p>Sicherheits-Inspektionsdienst</p> <p>Der Roboter wird über einen oder mehrere Manipulationsarme mit geringer Leistung verfügen, sein(e) Arm(e) wird/werden nur zur Unterstützung der Kommunikation mit Menschen oder zur Positionierung eines Sensors verwendet ohne Manipulationsaufgaben auszuführen.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Bereitstellung von Informationen (einschließlich kognitiver Unterstützung) — Bereitstellung von Informationen (einschließlich kognitiver Unterstützung) — Sicherheitsdienst

Tabelle F.1 (fortgesetzt)

Haupt-katego-rien	Teilkategorien	Art des Roboters	Beispiele für die funktionale Arbeit mit Robotern und ihre Erfüllung menschlicher Bedürfnisse oder Anwendungen	
Mobiler Service-roboter mit selbst-balancie render Gestaltung	Mit oder ohne Manipula tor(en)	Serviceroboter mit inhärent instabiler Gestaltung für die mobile Führung/Be reitstellung von Informa tionen/Sicher heit	Führungsdiene	<p>Der Roboter verfügt über Haltungssteue rungsfunktionen wie ein oder mehrere pendelgesteuerte Beine oder Räder. Er kann über einen oder mehrere Manipulator(en) verfügen und verschiedene Aufgaben autonom ausführen.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Lieferung und Servieren von Waren. — Bereitstellung von Informationen (einschließlich kognitiver Unterstützung)
		Humanoide Roboter	 Humanoid	

F.2 Ortsfeste Serviceroboter

Der Roboter kann in einer ortsfesten Position oder auf einer festen Bewegungsbahn installiert werden, um mit Menschen zu interagieren oder mit seinem/seinen Roboterarm(en) zu arbeiten.

Tabelle F.2 — Arten ortsfester Roboter

Haupt-kategorien	Teilkategorien	Art des Roboters	Beispiele für die funktionale Arbeit mit Robotern und ihre Erfüllung menschlicher Bedürfnisse oder Anwendungen	
Dialog und Gesten	Keine Manipulations arbeit	Ortsfester Kommunikations roboter mit Manipulator(en)	Begleitung/ Bereitstellung von Informationen	<p>Der Roboter ist auf die Verwendung von Gesten und anderen kommunikativen Ausdrücken beschränkt.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Bereitstellung von Informationen (einschließlich kognitiver Unterstützung)

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
prEN ISO 13482:2024 (D)**
Tabelle F.2 (fortgesetzt)

Haupt-kategorien	Teilkategorien	Art des Roboters	Beispiele für die funktionale Arbeit mit Robotern und ihre Erfüllung menschlicher Bedürfnisse oder Anwendungen	
Manipula-tionsarbeit	Manipulations-arbeit	<p>Serviceroboter zur ortsfesten Unterstützung von Menschen</p>  <p>Schreibtisch-Manipulationsarbeit</p>  <p>Kooperative Ausführung von Schreibtisch-Manipulationsarbeit</p>  <p>Küchenarbeit</p>	<p>Roboter können im selben Raum mit Menschen zusammenarbeiten. Der Roboter ist auf den Kontakt mit einem Menschen unterhalb des inhärent sicheren Leistungsniveaus beschränkt.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Zubereitung von Lebensmitteln — Lieferung und Servieren von Waren. — Bereitstellung von Informationen (einschließlich kognitiver Unterstützung) — Arbeit zur Unterstützung von Menschen 	

F.3 Tragbare Roboter

Anwendung kooperativer Leistung zur Unterstützung von Gelenken zur Steuerung menschlicher Bewegungen und/oder Erreichen komfortabler Bewegungen des Anwenders.

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
prEN ISO 13482:2024 (D)**
Tabelle F.3 — Arten tragbarer Roboter

Haupt-katego-rien	Teilkategorien	Art des Roboters	Beispiele für die funktionale Arbeit mit Robotern und ihre Erfüllung menschlicher Bedürfnisse oder Anwendungen
Tragbarer Roboter mit Rückhaltefunktion	Tragbare Roboter mit Kleinleistung	Unterstützung von Körperbewegung	<p>Tragbarer Roboter mit Rückhaltefunktion werden mit Gurten und/oder Manschetten am Körper einer Person befestigt und leisten üblicherweise Unterstützung, indem sie Kräfte durch die beweglichen Teile des Roboters auf die Gelenke des Menschen übertragen.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Heben und Transportieren von Objekten. <p>Beispiele in der Logistik: Laden von Paketen auf Paletten, Betrieb auf einem Förderband, Laden von Paketen in ein Containerfahrzeug, Betrieb mit Rollgitterpaletten usw.</p> <p>Beispiel in der Landwirtschaft: Verladen der Ernte auf einen LKW usw.</p> 

Tabelle F.3 (fortgesetzt)

Haupt-katego-rien	Teilkategorien	Art des Roboters	Beispiele für die funktionale Arbeit mit Robotern und ihre Erfüllung menschlicher Bedürfnisse oder Anwendungen
Tragbarer Roboter mit Rückhaltefunktion			 <p>Hüftgelenk Lendenwirbelstütze</p>  <p>Hüft- und Schultergelenk Unterstützung der Lendenwirbelsäule und der oberen Gliedmaßen</p>  <p>Beispiele in der Pflege: Übertragen eines Patienten aus einem Bett in einen Rollstuhl oder Stuhl, Verändern der Körperhaltung eines Patienten in einem Bett, Platzieren und Entfernen eines Patienten in und aus einer Badewanne, Übertragen des Patienten auf den Toilettensitz, Unterstützen eines Patienten beim Essen und Trinken usw.</p>
	Tragen des Körpergewichts		 <p>Hüftgelenk Lendenwirbelstütze</p> <p>— Aufrechterhalten einer statischen Körperhaltung Beispiele in der Landwirtschaft: Anpflanzen und Ernten</p>

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
prEN ISO 13482:2024 (D)**
Tabelle F.3 (fortgesetzt)

Haupt-katego-rien	Teilkategorien	Art des Roboters	Beispiele für die funktionale Arbeit mit Robotern und ihre Erfüllung menschlicher Bedürfnisse oder Anwendungen	
Tragbarer Roboter mit Rückhaltefunktion		Gehunterstützung	   <p>Hüftgelenk Unterstützung der Oberschenkel</p>	<ul style="list-style-type: none"> — Gehen und andere Alltags-Aktivitäten
	Steigerung der Leistung der menschlichen Bewegung (Hohe Leistung)	Tragbare Roboter mit hoher Leistung	Kraftbetriebener Anzug	<p>Der Roboter wird am Körper einer Person angebracht und/oder erkennt Eingaben einer Person oder Bewegungen der Gelenke und erzeugt Kraft, um die Aktivitäten der Person zu unterstützen.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Bewegungsunterstützung mit Rückhaltung

Tabelle F.3 (fortgesetzt)

Haupt-katego-rien	Teilkategorien	Art des Roboters	Beispiele für die funktionale Arbeit mit Robotern und ihre Erfüllung menschlicher Bedürfnisse oder Anwendungen	
Nicht am Körper fixierter bewegungsunterstützender Roboter	Unterstützung bei der Verhinderung von Stürzen	Nicht am Körper fixierter Roboter zur Gehunterstützung	 Rollatorroboter Gehunterstützung	Nicht am Körper fixierte Roboter werden üblicherweise von dem Benutzer (oder der Bedienperson) gegriffen und übertragen Kräfte durch Griffe oder Eingabegeräte. Der Anwender kann den Roboter jederzeit loslassen. — Bewegungsunterstützung ohne Rückhaltung
	Unterstützung bei der Übertragung	Nicht am Körper fixierte Roboter zur Übertragungsunterstützung	Übertragungsunterstützung in der Pflege	

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
prEN ISO 13482:2024 (D)**
Anhang G
 (informativ)

Informationen zum Heben von Lasten
G.1 Allgemeines

Einer der interessantesten Werte für Hersteller ist der Referenzwert für die Tragfähigkeit eines tragbaren Roboters. Es ist weithin bekannt, dass dieser Referenzwert nach Alter variiert und durch die Größe der auf die Bandscheibe angewendeten Kraft, die durch Experimente an Leichen definiert wurde, oder die Druckfestigkeit (im weiteren Verlauf CS genannt). Die durch Kudo et al ermittelte altersabhängige CS (2019) (Bild G.1), die auf der Grundlage der größten Menge an Daten aus Experimenten an Leichen bestimmt wurde, wobei das Verletzungsrisiko für die Wahrscheinlichkeit von Lendenwirbelverletzungen steht. Die nachfolgend angegebene Merryweather-Gleichung kann ungefähr die Beziehung zwischen der Druckkraft und der externen Last schätzen (Merryweather, 2007).

Merryweather-Gleichung:

$$CF_{\text{male}} = 9,81 \times [0,0167 (\text{BW}) (\text{HT}) \sin(\theta) + 0,145 (\text{L}) (\text{HB}) + 0,4 (\text{BW}) + 0,8 (\text{L}) + 23] \quad (\text{G.1})$$

$$CF_{\text{female}} = 9,81 \times [0,0175 (\text{BW}) (\text{HT}) \sin(\theta) + 0,152 (\text{L}) (\text{HB}) + 0,4 (\text{BW}) + 0,8 (\text{L}) + 20] \quad (\text{G.2})$$

CF_{male/female} Druckkraft (N) für Männer und Frauen

Körperparameter:

HT Körperhöhe (cm)

BW Körpergewicht (kg)

L externe Masse (kg)

Extreme Bedingung:

θ Flexionsautomat (90°)

HB: der horizontale Abstand zwischen der externen Masse und L5/S1 (da der Flexionswinkel 90° beträgt, entspricht HB dem Abstand zwischen Schulter und Hüfte, der ungefähr 0,288 x HT beträgt) (Drillis and Contini, 1966). Die geschätzte CF_{male} und CF_{female} kann durch die Druckfestigkeit (CS) ersetzt und die maximale externe Masse kann anhand der Gleichung (G.1) und (G.2) berechnet werden.

$$LM_{\text{male}} = [\text{CS}/9,81 - 23 - 0,0167 (\text{BW}) (\text{HT}) \sin(\theta) - 0,4 (\text{BW})] / [0,145 (\text{HB}) + 0,8] \quad (\text{G.3})$$

$$LM_{\text{female}} = [\text{CS}/9,81 - 20 - 0,0175 (\text{BW}) (\text{HT}) \sin(\theta) - 0,4 (\text{BW})] / [0,152 (\text{HB}) + 0,8] \quad (\text{G.4})$$

LM_{female/male} maximale externe Lastmasse (kg) für Frauen oder Männer

CS Druckfestigkeit (N), berechnet durch die Kerndichteschätzung

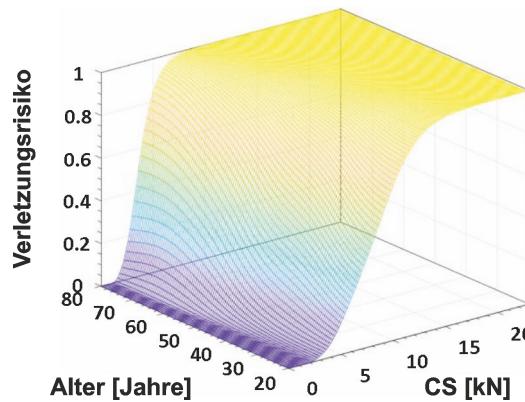


Bild G.1 — Risikokurve basierend auf der Kerndichteschätzung für Alter und Druckfestigkeiten (Als Verletzungsrisiko = 0,1, CS = 2,03 kN für Alter 69-79; CS = 2,98 kN für Alter 40-59; CS = 3,72 kN für Alter 20-39)

Tabelle G.1 — Geschätzte maximale externe Masse (Kerndichteschätzung) bei dem Verletzungsrisiko 0,1

Körpergröße (cm)	Gewicht (kg)	LM _{male} (kg) für Altersgruppen			LM _{female} (kg) für Altersgruppen		
		20~39	40~59	60~79	20~39	40~59	60~79
150	48	30	20	6	29	18	5
155	52	27	17	3	26	16	3
160	55	25	14	2	23	13	1
165	59	22	12	—	20	11	—
170	62	19	10	—	18	9	—
175	66	16	7	—	15	6	—
180	70	14	5	—	12	4	—
185	74	11	2	—	10	1	—
190	78	8	—	—	7	—	—

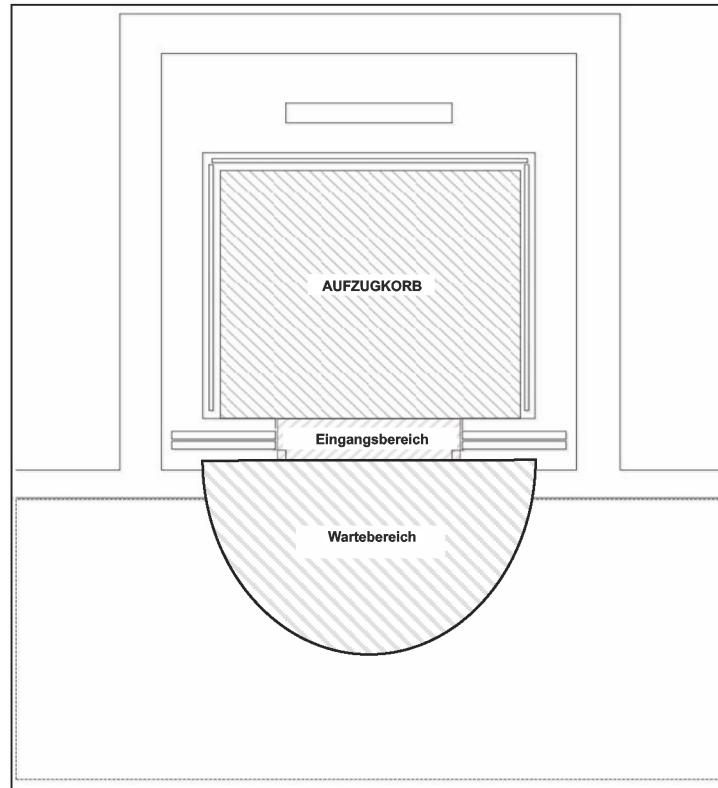
Das Körpergewicht wird anhand der Höhe und des Mittelwerts ($21,7 \text{ kg/m}^2$) des BMI einer normalen Person ausgewählt: $18,5 \sim 24,9 \text{ kg/m}^2$

Berechnung des BMI = Körpergewicht (kg)/(Körpergröße² (m))

(Quelle: <https://www.cdc.gov/healthyweight/assessing/index.html>)

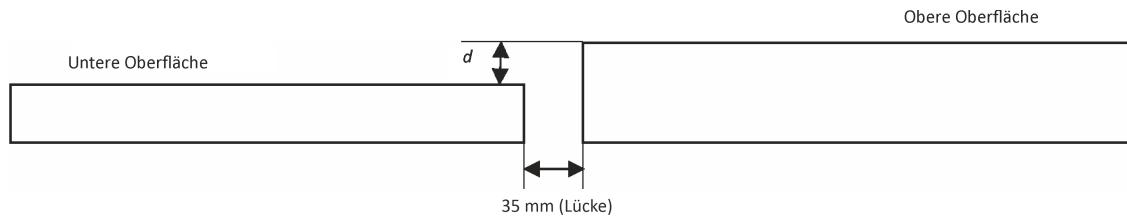
Anhang H
(informativ)**Beispiel für Sicherheitsbewertungsverfahren für Aufzüge nutzende Roboter**

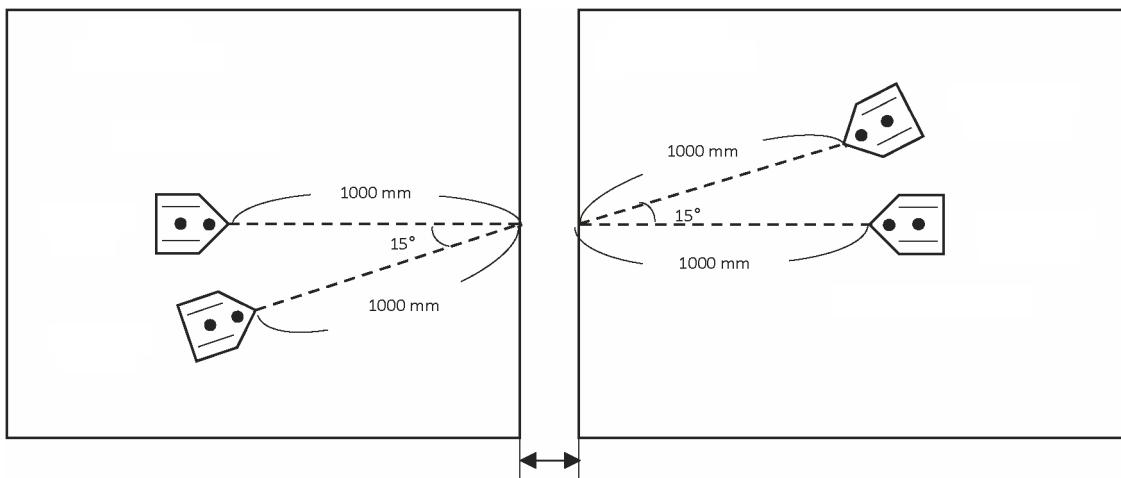
Die Verifizierung und Validierung der Sicherheitsanforderungen sollte durchgeführt werden, wenn ein Roboter mit einem Aufzug zusammenarbeitet. Bild H.1 definiert den an dem Prozess der Zusammenarbeit des Roboters mit dem Aufzug beteiligten Raum.

**Bild H.1 — Definition des Aufzugsraums**

Ob ein Roboter eine Schwelle oder eine Lücke in der Bodenoberfläche stabil überwindet, während dieser den Aufzug nutzt, kann anhand der Struktur in Bild H.2 verifiziert werden.

Richtung 1 repräsentiert eine Richtung senkrecht zur Schwelle und Richtung 2 eine schräge Richtung in einem Winkel von 15° zu Richtung 1.

**A.1 Seitenansicht des Prüfstands**

**A.2 Gesamtansicht des Prüfstands****Legende**

d Vertikaler Höhenunterschied zwischen den oberen und unteren Oberflächen

Bild H.2 — Eine Schwelle und eine Lücke des Prüfbodens

- d* wird auf 20 mm eingestellt.
- Der Roboter wird in der Einstiegsrichtung „Richtung 1“ aufwärts und abwärts gefahren.
- a) und b) werden dreimal wiederholt.
- a) ~c) werden in der Einstiegsrichtung „Richtung 2“ wiederholt.
- Während der Ausführung von a) ~d) wird geprüft, ob instabile Bewegung auftritt, um den Erfolg zu bestimmen.

Jede Prüfung muss dreimal hintereinander erfolgreich verlaufen.

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
prEN ISO 13482:2024 (D)**

Anhang I
(informativ)

Beispiel für Sicherheitsbewertungsverfahren für Bremsweg

Die Bremswegprüfung sollte an dem mobilen Serviceroboter einschließlich des maximalen Bemessungsgewichts durchgeführt werden.

Nachdem geprüft wurde, dass das Bremssystem korrekt entsprechend der Betriebsanleitung des Herstellers eingestellt wurde, wird dessen festgelegte Kraft auf das Bremssystem angewendet.

Die Prüfung wird jeweils 10 mal wiederholt.

Wenn der MSR für die gerade Fahrt auf einer flachen Oberfläche oder auf einem Prüfgefälle mit einem Neigungswinkel (siehe Bild I.1) in Abwärtsrichtung mit der von dem Hersteller festgelegten maximalen Geschwindigkeit geprüft.

Das Prüfgefälle kann aus 3, 4,76, 6, oder 10 Grad nach ISO 7176-2 gewählt werden, sofern nicht anders festgelegt.

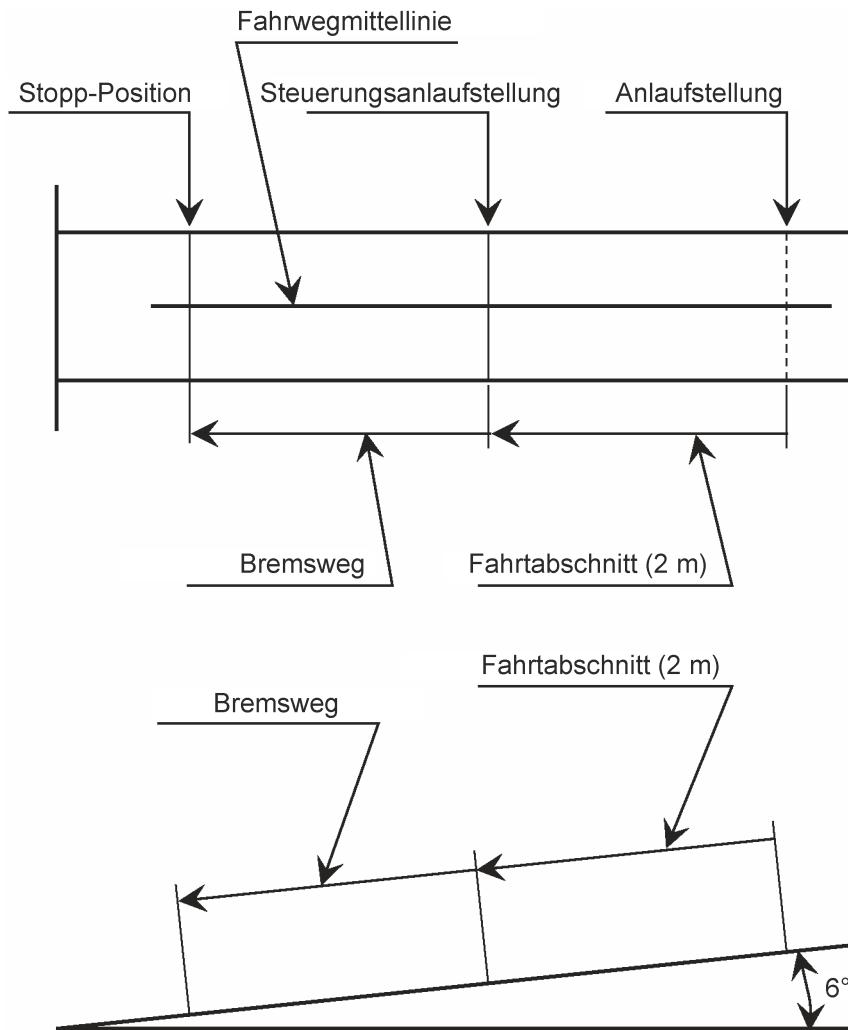


Bild I.1 — Bremswegprüfung

Literaturhinweise

- [1] ISO 1996 (alle Teile), *Acoustics — Description, measurement and assessment of environmental noise*
- [2] ISO 1999, *Acoustics — Estimation of noise-induced hearing loss*
- [3] ISO 2919, *Radiological protection — Sealed radioactive sources — General requirements and classification*
- [4] ISO 3740, *Acoustics — Determination of sound power levels of noise sources — Guidelines for the use of basic standards*
- [5] ISO 3925, *Unsealed radioactive substances — Identification and documentation*
- [6] ISO 4629-1, *Binders for paints and varnishes — Determination of hydroxyl value — Part 1: Titrimetric method without using a catalyst*
- [7] ISO 6385, *Ergonomics principles in the design of work systems*
- [8] ISO 7176-21, *Wheelchairs — Part 21: Requirements and test methods for electromagnetic compatibility of electrically powered wheelchairs and scooters, and battery chargers*
- [9] ISO 9000, *Quality management systems — Fundamentals and vocabulary*
- [10] ISO 9241-100, *Ergonomics of human-system interaction — Part 100: Introduction to standards related to software ergonomics*
- [11] ISO 9241-210, *Ergonomics of human-system interaction — Part 210: Human-centred design for interactive systems*
- [12] ISO 9241-920, *Ergonomics of human-system interaction — Part 920: Guidance on tactile and haptic interactions*
- [13] ISO 10075-2, *Ergonomic principles related to mental workload — Part 2: Design principles*
- [14] [14]ISO 10218-1, *Robots and robotic devices — Safety requirements for industrial robots — Part 1: Robots*
- [15] ISO 10218-2, *Robots and robotic devices — Safety requirements for industrial robots — Part 2: Robot systems and integration*
- [16] ISO 11200, *Acoustics — Noise emitted by machinery and equipment — Guidelines for the use of basic standards for the determination of emission sound pressure levels at a work station and at other specified positions*
- [17] ISO 11228-1, *Ergonomics — Manual handling — Part 1: Lifting, lowering and carrying*
- [18] ISO 13489-1, *Safety of machinery — Safety-related parts of control systems — Part 1: General principles for design*
- [19] ISO 13823, *General principles on the design of structures for durability*
- [20] ISO 14120, *Safety of machinery — Guards — General requirements for the design and construction of fixed and movable guards*

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
prEN ISO 13482:2024 (D)**

- [21] ISO 14123-1, *Safety of machinery — Reduction of risks to health resulting from hazardous substances emitted by machinery — Part 1: Principles and specifications for machinery manufacturers*
- [22] ISO 14152, *Neutron radiation protection shielding — Design principles and considerations for the choice of appropriate materials*
- [23] ISO 14738, *Safety of machinery — Anthropometric requirements for the design of workstations at machinery*
- [24] ISO 15118-1, *Road vehicles — Vehicle to grid communication interface — Part 1: General information and use-case definition*
- [25] ISO 15667, *Acoustics — Guidelines for noise control by enclosures and cabins*
- [26] ISO/TR 11688-1, *Acoustics — Recommended practice for the design of low-noise machinery and equipment — Part 1: Planning*
- [27] ISO/TR 11688-2, *Acoustics — Recommended practice for the design of low-noise machinery and equipment — Part 2: Introduction to the physics of low-noise design*
- [28] ISO 20643, *Mechanical vibration — Hand-held and hand-guided machinery — Principles for evaluation of vibration emission*
- [29] ISO/TR 22100-3, *Safety of machinery — Relationship with ISO 12100 — Part 3: Implementation of ergonomic principles in safety standards*
- [30] ISO/TR 22100-4, *Safety of machinery — Relationship with ISO 12100 — Part 4: Guidance to machinery manufacturers for consideration of related IT-security (cyber security) aspects*
- [31] ISO/TR 23482-1, *Robotics — Application of ISO 13482 — Part 1: Safety-related test methods*
- [32] ISO/TR 23482-2, *Robotics — Application of ISO 13482 — Part 2: Application guidelines*
- [33] ISO/TS 15066, *Robots and robotic devices — Collaborative robots*
- [34] ISO/TS 15666, *Acoustics — Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys*
- [35] IEC 60335-2-2, *Household and similar electrical appliances — Safety — Part 2-2: Particular requirements for vacuum cleaners and water-suction cleaning appliances*
- [36] IEC 60335-2-107, *Household and similar electrical appliances — Safety — Part 2-107: Particular requirements for robotic battery powered electrical lawnmowers*
- [37] IEC 61000-1-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 1-2: General — Methodology for the achievement of functional safety of electrical and electronic systems including equipment with regard to electromagnetic phenomena*
- [38] IEC 61000-4-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-2: Testing and measurement techniques — Electrostatic discharge immunity tests*
- [39] IEC 61000-6-1, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-1: Generic standards — Immunity for residential, commercial and light-industrial environments*
- [40] IEC 61000-6-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-2: Generic standards — Immunity for industrial environments*

- [41] IEC 61000-6-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-3: Generic standards — Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments*
- [42] IEC 61000-6-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-4: Generic standards — Emission standard for industrial environments*
- [43] IEC 61800-5-2, *Adjustable speed electrical power drive systems — Part 5-2: Safety requirements — Functional*
- [44] IEC 61851-1, *Electric vehicle conductive charging system — Part 1: General requirements*
- [45] IEC 62046, *Safety of machinery — Application of protective equipment to detect the presence of persons*
- [46] IEC 62443, *Consensus-based automation and control systems cybersecurity standards*
- [47] IEC 63281-2-1, *E-Transporters — Part 2-1: Safety requirements and test methods for personal e-Transporters*
- [48] IEC/TR 63074, *Safety of machinery — Security aspects related to functional safety of safety-related control systems*
- [49] ETSI EN 303-417, *Wireless power transmission systems*
- [50] SAE J2954. *Wireless power transfer for light-duty plug-in/electric vehicles and alignment methodology*
- [51] CHOI S. J., LIM J-Y, NIBALDI E. G., PHILLIPS E.M., FRONTERA W.R., FIELDING R. A., WIDRICK J. J. Eccentric contraction-induced injury to type I, IIa, and IIa/IIx muscle fibers of elderly adults, Vol 34, No 1, pp. 215-226, 2012. doi - <https://doi.org/10.1007/s11357-011-9228-2>.
- [52] DRILLIS R., R. CONTINI. Body segment parameters. School of Engineering and Science, Research Division, New York University, USA, 1966.
- [53] KUDO N., YAMADA Y., ITO D. Age-related injury risk curves for the lumbar spine for use in low-back-pain prevention in manual handling tasks, ROBOMECH Journal, Vol 2, No 12, 2019. doi - <https://doi.org/10.1186/s40648-019-0139-9>.
- [54] MERRYWEATHER A. S. Model development for the estimation of back compressive force and subsequent low back disorder risk. MSc thesis, Department of Mechanical Engineering, The University of Utah, USA, 2007.

Contents

	Page
Foreword	vii
Introduction	viii
1 Scope	1
2 Normative references	1
3 Terms and definitions	3
4 General safety requirements	9
4.1 General	9
4.2 Hazards due to energy storage and supply	10
4.2.1 Contact with hazardous energy parts	10
4.2.2 Hazards related to battery	11
4.2.3 Uncontrolled release of stored energy	13
4.2.4 Power failure or shutdown	14
4.3 Robot start-up and restart of regular operation	15
4.3.1 General	15
4.3.2 Inherently safe design	15
4.3.3 Safeguarding and complementary protective measures	15
4.3.4 Information for use	15
4.3.5 Verification and validation	15
4.4 Electrostatic potential	15
4.4.1 General	15
4.4.2 Inherently safe design	16
4.4.3 Safeguarding and complementary protective measures	16
4.4.4 Information for use	16
4.4.5 Verification and validation	16
4.5 Hazards due to robot shape	16
4.5.1 General	16
4.5.2 Inherently safe design	16
4.5.3 Safeguarding and complementary protective measures	17
4.5.4 Information for use	17
4.5.5 Verification and validation	17
4.6 Hazards due to power train components	17
4.6.1 General	17
4.6.2 Inherently safe design	17
4.6.3 Safeguarding and complementary protective measures	18
4.6.4 Information for use	18
4.6.5 Verification and validation	18
4.7 Emissions	18
4.7.1 Noise	18
4.7.2 Substances and fluids	19
4.7.3 Extreme temperatures	20
4.7.4 Radiation	21
4.8 Electromagnetic interference	22
4.8.1 General	22
4.8.2 Inherently safe design	22
4.8.3 Safeguarding and complementary protective measures	22
4.8.4 Information for use	23
4.8.5 Verification and validation	23
4.9 Stress, posture and usage	23
4.9.1 General	23
4.9.2 Physical stress and posture	23
4.9.3 Mental stress	24
4.10 Robot motion	25
4.10.1 General	25
4.10.2 Mechanical stability	25

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

4.10.3	Instability during travel	26
4.10.4	Instability while carrying loads	28
4.10.5	Instability in case of collision	29
4.10.6	Collisions	30
4.10.7	Physical contact during human-robot interaction	32
4.11	Durability	33
4.11.1	General	33
4.11.2	Inherently safe design	33
4.11.3	Safeguarding and complementary protective measures	33
4.11.4	Information for use	33
4.11.5	Verification and validation	34
4.12	Autonomous decisions and actions	34
4.12.1	General	34
4.12.2	Inherently safe design	34
4.12.3	Safeguarding and complementary protective measures	34
4.12.4	Information for use	35
4.12.5	Verification and validation	35
4.13	Awareness of robots by humans	35
4.13.1	General	35
4.13.2	Inherently safe design	35
4.13.3	Safeguarding and complementary protective measures	35
4.13.4	Information for use	36
4.13.5	Verification and validation	36
4.14	Environmental conditions	36
4.14.1	General	36
4.14.2	Inherently safe design	36
4.14.3	Safeguarding and complementary protective measures	37
4.14.4	Information for use	37
4.14.5	Verification and validation	37
4.15	Localization and navigation	38
4.15.1	General	38
4.15.2	Inherently safe design	38
4.15.3	Safeguarding and complementary protective measures	38
4.15.4	Information for use	38
4.15.5	Verification and validation	38
5	Wearable robots	39
5.1	General	39
5.2	Hazards due to loss of power supply or shutdown	39
5.2.1	General	39
5.2.2	Inherent safe design	39
5.3	Robot start-up and restart of regular operation	40
5.3.1	General	40
5.3.2	Inherently safe design	40
5.3.3	Safeguarding and complementary protective measures	40
5.3.4	Information for use	40
5.4	Hazards due to physical stress	40
5.4.1	General	40
5.4.2	Inherently safe design	40
5.4.3	Safeguarding and complementary protective measures	40
5.4.4	Information for use	41
5.5	Hazardous vibrations	41
5.5.1	General	41
5.5.2	Inherently safe design	41
5.5.3	Safeguarding and complementary protective measures	41
5.5.4	Information for use	42
5.5.5	Verification and validation	42
5.6	Mechanical instability	42
5.6.1	General	42

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

5.6.2	Inherently safe design	42
5.6.3	Safeguarding and complementary protective measures	42
5.6.4	Information for use	42
5.7	Instability in case of collision or intended contact	43
5.7.1	General	43
5.7.2	Inherently safe design	43
5.7.3	Safeguarding and complementary protective measures	43
5.7.4	Information for use	43
5.8	Hazards during donning or doffing	43
5.8.1	General	43
5.8.2	Inherently safe design	43
5.8.3	Safeguarding and complementary protective measures	43
5.8.4	Information for use	44
5.9	Hazards due to insufficient durability caused by cleaning and disinfection	44
5.9.1	General	44
5.9.2	Inherently safe design	44
5.9.3	Information for use	44
5.10	Hazards caused by assistive forces	44
5.10.1	General	44
5.10.2	Inherently safe design	45
5.10.3	Safeguarding and complementary protective measures	45
5.10.4	Information for use	46
5.10.5	Verification and validation	46
5.11	Joint injuries due to assistance that exceeds the range of motion	47
5.11.1	General	47
5.11.2	Inherently safe design	47
5.11.3	Safeguarding and complementary protective measures	47
5.11.4	Information for use	48
5.11.5	Verification and validation	48
5.12	Hazards due to unharmonized and uncoordinated motion	49
5.12.1	General	49
5.12.2	Inherently safe design	49
5.12.3	Safeguarding and complementary protective measures	49
5.12.4	Information for use	49
5.12.5	Verification and validation	49
6	Safety-related control system requirements	49
6.1	Required control system performance	49
6.1.1	General	49
6.1.2	Required control system performance	49
6.1.3	Determining severity	50
6.1.4	Determining probability of occurrence	50
6.1.5	Determining possibility of avoidance	50
6.2	Robot stopping	50
6.2.1	General	50
6.2.2	Robot stopping functions	51
6.2.3	Braking	52
6.3	Start and restart interlocking	53
6.3.1	Start interlock	53
6.3.2	Restart interlock	53
6.4	Limits to operational spaces	53
6.5	Speed control	54
6.6	Environmental sensing	55
6.6.1	General	55
6.6.2	Object sensing	55
6.6.3	Travel surface sensing	56
6.7	Stability control	57
6.8	Force control	57
6.9	Singularity protection	57

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

6.10	Moving robot in emergency situations	57
6.11	Interworking with a lift (an elevator)	58
6.12	Design of user interface	58
6.12.1	General	58
6.12.2	Status indication	59
6.12.3	Connection and disconnection	60
6.12.4	Single command device for multiple robots	60
6.12.5	Multiple command devices	60
6.12.6	Cableless or detachable command device	61
6.12.7	Protection against unauthorized use	61
6.13	Manual control devices	61
6.13.1	General	61
6.13.2	Labelling	61
6.13.3	Protection from unintended operation	61
6.14	Operational modes	62
6.14.1	General	62
6.14.2	Autonomous mode	63
6.14.3	Manual mode	63
6.14.4	Semi-autonomous mode	63
6.14.5	Maintenance mode	64
6.15	Cyber security and data privacy	64
6.15.1	General	64
6.15.2	Measures for data privacy and data security	65
6.15.3	Measures for cyber security managing access privilege and stability of operation	65
7	Verification and Validation	65
8	Information for use	66
8.1	General	66
8.2	Markings or indications	67
8.3	User manual	69
8.4	Service manual	70
	Annex A (informative) List of significant hazards for service robots	71
	Annex B (informative) Examples of operational spaces for service robots	78
	Annex C (normative) Safety function performance requirements	81
	Annex D (informative) Example of determination of the PLr or required SIL from risk estimation parameters of Annex C, C.2	98
	Annex E (informative) Example of the implementation of a safeguarded space	101
	Annex F (informative) Examples of service robots	104
	Annex G (informative) Information for lifting load	112
	Annex H (informative) Example of safety evaluation methods for lift boarding robots	114
	Annex I (informative) Example of safety evaluation method for braking distance	116
	Annex ZA (informative) Relationship between this European Standard and the essential requirements of Directive 2006/42/EC aimed to be covered	117
	Annex ZB (informative) Relationship between this European Standard and the essential requirements of Regulation (EU) 2023/1230 aimed to be covered	119
	Bibliography	122

Foreword

ISO (the International Organization for Standardization) is a worldwide federation of national standards bodies (ISO member bodies). The work of preparing International Standards is normally carried out through ISO technical committees. Each member body interested in a subject for which a technical committee has been established has the right to be represented on that committee. International organizations, governmental and non-governmental, in liaison with ISO, also take part in the work. ISO collaborates closely with the International Electrotechnical Commission (IEC) on all matters of electrotechnical standardization.

The procedures used to develop this document and those intended for its further maintenance are described in the ISO/IEC Directives, Part 1. In particular, the different approval criteria needed for the different types of ISO documents should be noted. This standard was drafted in accordance with the editorial rules of the ISO/IEC Directives, Part 2 (see www.iso.org/directives).

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this document may be the subject of patent rights. ISO shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights. Details of any patent rights identified during the development of the standard will be in the Introduction and/or on the ISO list of patent declarations received (see www.iso.org/patents).

Any trade name used in this document is information given for the convenience of users and does not constitute an endorsement.

For an explanation of the voluntary nature of standards, the meaning of ISO specific terms and expressions related to conformity assessment, as well as information about ISO's adherence to the World Trade Organization (WTO) principles in the Technical Barriers to Trade (TBT), see www.iso.org/iso/foreword.html.

This document was prepared by Technical Committee ISO/TC 299.

This second edition cancels and replaces the first edition (ISO 13482:2014), which has been technically revised.

The main changes compared to the previous edition are as follows:

- The document has been re-structured from safety requirements to specific robot types
- The clauses on personal carrier robots have been removed.
- New clauses on cyber-security and data protection, and robots inter-working with lifts (elevators), with associated informative annex H, are included in the document.
- Detailed coverage of wearable robots, previously referred to as personal assistant robots, is provided in clause 5 with an informative Annex G.

This document has been prepared under a standardisation request addressed to [the relevant ESO] by the European Commission. The Standing Committee of the EFTA States subsequently approves these requests for its Member States.

For the relationship with EU Legislation, see informative Annex Z, which is an integral part of this document.

Any feedback or questions on this document should be directed to the user's national standards body. A complete listing of these bodies can be found at www.iso.org/members.html.

Introduction

This document has been developed in recognition of the particular hazards presented by robots and robotic devices for applications in non-industrial environments for providing services rather than manufacturing applications in industrial applications. This document focuses on the safety requirements for service robots in non-medical applications.

This document includes information in line with ISO 12100:2010 and adopts the functional safety approach proposed in ISO 13849 and IEC 62061:2024. This safety document considers the conditions for physical human-robot contact to formulate a safety standard for service robots.

This document is a type-C standard, as stated in ISO 12100:2010.

When a type-C standard deviates from one or more technical provisions dealt with by type-A or by type-B standards, the type-C standard takes precedence.

It is recognized that robots and robotic devices in service applications require close human-robot interaction and collaborations, as well as physical human-robot contact.

The service robots concerned, and the extent to which hazards, hazardous situations or hazardous events are covered, are indicated in the scope of this document.

Hazards are well recognized, and the sources of the hazards are frequently unique to particular robot systems. The number and types of hazards are directly related to the nature of the robot application, the complexity of the installation, and the level of human-robot interaction incorporated.

The risks associated with these hazards vary with the type of robot used and its purpose, and the way in which it is installed, programmed, operated, and maintained.

Not all of the hazards identified by this document apply to every service robot, nor will the level of risk associated with a given hazardous situation be the same from robot to robot. Consequently, the safety requirements, and/or protective measures can vary from what is specified in this document. A risk assessment is conducted to determine the protective measures needed when they do not meet safety requirements and/or protective measures specified in this document, and for the particular application being considered.

In this document, the following verbal forms are used:

- “shall” indicates a requirement;
- “should” indicates a recommendation;
- “may” indicates a permission;
- “can” indicates a possibility or a capability.

In recognition of the variable nature of hazards with service robot applications, this document provides guidance for the assurance of safety in the design and construction of the non-medical service robot, as well as the integration, installation, and use of the robots during their full life cycle. Since safety in the use of service robots is influenced by the design of the particular robot system, a supplementary, though equally important, purpose is to provide guidelines for the information for use of service robots and robotic devices.

The safety requirements of this document have to be met by the manufacturer and the supplier of the service robot.

ISO/TR 23482-2 provides guidance on robot applications covered by this document and gaps and overlaps with standards of similar products.

Robotics — Safety requirements for service robots

1 Scope

This document specifies safety requirements for service robots in *personal service* (3.22) and *professional service* (3.24) applications.

This document provides safety requirements for stationary, mobile, and wearable service robots.

This document describes significant hazards associated with the use of these robots, and provides requirements to eliminate, or reduce, the risks associated with these hazards to an acceptable level.

This document does not apply to:

- robots travelling faster than 20 km/h;
- robot toys;
- water-borne robots and flying robots;
- industrial robots and industrial robot applications covered in ISO 10218-1 and ISO 10218-2;
- cleaning robots and lawn mowers covered in IEC 63327, IEC 60335-2-2 or IEC 60335-2-107;
- robots as medical devices;
- military or public force application robots;
- driverless industrial trucks (AGVs) covered by ISO 3691-4:2023;
- autonomous driving Cargo e-Transporters (ACeTs) covered by IEC 63281-2-2. This document is applicable to robots with multiple intended uses where one of the intended uses falls within the scope of this document.

The scope of this document is limited primarily to human safety.

This document is not applicable to robots manufactured prior to its publication date.

This document deals with all significant hazards, hazardous situations or hazardous events as described in Annex A.

This document does not provide any requirements for participation of service robots in road traffic environments.

This document does not provide any requirements for transportation of persons with service robots.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

ISO 2631-1:1997, *Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration — Part 1: General requirements*

ISO 3746:2010, *Acoustics — Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure — Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane*

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

ISO 3864-1:2011, *Graphical symbols — Safety colours and safety signs — Part 1: Design principles for safety signs and safety markings*

ISO 3864-2:2016, *Graphical symbols — Safety colours and safety signs — Part 2: Design principles for product safety labels*

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 4871:1996, *Acoustics — Declaration and verification of noise emission values of machinery and equipment*

ISO 7000:2019, *Graphical symbols for use on equipment — Registered symbols*

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

ISO 8373:2021, *Robotics — Vocabulary*

ISO 9227:2022, *Corrosion tests in artificial atmospheres — Salt spray tests*

ISO 11202:2010, *Acoustics — Noise emitted by machinery and equipment — Determination of emission sound pressure levels at a work station and at other specified positions applying approximate environmental corrections*

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 13732-3:2005, *Ergonomics of the thermal environment — Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces — Part 3: Cold surfaces*

ISO 13849-1:2023, *Safety of machinery — Safety-related parts of control systems — Part 1: General principles for design*

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

ISO 13854:2017, *Safety of machinery — Minimum gaps to avoid crushing of parts of the human body*

ISO 13855:2010¹⁾, *Safety of machinery — Positioning of safeguards with respect to the approach speeds of parts of the human body*

ISO 13856:2013, (all parts), *Safety of machinery — Pressure-sensitive protective devices*

ISO 13857:2019, *Safety of machinery — Safety distances to prevent hazard zones being reached by upper and lower limbs*

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 15534:2000, (all parts), *Ergonomic design for the safety of machinery*¹

ISO 21227-3:2007, *Paints and varnishes — Evaluation of defects on coated surfaces using optical imaging — Part 3: Evaluation of delamination and corrosion around a scribe*

ISO/TS 8100-21:2018, *Lifts for the transport of persons and goods — Part 21: Global safety parameters (GSPs) meeting the global essential safety requirements (GESRs)*

IEC 60204-1:2021, *Safety of machinery — Electrical equipment of machines — Part 1: General requirements*

1) If used, consideration shall be given as to the relevance and applicability of the quantitative data to the intended users of the robot, especially for elderly people and children.

- Entwurf -**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

- IEC 60335-1:2020, *Household and similar electrical appliances — Safety — Part 1: General requirements*
- IEC 60335-2-29:2019, *Household and similar electrical appliances — Safety — Part 2-29: Particular requirements for battery chargers*
- IEC 60417:2024, *Graphical symbols for use on equipment*
- IEC 60529:2019, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*
- IEC 60825-1:2014, *Safety of laser products — Part 1: Equipment classification and requirements*
- IEC 61010-1:2010, *Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use — Part 1: General requirements*
- IEC 61140:2016, *Protection against electric shock — Common aspects for installation and equipment*
- IEC 61326-3-1:2017, *Electrical equipment for measurement, control and laboratory use — EMC requirements — Part 3-1: Immunity requirements for safety-related systems and for equipment intended to perform safety-related functions (functional safety) — General industrial applications*
- IEC 61496 (all parts), *Safety of machinery — Electro-sensitive protective equipment*
- IEC 61508-1, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems — Part 1: General requirements*
- IEC 62061:2024, *Safety of machinery — Functional safety of safety-related control systems*
- IEC 62133-2:2017, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes — Safety requirements for portable sealed secondary cells, and for batteries made from them, for use in portable applications — Part 2: Lithium systems*
- IEC 62368-1:2023, *Audio/video, information and communication technology equipment — Part 1: Safety requirements*
- IEC 62471:2006, *Photobiological safety of lamps and lamp systems*
- IEC 62619:2022, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes — Safety requirements for secondary lithium cells and batteries, for use in industrial applications*
- IEC/TS 62998-1:2019, *Safety of machinery — Safety-related sensors used for the protection of persons*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in ISO 12100:2010, ISO 8373:2021 and the following apply.

3.1

allowed contact

any *contact* (3.4) with the *service robot* (3.36) that is permitted by the manufacturer

3.2

autonomous mode

operational mode in which the robot function accomplishes its assigned mission without direct human intervention

EXAMPLE A *service robot* (3.36) waiting for an interaction (a command).

[SOURCE: ISO 8373:2021, 6.13.4]

3.3

command device

device that enables the *operator* (3.21) or a *user* (3.43) to control the robot

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

3.4**contact**

zero distance between robot and an object (including human) in its external environment

3.5**contact sensing**

detection or measurement capability that requires *contact* (3.4) with objects (including humans) in the environment

3.6**electro-sensitive protective equipment****ESPE**

assembly of devices and/or components working together for protective tripping or presence-sensing purposes, and comprising as a minimum

- a sensing device;
- controlling/monitoring devices;
- output signal switching devices and/or a safety-related data interface

Note 1 to entry: The safety-related control system associated with the ESPE, or the ESPE itself, can further include a secondary switching device, muting functions, stopping performance monitor, etc.

Note 2 to entry: A safety-related communication interface can be integrated in the same enclosure as the ESPE.

[SOURCE: IEC 61496-1:2020, 3.5, modified: ..., or the ESPE itself, can further include ...]

3.7**hazard**

potential source of harm

[SOURCE: ISO 12100:2010, 3.6, modified, notes 1, 2 and 3 to entry removed]

3.8**hazardous force**

force of a point of a *service robot* (3.36) that creates an unacceptable *risk* (3.28)

3.9**hazardous obstacle**

object, obstruction which can cause harm if it comes into contact or collision with the robot

3.10**hazardous speed**

speed of a point (body location) of a *service robot* (3.36) that creates an unacceptable *risk* (3.28)

Note 1 to entry: In the definition, speed can be absolute or relative to the point of interest.

3.11**hazardous surface condition**

adverse conditions of travel surface for a *mobile service robot* (3.17) that create an unacceptable *risk* (3.28)

EXAMPLE Surface conditions by which a *mobile service robot* (3.17) can roll over or slip causing injury or damage.

3.12**Low-power wearable robot**

wearable robot (3.46) that a *user* (3.43) can overpower

3.13**manual control device**

human operated device connected into the control circuit used for controlling the *service robot* (3.36)

Note 1 to entry: One or more manual control devices attached to a panel or housing form a *command device* (3.3).

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)****3.14****manual mode**

operational mode in which the robot is operated by direct human intervention via, for example, handguiding, pushbuttons or a joystick

Note 1 to entry: This mode is usually used for teaching, tele-operation, fault-finding, repair, cleaning, etc.

3.15**maximum space**

volume which can be swept by the moving parts of the robot as defined by the manufacturer, plus the volume which can be swept by manipulators and payloads

Note 1 to entry: For mobile platforms, this volume can be defined by the physical boundaries through which the robot can move around.

Note 2 to entry: See Figure E.2.

3.16**mobile platform**

assembly of the components which enables locomotion.

Note 1 to entry: A mobile platform can include a chassis which can be used to support a load.

Note 2 to entry: A mobile platform can provide the structure by which to affix a manipulator.

Note 3 to entry: Mobile platform following a predetermined path indicated by markers or external guidance commands.

3.17**mobile service robot****MSR**

service robot (3.36) able to travel under its own control

3.18**monitored space**

space in which a person or object is detected by sensors that provide information to the robot.

Note 1 to entry: Monitored space can reach beyond the *maximum space* (3.15) and can be defined by a collection of sensors on the robot or outside the robot that provide information to the robot.

Note 2 to entry: This space can be static or dynamic depending on the service robot and its application.

Note 3 to entry: See Figure E.2.

3.19**non-contact sensing**

detection or measurement capability that does not require *contact* (3.4) with objects (including humans) in the environment

3.20**operational mode**

characterization of the way and the extent to which the *operator* (3.21) or user intervenes with the service robot control devices

[SOURCE: ISO 8373:2021, 6.13, modified; intervenes in the control equipment changed to or user intervenes with the service robot in the control devices and note 1 to entry removed]

3.21**operator**

person designated and trained to make parameter and program changes, and to start, monitor, and stop the *service robot* (3.36) for the benefit of users.

[SOURCE: ISO 8373:2021, 3.11, modified; and trained to make parameter and program changes, and *service robot* (3.36) for the benefit of users added]

E DIN EN ISO 13482:2024-10 ISO/DIS 13482:2024(en)

3.22**personal service**

means of satisfying an individual's needs where the robot is used for and potentially operated by the beneficiary.

Note 1 to entry: In case of personal service the robot is not used for financial gain.

EXAMPLE Personal services include handling and transportation of goods, providing information including cognitive support, providing companionship or entertainment, grooming, cooking and food handling, and physical assistance.

3.23**pressure-sensitive protective equipment****PSPE**

sensitive protective equipment of the "mechanically activated trip" type intended to detect the touch of a person or body part of a person and which can also act as impeding device.

Note 1 to entry: Examples of PSPE are pressure sensitive mats and floors, bumpers, pressure sensitive edges and bars.

Note 2 to entry: PSPE generate a stopping signal by the use of different techniques, e.g. mechanical contacts, fibre-optic sensors, pneumatic sensors.

[SOURCE: ISO 13856-3:2013, 3.1, modified: replaced note 1 to entry and note 2 to entry]

3.24**professional service**

means of satisfying one or multiple individuals' needs or business organisation's needs where the operator of the robot is either the service provider or organisation's personnel.

Note 1 to entry: In case of professional service the robot can be used for financial gain.

EXAMPLE Professional services include handling and transportation of goods, building inspection, surveillance, cooking and food handling, lifting and transporting of objects with support of an exoskeleton.

3.25**protective stop space**

space in which the *service robot* (3.36) will perform a protective stop if a person or object enters it

EXAMPLE Examples of operational spaces for some different service robots are presented in Annex B.

Note 1 to entry: Space can be static or dynamic, depending on the service robot, its application and its (dynamic) shape.

Note 2 to entry: See Figure E.2.

3.26**relative speed**

magnitude of the difference between the velocity vectors of the robot and an object (including a human) nearby

Note 1 to entry: The robot velocity is the vector sum of velocities of the robot body and its moving parts.

3.27**restricted space**

portion of the *maximum space* (3.15) defined by the robot manufacturer and/or user within which the robot is intended (or allowed) to be used (or operated)

Note 1 to entry: For *mobile service robots* (3.17), this volume can be limited by special markers on floors and walls, or by *software limits* (3.38) defined in the internal map of the robot or facility (maximum space).

Note 2 to entry: See Figure E.2.

[SOURCE: ISO 8373:2021, 5.12, modified; restricted by limiting devices (6.21) that establish limits which will not be exceeded changed to defined by the robot manufacturer and/or user within which the robot is intended (or allowed) to be used (or operated) and note 2 to entry added]

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)****3.28****risk**

combination of the probability of occurrence of harm and the severity of that harm

[SOURCE: ISO 12100:2010, 3.12]

3.29**risk assessment**

overall process comprising a risk analysis and a risk estimation

[SOURCE: ISO 12100:2010, 3.17, modified; evaluation changed to estimation]

3.30**safeguarded space**

space in which the *service robot* (3.36) initiates a safety-related function if a person or object is detected within it

Note 1 to entry: Examples of safety-related functions include trajectory changes, safety-related speed control, protective stop, safety-related force control.

Note 2 to entry: Annex E provides more details on possible implementations of algorithms for the speed reduction.

Note 3 to entry: Space can be static or dynamic, depending on the service robot, its application and its (dynamic) shape.

Note 4 to entry: See Figure E.2.

3.31**safe state**

condition of a *service robot* (3.36) where it does not present an impending *hazard* (3.7)

[SOURCE: ISO 10218-2:2023, 3.11, modified; machine or piece of equipment changed to service robot]

3.32**safety-related force control**

function in safety-related control system that prevents the robot from reaching *hazardous force* (3.8).

3.33**safety-related part of a control system**

part of a control system that performs a safety function, starting from a safety-related input(s) to generating a safety-related output(s)

[SOURCE: ISO 13489-1:2023, 3.1.1, modified; notes 1 to entry removed]

3.34**safety-related speed control**

function in safety-related control system that prevents the robot from reaching *hazardous speed* (3.10).

3.35**semi-autonomous mode**

operational mode in which motions of the *service robot* (3.36) are determined by combination of the autonomous task program and partial user intervention

EXAMPLE *Wearable robot* (3.46) that tries to correct the human-chosen path to avoid collisions.

[SOURCE: ISO 8373:2021, 6.13.3, modified; operation changed to operational, motions of service robot included and manual user inputs given at the same time changed to partial user intervention and note 1 to entry removed]

3.36**service robot**

robot in personal use or professional use that performs useful tasks for humans or equipment

[SOURCE: ISO 8373:2021, 2.10, modified, notes 1 and 2 to entry removed]

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)****3.37****singularity**

occurrence whenever the rank of the Jacobian matrix becomes less than full rank.

Note 1 to entry: Mathematically, in a singular configuration the joint velocity in joint space can become infinite to maintain Cartesian velocity. In actual operation, motions defined in Cartesian space that pass near singularities can produce high axis speeds which can lead to hazardous situations.

Note 2 to entry: The Jacobian matrix is typically defined as a matrix of the first order partial derivatives of the robot's degrees of freedom.

[SOURCE: ISO 10218-1:2011, 3.22, modified; note 2 to entry added]

3.38**software limits**

restrictions to one or more operational parameters of the robot defined in the control system

Note 1 to entry: Software limit can restrict operating spaces, speed, force, etc.

3.39**span-of-control**

predetermined portion of a *service robot* (3.36) application that is under control of a specific device for a safety function.

3.40**stationary service robot**

service robot (3.36) fixed to a surface or transportable

3.41**third party**

a person or persons not the *user* (3.43) (or beneficiary); or *operator* (3.21) in proximity to or present in the defined operating area of the robot.

3.42**unintended contact**

unplanned *contact* (3.42) between *service robot* (3.36) and object (including human) while performing the intended task

3.43**user**

Person designated to start, monitor and stop the robot for their own use or the beneficiary of the service provided by the *service robot* (3.36).

Note 1 to entry: In some applications, a user could be both the operator and the beneficiary.

Note 2 to entry: A user can be a layperson or trained for the use of the robot.

Note 3 to entry: A user can be a person who owns or has management responsibility for the robot.

3.44**validation**

confirmation, through the provision of objective evidence, that the requirements for specific intended use or application of the *service robot* (3.36) have been fulfilled

[SOURCE: ISO 9000:2015, 3.8.13 modified; application of the service robot added and notes 1 and 2 to entry removed]

E DIN EN ISO 13482:2024-10

ISO/DIS 13482:2024(en)

3.45**verification**

confirmation, through the provision of objective evidence, that specified requirements of the *service robot* (3.36) have been fulfilled

[SOURCE: ISO 9000:2015, 3.8.12, modified; requirements of the service robot added and notes 1 and 2 to entry removed]

3.46**wearable robot**

service robot (3.36) that is fastened to a *user's* (3.43) body during use and physically assists the *user* (3.43) to perform required tasks by providing supplementation or augmentation of personal capabilities

4 General safety requirements

4.1 General

Service robots shall conform to the safety requirements of this clause. In addition, the service robot shall be designed according to the requirements of ISO 12100:2010.

For each service robot a risk assessment according to ISO 12100:2010 shall be performed.

NOTE 1 ISO 12100:2010 provides requirements and guidance in performing hazard identification and risk reduction.

NOTE 2 Annex A contains a list of hazards that can be present with service robot(s).

For risk assessment, the limits of the service robot may be divided into several sets of limits, each referring to a certain environment, user group and/or task. If such an approach is used, appropriate measures for risk reduction shall be determined for each set of limits. In addition, risks shall be considered that can occur, if the robot is operated outside its current set of limits.

NOTE 3 Annex C contains safety function performance requirements with a choice of using the listed performance or performing a risk assessment using the parameters and thresholds of Annex C.2 for risk estimation.

NOTE 4 A robot can for example have two sets of limits, one for use in environments limited only to operators and one for use in environments which are open to the public, with the latter having lower speed limits.

Measures shall be taken to reduce risk to an acceptable level for exposed persons.

NOTE 5 Clause 7 of ISO/TR 23482-2:2019 includes examples of risk assessment process that lead to acceptable levels of risk for several types of service robots.

The applicability and appropriateness of the risk reduction measures listed in the standard can be determined by the risk assessment (e.g. requirements in the standard indicated as where appropriate)

If risks can be eliminated or reduced by measures that are not described in this standard, these measures shall achieve at least the same level of risk reduction as the measures described in this standard.

Service robots can adhere to additional standards and regulations if the robot is also intended to be used in environments or applications not within the scope of this standard.

The safety requirements for mobile service robots differ depending on whether they are equipped with manipulators or not.

Attachments to service robot, for example such as those used for cleaning or disinfection shall be considered during risk assessment and suitable measures for risk reduction shall be identified. The structure of the following sub-clauses reflects the three-step-method stated in ISO 12100:2010 in the following way:

- Requirements for inherently safe design measures are provided in subclauses 4.x.2 or 4.x.x.2 of each subclause 4.x or 4.x.x respectively.

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

- Requirements for safeguards and complementary protective measures are provided in subclause 4.x.3 and 4.x.x.3.
- Requirements for information for use are provided in subclauses 4.x.4 and 4.x.x.4.

When risk reduction is achieved by the use of safety-related control functions, the requirements of Clause 6 apply.

Recommended methods of verification and validation of various requirements for the significant hazards are shown in subclause 4.x.5 or 4.x.x.5 of each subclause 4.x or 4.x.x (respectively). A description of the verification and validation methods is given in Clause 8.

NOTE ISO/TR 23482-2 includes further information on structured approach of risk reduction of ISO 13482.

Additional safety requirements applicable to mobile service robots are in Clause 6. Additional safety requirements applicable to wearable robots are in Clause 5.

4.2 Hazards due to energy storage and supply

4.2.1 Contact with hazardous energy parts

4.2.1.1 General

A service robot shall be designed and constructed so that all hazards related with its energy are prevented.

Service robot's electrical equipment shall be designed and constructed in compliance with one or more of the following standards, relevant for its design and application:

IEC 60204-1:2021 for electrical equipment,

IEC 60335-1:2020 for appliances,

IEC 61140:2016 for electrical equipment,

ISO 4414:2010 for pneumatic equipment,

ISO 4413:2010 for hydraulic equipment,

IEC 62368-1:2023 for AV/ICT equipment,

IEC 61010-1:2010 for inspection, measurement, and process equipment

Any exposed person shall be protected from harm caused by direct or indirect contact with live electrical parts on the robot.

A means of isolating any hazardous energy sources (e.g. electrical, mechanical, hydraulic, pneumatic, chemical and thermal) shall be provided, if the limits specified in 4.2.1.2 are exceeded. Such hazardous energy sources shall be clearly identified, and the isolators shall be capable of being locked if accidental reconnection during maintenance can lead to a hazard.

4.2.1.2 Inherently safe design

The following measures shall be applied where appropriate:

- a) use of safe extra-low voltage (SELV) sources for accessible circuits and parts according to the applicable standards such as IEC 60204-1:2021 or IEC 60335-1:2020 or IEC 62368-1:2023 or IEC 61010-1:2010.

NOTE 1 In IEC 61140:2016, SELV is defined as less than 25 V AC rms and 60 V DC

- b) use of low pressures for pneumatic/hydraulic equipment such that the resulting forces do not exceed the limits specified in ISO 4414:2010 and ISO 4413:2010, and the stress exerted upon the components used does not lead to hazardous situation.

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

NOTE 2 For more guidance see ISO 4413:2010, ISO 4414:2010.

Other types of stored energy shall be kept to a level as low as reasonably practicable, to minimize the hazard.

4.2.1.3 Safeguarding and complementary protective measures

Where guards or enclosures are used to protect from hazardous energy parts, their design shall conform to appropriate IP class as defined in IEC 60529:2019 for electrical hazards and safety distances of ISO 13857:2019 for other hazards as determined by risk assessment.

Where excessive heat is present, heat dissipation measures shall be applied (e.g. heat sinks, air flow). If fans are used, fan control devices are recommended.

4.2.1.4 Information for use

Warning markings indicating the form of hazardous energy (e.g. IEC 60417-6042 electric shock) should be put on the service robot. They shall comply with IEC 60417:2024, ISO 3864-2:2016, ISO 7000:2019, or ISO 7010:2019, and their meaning shall be explained in the information for use.

4.2.1.5 Verification and validation

Appropriate test method(s) shall be chosen from the following: A, B, C, E, H.

NOTE An applicable test method can be found in Clause 6.1 of ISO/TR 23482-1:2020.

4.2.2 Hazards related to battery

4.2.2.1 General

Persons shall be protected against hazards related to batteries in intended use and reasonably foreseeable misuse. Charging or discharging batteries shall not result in fire, explosion, electrolyte leakage, venting, burns, rupture, or other hazards.

Lithium batteries shall comply with IEC 62133-2:2017 or IEC 62619:2022. Batteries of other chemistries shall comply with an appropriate battery standard.

NOTE 1 IEC 62368-1:2023 Annex M includes a list of battery standards.

Hazards associated with internal (non-replaceable) batteries, or detachable (replaceable) batteries shall be considered.

Hazards associated with the method(s) employed to charge batteries shall be considered, including:

- through direct connection to an external docking station;
- connection by cordset to an external charger; or
- mains-connected cordset plugged into an internal charger;
- through inductive charging from a wireless power transmitter.

NOTE 2 External charging of a detachable (replaceable) battery when removed from the robot is not covered by this standard.

NOTE 3 Guidance for inductive charging from a wireless power transmitter can be found in IEC 62368-1:2023, ISO 15118-1, SAE J2954, ETSI EN 303 417.

If a service robot has a battery that can be charged while embedded inside the robot, persons shall be protected against hazards due to accidental contact with the charging connections on the robot and its charging systems.

- Entwurf -**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

When robots are intended to be automatically supplied with power when the power cable is connected to the robot, hazards that can occur due to the connection shall be considered.

If the robot is not intended to operate while charging, the robot's operation shall be prevented while charging.

If the remaining power of battery is insufficient to operate safely, the robot shall give status warning in order to avoid the situation where the user is brought to the level of unacceptable risk.

Chargers shall comply with IEC 60335-2-29:2019 or IEC 62368-1:2023 as appropriate and should be in compliance with IEC 60529:2019.

4.2.2.2 Inherently safe design

Batteries shall be suitable for intended use and reasonably foreseeable misuse. Batteries shall be operated within their specific ratings.

For robots with replaceable batteries, the design of the robot and/or the battery shall prevent reverse polarity installation or short circuit.

Charging contacts and plugs shall be designed in a way that accidentally touching live parts is prevented (e.g. caps for plugs and outlets).

The battery charging voltage shall conform to appropriate standard according to the application and/or environment of the charging systems, such as IEC 61010:2010, IEC 61140:2016, IEC 60335-2-29:2019, IEC 62368-1:2023 and IEC 61851-1.

4.2.2.3 Safeguarding and complementary protective measures

The following measures shall be applied where appropriate:

- a) sufficient ventilation shall be provided to batteries to prevent overheating or accumulation of hazardous gases;
- b) if there are battery hazards not fully addressed within the battery, the battery management system or the charger, they shall be prevented by the robot's control system. Examples include protection against over-discharge, excessively high or low temperatures, or overload conditions;
- c) the robot's control system shall respond appropriately to fault/error messages from the battery;
- d) charging connections shall be designed in such a way that they are only energised when the service robot is connected to a charging system;
- e) any in-built charging system shall automatically supervise the correct charging of the battery.

If each protective measure is to be achieved by functional safety, it shall be assured by an appropriate performance level according to the results of the risk assessment or according to Annex C.

4.2.2.4 Information for use

Information for use shall contain instructions for battery charging, in particular:

- the procedure for charging the service robot;
- the environmental conditions (e.g., outdoor or indoor charging);
- requirement to switch the service robot off, or into a certain operational mode;
- appropriate warnings.

The battery charging status should be displayed.

E DIN EN ISO 13482:2024-10 ISO/DIS 13482:2024(en)

Printed copies are uncontrolled
Robots with replaceable batteries shall include the following markings (or equivalent):

- “WARNING: Risk of explosion if battery is replaced by an incorrect type. Replace battery only with the same type of battery. Dispose of used batteries according to instructions”;
- “WARNING: Risk of explosion. See manual for battery replacement.”

The manual shall state the types of battery that are suitable for replacement and instructions for disposal. In addition, the correct procedure for replacing the battery shall be described.

4.2.2.5 Verification and validation

Appropriate method(s) shall be chosen from B, C, D, E in Clause 8.

4.2.3 Uncontrolled release of stored energy

4.2.3.1 General

Uncontrolled release of stored energy shall not lead to any hazard, including fire. This applies while the robot is operating as well as when the robot is switched off.

A means to remove hazards due to uncontrolled release or removal of stored hazardous energy shall be provided. This shall not lead to any additional hazard.

NOTE Stored energy can occur in pneumatic and hydraulic pressure accumulators, capacitors, batteries, springs, counter balances, flywheels, etc.

4.2.3.2 Inherently safe design

Stored energy shall be kept to a level as low as reasonably practicable. Energy storage shall be designed to prevent uncontrolled release of energy.

NOTE Uncontrolled release of stored energy can be prevented with e.g. high gear reduction ratio, electric fuse and pneumatic choke.

4.2.3.3 Safeguarding and complementary protective measures

The following measures shall be applied where appropriate:

- a) guards/covers shall be applied to minimize the risk during any release of energy;
- b) the robot shall be provided with the means to regulate its energy supply so as to prevent over-heating or over-currents caused by overloads, short circuits, clothes which encompass the heat source of the robot, or device malfunction.

4.2.3.4 Information for use

Labels shall be affixed to identify all the stored energy hazards and their locations. Information for use shall contain the description of the means, and the procedures for the removal of stored energy or hazards due to uncontrolled release of stored energy.

4.2.3.5 Verification and validation

Appropriate method(s) shall be chosen from the following: B, D, E, H.

4.2.4 Power failure or shutdown**4.2.4.1 General**

Power failure or unintended shutdown, including low-power condition, of a service robot and subsequent re-application of power shall not lead to unacceptable risk. Special consideration shall be taken to ensure the following.

- a) Service robots shall be designed in a way that risks due to movement of the robot and robot components, instability (hazard from falling over due to loss of power, e.g. for robots with self-balancing functions), and dropping of loads in the event of failure or full or temporary shutdown of power are acceptable. This shall be achieved regardless of the type(s) of power supply (e.g. electrical, hydraulic, pneumatic, vacuum).
- b) Service robots equipped with mobile platforms shall be designed to ensure that the risks due to robot travel following failure or shutdown of power (e.g. loss of braking system function) are acceptable. This shall be achieved regardless of the robot locomotion mechanisms (e.g. wheels, tracks, legs).
- c) If a moving part of a service robot locks as a result power failure or shutdown and poses hazard, e.g., trapping a user, it shall be possible to move the part without drive power by a single person. This shall consider the full range of potential users to allow their escape or rescue, as determined by risk assessment. If this is not practicable, a complementary safe guarding measure shall be applied.

NOTE For unexpected start-up from power failure, see 4.3

4.2.4.2 Inherently safe design

The following measures shall be applied where appropriate:

- a) braking mechanisms shall take effect when they are de-energised;
- b) internal storage of sufficient energy (e.g. due to spring compression or electric capacitor) to allow recovery to a safe state following power failure/shutdown.

4.2.4.3 Safeguarding and complementary protective measures

The following measures shall be applied where appropriate:

- a) provision of an uninterruptable power source;
- b) service robots able to trap humans in isolated locations shall be provided with a means of summoning assistance powered independently;
- c) in case the available internal energy or stored power (e.g. battery power) falls below a certain threshold, the robot shall notify its status to the user and/or operator by means such as audio, light, vibration indications, and shall come into a safe state automatically.

4.2.4.4 Information for use

The information for use shall describe the residual risks relevant to power failure or shutdown. Maintenance procedures can be required following such power failures or shutdowns, if deemed necessary by risk assessment (see 8.4).

4.2.4.5 Verification and validation

Appropriate method(s) shall be chosen from the following: B, D, E, H.

4.3 Robot start-up and restart of regular operation

4.3.1 General

Service robots shall not perform any hazardous action upon start up. The robot shall comply with ISO 14118:2017.

If self-testing during initialisation requires robot motion, the robot's axes may be moved by the necessary minimum to conduct the test. The risks associated with this motion shall be kept as low as reasonably practicable.

4.3.2 Inherently safe design

The following measures shall be applied where appropriate.

- a) The service robot shall start up in a state of restricted speed, force, etc. (see 6.5 and 6.8) and shall only return to normal levels of control by means of a mode change (see 6.14).
- b) The service robot shall always start up in manual mode, and shall only continue operation in autonomous mode by means of a mode change as specified in 6.14.1.

4.3.3 Safeguarding and complementary protective measures

The following measures shall be applied where appropriate

- a) during start-up the service robot shall perform internal control tests, and start up the robot within safe limits (e.g. speed, force, etc.) to ensure that all safety-related functions are available before starting any hazardous operation;
- b) if the service robot's safety-related functions cannot be performed correctly after start up, then it shall immediately perform a protective stop;
- c) manipulators, mobile platforms and other moving parts shall be de-activated by safety-related functions at start-up (to prevent any unintended actions). Application functions shall only be enabled if it can be positively established, via sensors, that no hazardous situation exists. This measure shall be applied if the robot is intended to enter autonomous mode immediately after start-up.
- d) the service robot shall always start up in a stationary condition and shall only return to normal operation by means of an operator action.

4.3.4 Information for use

Necessary start-up and restarting instructions shall be provided in the robot's information for use according to the measures which have been applied.

4.3.5 Verification and validation

Appropriate method(s) shall be chosen from the following: B, D, F.

4.4 Electrostatic potential

4.4.1 General

The service robot shall be designed to avoid harm to humans caused by electrostatic potential and discharge.

Electrostatic discharge (ESD) protection shall be sufficient so that no personal protective equipment is required by users.

Any build-up of harmful electrostatic potential shall be discharged.

E DIN EN ISO 13482:2024-10 ISO/DIS 13482:2024(en)

The service robot shall be designed to avoid harmful malfunction due to electrostatic potential discharge.

NOTE IEC 61000-4-2 gives additional guidance.

4.4.2 Inherently safe design

The following measures shall be applied where appropriate:

- a) use of conductive materials;
- b) discharging of outer surfaces by earthing;
- c) other techniques to prevent build-up of electrostatic charge on surfaces or parts that can be touched.

4.4.3 Safeguarding and complementary protective measures

To avoid contact with live parts, electrical equipment enclosures and covers shall comply with the application Standard(s) per subclause 4.2.1.1 (e.g., IEC 60204-1:2021, IEC 60335-1:2020, IEC 62368-1:2023, IEC 61010-1:2010).

4.4.4 Information for use

If necessary, relevant warning signs for ESD from ISO 7010:2019 shall be provided together with the information for use.

4.4.5 Verification and validation

Appropriate method(s) shall be chosen from the following: B, C, E.

NOTE IEC 61000-4-2 and ISO 7176-21 contain applicable test methods.

4.5 Hazards due to robot shape

4.5.1 General

Intended use case scenarios to perform intended tasks by the service robot shall be considered in the design of the overall shape of the robot, and of its external parts, to avoid the potential for accidents that could cause, for example, crushing, cutting, or severing injuries.

The age of persons (e.g., children) intended to be in the robot's operating area shall be considered in the design of the robot.

The service robot shall be designed in a way, that protective equipment is not necessary to be worn during use and handling of the robot, except when required as part of a tool or maintenance task.

Risk assessment shall also consider the shape of load being carried by the service robot.

EXAMPLE Exoskeleton straps should be designed not to cause injuries, e.g. cutting or scratching or laceration.

The design shall ensure that errors when fitting or refitting certain parts, which can be a source of risk, can be prevented. If not practicable, the information for use shall be provided at least on the parts themselves and/or their housings.

4.5.2 Inherently safe design

The following measures shall be applied where appropriate:

- a) Accessible components and parts of service robots shall ensure the radius of chamfer is at least 0,3 mm (radius or chamfer of more than 0,5 mm is preferred) according to IEC 63281-2-1.

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

- b) To prevent crushing of fingers the distance separating accessible moving parts from other moving parts or from fixed parts of the service robot shall, either be less than 5 mm, or greater than 18 mm in any position or in compliance with ISO 13854:2017 and ISO 15534:2000.
- c) The robot's joints (e.g., manipulator joints) shall be designed in a way that they have sufficient gaps to prevent the human body parts from being crushed when the joints are moved as intended by the manufacturer. This can be done by choosing the robot geometry as well as by restricting the joint limits inherently.

4.5.3 Safeguarding and complementary protective measures

The following measures shall be applied where appropriate:

- a) cushioning on sharp edges and points shall be provided to eliminate shearing, stabbing, cutting hazards and reduce impact hazards;

NOTE ISO/TR 23482-1:2020 Annex A provides quantitative criteria on hazards due to contact between human and robot (component).

- b) adjustment of the robot speed and behaviour, if hazardous loads (e.g. sharp or pointed objects) are being carried.

4.5.4 Information for use

Warnings and instructions mitigating shape-related risks shall conform to ISO 12100:2010, ISO 7010:2019, and/or IEC 60417:2024.

The information for use shall contain instructions for protective equipment (e.g. gloves) needed for handling, using, or operating, etc., the service robot.

Where the shape of load being carried can lead to additional hazards, appropriate instructions to deal with these risks shall be given.

Information on limiting the load being carried to objects which are not sharp or pointed shall be provided.

4.5.5 Verification and validation

Appropriate method(s) shall be chosen from the following: A, C, G, H.

4.6 Hazards due to power train components

4.6.1 General

Service robots shall be designed so that the risk of hazards caused by exposure to power train components such as motor shafts, gears, drive belts, wheels and tracks is acceptable.

NOTE Hazards due to collision of manipulators and mobile platforms with humans are covered in clause 4.9.6.

Service robots shall be designed in compliance with ISO 13857:2019 in order to prevent hazard zones being reached by parts of the body.

4.6.2 Inherently safe design

The following measures shall be applied where appropriate:

- a) the service robot should be designed with the minimum number of accessible powertrain components;
- b) the service robot should be designed with moving parts in which components such as motor shafts, gears, drive belts, wheels and tracks are not exposed.

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

4.6.3 Safeguarding and complementary protective measures

Hazards due to moving parts shall be prevented either by fixed guards or by movable guards, depending on the foreseeable frequency of access, in accordance with ISO 14120 and the risk assessment..

Appropriate method(s) shall be chosen from the following.

- a) Where fixed guards are used, that can be removed e.g. for maintenance, the following measures shall apply:
 - 1) fixed guards shall be installed so that they can be opened or removed only with tools;
 - 2) their fixing system shall remain attached to the guards or to the service robot when the guards are removed, if deemed necessary by risk assessment;
 - 3) where applicable, guards shall be incapable of remaining in place without their fixings.
- b) Where movable guards are used, the following measures shall apply:
 - 1) movable guards shall be designed so that once opened, they remain attached to the service robot;
 - 2) movable guards shall be interlocked with the hazardous movements in such a way that hazardous movements come to a stop; the control system performing this function shall conform to Clause 6 in accordance with the service robot's risk assessment; the guard shall remain closed and locked until the risk due to the hazardous machine functions covered by the guard has disappeared, in accordance with ISO 14119:2013;
- c) Enclosures shall be used to provide protection against hazardous rotating components in accordance with ISO 13857:2019.

4.6.4 Information for use

Where fixed or movable guards are incorporated into a service robot design, information for use shall include all instructions necessary for their correct installation, adjustment and removal.

4.6.5 Verification and validation

Appropriate method(s) shall be chosen from the following: A, B, H.

4.7 Emissions

4.7.1 Noise

4.7.1.1 General

Any human near the service robot shall be protected from hazardous noise (including ultrasonic noise) that could directly cause discomfort, stress, hearing loss, loss of balance or consciousness of the user, or similar disorders arising from the robot's operation.

The level of acoustic noise emitted by the service robot shall be sufficiently low that no special protective equipment needs to be worn.

Where a service robot communicates through loudspeaker the operator should be able to adjust the volume of the loudspeaker. The manufacturer should consider suitable measures for assessing loudspeaker sound in context of noise.

The service robot shall conform to noise emission standards appropriate to its intended purpose (e.g. see ISO 1996, ISO 3740, ISO 11200, ISO/TS 15666, ISO 15667).

NOTE 1 Acoustic environmental noise assessment can be found in ISO 1996-1 and ISO 1996-2.

NOTE 2 Noise validation test can be found in ISO/TR 23482-1:2020 clause 6.2.

E DIN EN ISO 13482:2024-10 ISO/DIS 13482:2024(en)

NOTE 3 ISO 1999 provides recommendations for noise limits.

4.7.1.2 Inherently safe design

ISO/TR 11688-1 gives general technical information and guidance for the design of low-noise machines. Special care shall be taken in the acoustical design of the robot. The following measures shall be applied where appropriate:

- a) low-noise component: the service robot shall be constructed with components which are inherently silent in their operation;
- b) appropriate operational behaviour: robot actions and/or motions shall be designed to be as quiet as practicable, given the required tasks of the service robot;
- c) sound-damping materials: the service robot shall be constructed with materials that limit acoustic noise and reduce its emission to the outside environment.

NOTE ISO/TR 11688-2 gives useful information on noise generation mechanisms in machinery.

4.7.1.3 Safeguarding and complementary protective measures

The following measures shall be applied where appropriate:

- a) additional sound absorbing materials, e.g. foam, baffles, curtains, coatings;
- b) use of active noise cancellation (anti-noise) mechanisms.

4.7.1.4 Information for use

Information for use shall list safeguards and protective measures used for noise reduction, and shall give appropriate instructions for maintenance. Where necessary, instructions for regular checks of the emitted noise shall be provided.

4.7.1.5 Verification and validation

Appropriate test method(s) shall be chosen from the following: C, D.

NOTE An applicable test method can be found in Clause 6.2 of ISO/TR 23482-1:2020.

The dual-number declaration according to ISO 4871:1996 shall be applied, and the measurement, declaration and verification of noise emission values shall be made according to ISO 3746:2010 or ISO 11202:2010, as appropriate.

4.7.2 Substances and fluids

4.7.2.1 General

A service robot user shall be protected from emissions of any poisonous or noxious materials, or from solvents from the robot body surface or from even within its body if the solvent is highly volatile, which can cause burns or any kind of irritation (e.g. see ISO 14123-1).

The service robot shall be designed so that no hazardous substances and fluids are emitted. The robot shall be designed such that during normal operation no protective equipment needs to be worn by the user.

No material that can cause allergies should be used at a surface which comes into contact with human skin during normal use of the service robot.

NOTE Nickel, chromium and some types of rubber can cause allergic reactions.

4.7.2.2 Inherently safe design

The following measures shall be applied where applicable:

- a) elimination or avoidance of potentially hazardous substances and fluids, e.g. oil, cooling fluid, and dust arising from brake abrasion within the service robot;
- b) substitution of potentially hazardous substances and fluids, e.g. oil, cooling fluid, and brake materials by those which are less harmful or non-hazardous;
- c) design of the service robot to contain substances internally so that they are not leaked into the external environment.

4.7.2.3 Safeguarding and complementary protective measures

The following measures shall be applied where appropriate:

- a) measures to detect loss of hazardous substances and fluids (e.g. oil) if hazardous substances or fluids are needed for operation;
- b) shut-off valves or fuses to seal leaking fluid pipes;
- c) measures to prevent humans from touching in case of leakage (e.g. covers).

4.7.2.4 Information for use

Information for use shall be provided about any hazardous substances inside the service robot. If necessary, instructions for taking precautions during use, handling, maintenance, and disassembly of the robot shall be given.

If allergenic materials are used in exposed parts of the robot, the information about the materials shall be provided.

4.7.2.5 Verification and validation

Appropriate method(s) shall be chosen from the following: E, G, H.

4.7.3 Extreme temperatures**4.7.3.1 General**

A service robot user shall be protected from extreme temperatures (either high or low temperatures) of the robot or its components that can cause burns, chilblains, stress, discomfort, or similar disorders of any kind. To achieve this requirement, the service robot shall conform to ISO 13732-1:2006 (Clause 4), ISO 13732-3:2005 (Clause 6.2), or other relevant standard listed in Clause 4.2.1.1..

NOTE Surface temperatures between 10 °C and 43 °C are normally not considered to be extreme (ISO 13732-1:2006, ISO 13732-3:2005).

4.7.3.2 Inherently safe design

The following measures shall be applied where applicable:

- a) elimination or avoidance of extreme high/low temperature sources within the service robot;
- b) choosing materials and their textures with appropriate thermal conductivities.

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

4.7.3.3 Safeguarding and complementary protective measures

The following measures shall be applied where appropriate:

- a) reducing (or increasing) the surface temperature with an appropriate cooling (or heating) system;
- b) isolation or the application of guards (see ISO 13732-1:2006 (clause 4) for high temperature and ISO 13732-3:2005 (clause 5) for low temperature);
- c) where necessary, temperatures inside the service robot, especially near heat sources shall be monitored: the robot shall react in an appropriate way (e.g. shutting itself off in a safe manner), if temperature limits are exceeded.

NOTE ISO/TR 23842-1 clause 9 provides temperature test methods.

4.7.3.4 Information for use

Information for use shall contain warnings and markings on the hot/cold parts having extreme temperatures in compliance with ISO 3864-1:2011. If necessary, instructions for taking precautions during use, handling, maintenance and disassembly of the service robot shall be given.

4.7.3.5 Verification and validation

Appropriate test method(s) shall be chosen from the following: C, D.

NOTE An applicable test method can be found in Clause 6.3 of ISO/TR 23482-1:2020.

4.7.4 Radiation

4.7.4.1 General

Emissions by hazardous radiation including incoherent broadband radiation shall be prevented. Light sources other than lasers shall be designed not to exceed Risk Group 2, in accordance with IEC 62471:2006.

NOTE 20 W/m² for eyes and 100 W/m² for skin surface, both at 0,1 m or more away from the source, are standardized in the case of radio wave ranging from 30 GHz to 100 GHz.

If the robot employs a laser, it shall comply with IEC 60825-1:2014. A Class 3B or Class 4 laser as classified by IEC 60825-1:2014 that is incorporated into a service robot shall not be exposed to humans. The lowest possible laser class required by the application shall be used.

Service robot users and third parties shall be protected from ionising radiation emitted by the robot or its components. Exposure to such radiation shall be minimized to avoid any harmful physical injuries or disorders.

Mechanisms producing ionising radiation should not normally be used in any service robot. If such a mechanism is essential for the robot's application (i.e. where there is no alternative method of achieving the application objectives) then special protection requirements shall be developed. Special safety protection measures shall be developed in accordance with appropriate standards (e.g. ISO 2919, ISO 3925 and ISO 14152).

4.7.4.2 Inherently safe design

Whenever possible, use of lasers shall be limited to Class 1 per IEC 60825-1:2014.

NOTE National and regional legislation regarding occupational safety and health (OSH) and regarding the general public, for example for consumer products, can contain additional or different requirements.

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

4.7.4.3 Safeguarding and complementary protective measures

The following measures shall be applied where appropriate:

- a) protective shutters;
- b) interlocking movable guards;
- c) direction control of laser beams, e.g. avoiding directions where eyes are likely to be according to the requirements in clause 5.1;
- d) controlling laser-power (e.g. pulse duration, intensity) in compliance with clause 5.1;
- e) for lasers of class 2 and higher, the protective measures of IEC 60825-1:2014 shall be met.

4.7.4.4 Information for use

Information for use shall provide details of potentially hazardous emissions likely to be encountered by persons and, where appropriate, property in the operational environments of the service robot. If appropriate, the information for use shall advise not to look directly into light, shall give information for personal protective devices and other special behaviour. If appropriate, markings on the robot shall be attached, and their meaning shall be described in the information for use.

4.7.4.5 Verification and validation

Appropriate method(s) shall be chosen from the following: C, D, G.

4.8 Electromagnetic interference

4.8.1 General

For all reasonably foreseeable electromagnetic disturbances, hazardous robot motion and unsafe system states shall be prevented.

The service robot shall conform to EMC standards relevant for their designated use environment, e.g.

- IEC 61000-6-1 for immunity in residential, commercial and light-industrial environments;
- IEC 61000-6-2 for immunity in industrial environments;
- IEC 61000-6-3 for emissions in residential environments;
- IEC 61000-6-4 for emissions in industrial environments.

NOTE IEC 61000-1-2 provides a methodology for the achievement of functional safety of electrical and electronic systems, including equipment, with regard to electromagnetic phenomena.

4.8.2 Inherently safe design

The functions of the control system described in 6.1 shall be designed to meet the electromagnetic immunity requirements of IEC 61326-3-1:2017.

Other function(s) of the service robot should meet IEC 61000-6-1 or IEC 61000-6-2, according to the intended operating environment.

4.8.3 Safeguarding and complementary protective measures

The risk shall be reduced to an acceptable level by electromagnetic shielding against incoming radiation.

4.8.4 Information for use

Information for use shall provide necessary information of the property of the radiating electromagnetic waves as well as the property of the electromagnetic waves which can potentially cause interference.

4.8.5 Verification and validation

Appropriate test method(s) shall be chosen from the following: B, C, D.

NOTE An applicable test method can be found in Clause 14.3 of ISO/TR 23482-1:2020.

4.9 Stress, posture and usage**4.9.1 General**

Hazards can arise from both physical and mental aspects of using the service robot. In addition to reducing the individual effects as described in 4.9.2 and 4.9.3, the combined effects shall also be considered in the risk assessment.

4.9.2 Physical stress and posture**4.9.2.1 General**

Risk assessment shall identify hazards due to physical stress and posture, and the service robot's design shall ensure that any such risk is minimized. This can be achieved by, but not be limited to, the following requirements:

- a) A service robot shall be designed to minimize or reduce physical stress or strain to its user due to continuous use, including but not limited to uncomfortable posture, operational environments that would directly cause physical discomfort, e.g. pressure ulcer and/or blister, fatigue and tendon inflammation.
- b) The design of the service robot shall take into account typical body sizes of the intended user population in order to avoid physically demanding body postures or to ensure easy operation. ISO 14738 and ISO 6385 describe how principles of ergonomic factors, by construction of workstations and machinery, can be applied. This should be considered when building a service robot, where somebody sits on or stands in front of the robot.

4.9.2.2 Inherently safe design

This may include, but not be limited to, the following measures:

- a) the design and location of manual control devices, so that they can be operated without physical stress or discomfort;
- b) the proper ergonomic design and location of the seat, so that good posture can be maintained during operation of the service robot;
- c) command devices that are detachable or hand-held instead of being permanently attached to the service robot in an inappropriate position.

4.9.2.3 Safeguarding and complementary protective measures

Safeguarding and complementary protective measures may include, but not be limited to, the following measures:

- a) use of shock absorbing (suspension) mechanisms;
- b) use of posture supports.

4.9.2.4 Information for use

The information for use shall contain instructions about the correct way to operate the manual control devices and how to use the service robot. The information for use shall include the need for proper training where necessary.

4.9.2.5 Verification and validation

Appropriate test method(s) shall be chosen from the following: A, C, D, H.

NOTE An applicable test method can be found in Clause 8 of ISO/TR 23482-1:2020.

4.9.3 Mental stress**4.9.3.1 General**

Risk assessment shall identify hazards due to mental stress and usage, and the service robot's design shall ensure that any such risk is minimized. This can be achieved by, but not be limited to, the following requirements:

- a) a service robot shall be designed to minimize or reduce mental stress to its user and third party due to continuous use (see ISO 10075-2:1996, clause 4.2);
- b) user interfaces such as controls, signalling or data display elements, shall be designed to be easily understood so that clear and unambiguous interaction between the user/third party and the service robot is possible (see ISO 6385:2016, clause 3.6.5);
- c) tactile and haptic interfaces shall be designed not to activate hazardous level of force (see ISO 9241-920:2009, clause 5.3).

NOTE Additional guidance can be found in other related standards appropriate to human-centred ergonomics design such as ISO 9241-100, ISO 9241-210, etc.

4.9.3.2 Inherently safe design

Inherently safe design may include, but not be limited to, the following measures:

- a) provision of adequate lighting;
- b) designing the service robot to avoid the need for sustained attention in order to detect critical signals as far as reasonably practicable or over long periods of time;
- c) adequate display design;
- d) reduction of signal uncertainty and improvement of detectability.

4.9.3.3 Safeguarding and complementary protective measures

There are no recommended measures for safeguarding with respect to this hazard.

4.9.3.4 Information for use

The information for use shall contain instructions about the correct way to operate the manual control devices and how to use the service robot. The information for use shall include the need for proper training where necessary.

4.9.3.5 Verification and validation

Appropriate method(s) shall be chosen from the following: A, C, D, H.

4.10 Robot motion

4.10.1 General

The risk of hazards due to any motion (intended or unintended) of the service robot shall be reduced to an acceptable level. Robot components shall be designed, constructed, secured, or contained so that the risks of hazards caused by breaking or loosening are reduced to acceptable levels.

Exposed persons shall be protected from hazardous movement of the service robot, e.g. rollovers, runaways and falls under normal usage and operation of the robot, curves, inclines, and similar operational conditions in its working environment.

4.10.2 Mechanical stability

4.10.2.1 General

Service robots shall be designed to have sufficient stability for any intended use during the robot lifecycle including transportation, installation, normal use, service/maintenance, decommissioning and dismantling. Special consideration shall be given to:

- Instability in case of failures;
- Static and dynamic forces from moving parts and loads.

The risk assessment shall also consider reasonable foreseeable misuse such as climbing on the robot or unintentional leaning on the robot.

The service robot shall conform to mechanical stability standards appropriate to its intended purpose.

The service robot shall be designed so that no extraordinary actions or procedures are required by the user in order to maintain its mechanical stability.

Specific stability requirements for wearable robot type in particular situations are specified in clause 5.7.1.

NOTE If the robot's design is not inherently stable (e.g., self-balancing type), appropriate handling conditions should be given according to the structural characteristics of the robot in its unpowered state.

The service robot shall be designed to minimize mechanical instability (e.g. overturning, falling or excessive leaning when in motion) due to failure or reasonably foreseeable misuse.

Mechanical stability shall not be affected in any phase of the robot's life cycle (including handling, transportation, installation, use, de-commissioning, and dismantling).

Stability shall be maintained against static and dynamic forces from any moving parts and loads of the robot within the usage conditions specified by the manufacturer as the limits.

A service robot shall be protected from potential instability due to reasonably foreseeable external forces (e.g., climbing or mounting on the robot, unintentionally leaned on by human to the robot) from humans around the robot.

4.10.2.2 Inherently safe design

The following measures shall be applied where appropriate:

- a) designing the ground support area to be as large as reasonably practicable;
- b) designing the centre of gravity of the service robot to be as low as reasonably practicable;
- c) designing the masses and inertia of moving parts, especially the manipulator, to be as low as reasonably practicable.

4.10.2.3 Safeguarding and complementary protective measures

The following measures shall be applied where appropriate:

- a) use of stability control such as tilts at an appropriate angle to counteract an applied external force;
- b) means to detect the onset of instability and act (or not) to reduce harm;
- c) means to limit the velocity or range of the manipulator;
- d) means to prevent overload.

EXAMPLE Tilt sensors, harnesses, roll-bars, feedback control, monitoring and controlling the zero moment point.

Any control systems performing the above functions shall comply with 6.1, in accordance with the robot's risk assessment.

4.10.2.4 Information for use

The information for use shall contain limits of use for the service robot concerning slope of travel surface, speed, payload, etc.

Where appropriate, a warning shall be given, either in the manual or on the robot itself, that the persons shall not lean against the robot.

4.10.2.5 Verification and validation

The robot shall be tested per appropriate verification and validation methods in the most unfavourable position based on the robot construction. All movable and adjustable robot parts and rated maximum load of the robot, shall be arranged in any combination that results in the least stability.

NOTE Applicable test methods can be found in ISO/TR 23482-1.

4.10.3 Instability during travel**4.10.3.1 General**

A service robot capable of travel shall be designed to ensure that it does not cause any hazardous rollovers, runaways, or drops of its body parts or loads being carried during travel. This shall be achieved for all intended travel patterns (e.g. forward/backward travels, rotations, turns/U-turns, accelerations, and decelerations) in its specified operating environments, which is determined depending on its specific application type and design.

The robot shall be designed to be able to travel on slopes and thresholds of intended use environment specified by the manufacturer.

Robots tethered with an external supply connection shall be designed to account for hazards of robot's instability due to stepping, disconnection of supply. Examples of supply can be painting, compressed air, electrical power, water, etc.

For service robots whose stability vary depending on configurations and loads, maximum speeds and accelerations shall be determined for each intended situation as follows:

- a) The robot shall not tip over when performing a U-turn on a slope in its smallest possible turning radius, with a person in normal traveling posture and/or a manipulator grasping the maximum load and assuming the most unfavourable pose, as applicable.
- b) The robot shall not tip over when operating the manipulator to the maximum intended range of motion with the manipulator gripping the most adverse load to the extent intended by the manufacturer with the run stopped on the test slope.

- Entwurf -**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

Even under the conditions described above, the robot shall be designed to restore its posture and not to roll over; this requirement shall apply to instability that occurs within the scope described in the specifications of robot.

For service robots that travel autonomously, the control system should be designed, as far as reasonably practicable, to ensure travel stability under foreseeable conditions. In addition, factors like operational environment, failures and travel patterns shall be taken into consideration.

NOTE Table 4.1 lists examples of operational environments and travel patterns that could be factors that cause instability while the robot is travelling and the instability events caused by such factors. The probability of occurrence increases especially when two or more of these factors are combined. Therefore, conditions combining these factors can be given due consideration in the design as well.

Table 4.1 — Example of instability events and its factors during travel of robots

Category	Examples of factors	Examples of instability events caused by the factors
Operational environment	Slopes	<ul style="list-style-type: none"> — The robot travels backward when travelling uphill or moves down after entering a stopped state. — The robot becomes uncontrollable when travelling downhill and becomes unable to restore its posture.
	Bumps on floor surfaces	<ul style="list-style-type: none"> — The robot stumbles over a bump and becomes unable to restore its posture
	Openings or grooves on traveling surfaces	<ul style="list-style-type: none"> — Dropping
	Continuous irregularities on traveling surfaces	<ul style="list-style-type: none"> — The robot becomes unable to restore its posture
	Wet ground surfaces	<ul style="list-style-type: none"> — Slipping, spinning, or overrun — The robot becomes unable to restore its posture
	Foreign objects caught in wheels	<ul style="list-style-type: none"> — The wheel becomes locked and the MSR becomes unable to restore its posture
	Stairs or large openings	<ul style="list-style-type: none"> — Falls down
Failures	Faulty drive wheel motors	<ul style="list-style-type: none"> — The wheel becomes locked and the MSR becomes unable to restore its posture
Travel patterns	Sudden acceleration or deceleration (sudden stops)	<ul style="list-style-type: none"> — The robot becomes unable to restore its posture
	Sharp turns or U-turns	<ul style="list-style-type: none"> — Slips, spinning, overrun, rollovers

4.10.3.2 Inherently safe design

The following measures shall be applied where appropriate:

- design of the mass distribution within the service robot to ensure that the robot cannot fall, rollover or overturn, even when travelling at maximum acceleration/deceleration or turning at maximum speed on the worst case travel surface gradient identified within the intended environment specified for the robot or when load or an extended manipulator is placed in the most critical position;
- design of the travel actuators (e.g. wheels, legs/feet) shall ensure that sufficient adhesion with the terrain is maintained over all terrain types, even on slippery surfaces, etc., as defined in the specification of intended environmental conditions for the service robot;
- design of the stability of the service robot to ensure that it does not fall, rollover or overturn when travelling over uneven terrain, up to the worst case limits defined within the intended environmental conditions specified for the robot.

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

4.10.3.3 Safeguarding and complementary protective measures

The following measures shall be applied where appropriate:

- a) the service robot shall be able to plan a travel path to perform its intended task based on environmental sensing technology;
- b) travel surface sensing, including means to protect the service robot from falling due to different elevations (e.g. stairways, holes), or from rolling over, shall be provided for the intended operational environments (see 6.6);
- c) restriction of the dynamics (e.g. speed, acceleration and centre of mass) of the service robot within limits that ensure the robot will not overturn, even when attempting to turn on a worst-case travel surface gradient identified within the intended environment specified for the robot;
- d) restriction of the workspace of a manipulator to prevent the center of gravity of the robot, including the maximum load, from exceeding the stability range under all expected travel conditions

Any control systems performing the above functions shall conform to (6.1) in accordance with the service robot's risk assessment.

4.10.3.4 Information for use

Information for use shall specify conditions of the environment under which the service robot can operate. For environmental conditions that can lead to hazardous situations but are likely to be found in situations where the robot performs its tasks, the information for use shall contain warnings.

Information for use of warning signals, e.g. audio, visual, vibrations, or any combination of signals shall be provided.

If necessary, proper training shall be provided to avoid abnormal and abrupt operations, e.g. sudden turns, accelerations/decelerations.

4.10.3.5 Verification and validation

Travel stability performance shall be evaluated under various safety-related surface conditions according to the results of risk assessment (surface conditions, e.g. carpets, metal tiles, plastic laminates and turfs).

Appropriate method(s) shall be chosen from the following: B, D, F.

NOTE An applicable test method can be found in Clause 13 of ISO/TR 23482-1:2020.

4.10.4 Instability while carrying loads

4.10.4.1 General

Changes in the kinematic properties of the service robot due to the load shall not cause any hazard.

Any human near the service robot shall be protected from falling objects when the robot performs tasks, as well as while carrying up to maximum loads. This shall include uneven loads and movable loads (e.g. fluids sloshing in storage containers).

Risk assessment shall consider the consequences of dropped loads and any actions required by the service robot in the aftermath of any such event. Also the loss of a fixture shall be considered by the risk assessment.

For emergency operation, the maximum deceleration rate shall be commensurate with emergency stop dynamic criteria including the requirements for load stability and retention.

4.10.4.2 Inherently safe design

The following measures shall be applied where appropriate:

- a) the holders, placement areas, racks, etc., on the service robot, but especially end effectors (e.g. grippers or robotic hands), shall be designed to avoid the potential for accidents by lost loads;
- b) use of form fitting designs;
- c) use of passive means of securing loads (e.g. screws, elastic ties, spring-loaded clamp);

4.10.4.3 Safeguarding and complementary protective measures

The following measures shall be applied where appropriate:

- a) loads shall be tied or locked down by bolting or latching devices, or held by a gripping device;
- b) the maximum speed and acceleration shall be commensurate with requirements for load stability during normal operation;
- c) for normal operation, including a protective stop or an emergency stop, the deceleration rate shall be commensurate with requirements for load stability.
- d) detection of the weight and position of load placed on the robot, e.g. in a cargo bed in order to maintain a safe weight distribution under all expected travel patterns.

Any control systems performing the above functions shall conform to 6.1, in accordance with the service robot's risk assessment.

4.10.4.4 Information for use

Information for use shall contain information about maximum size and/or weight and type of loads (if appropriate), and their limits that can be carried. Where loads require fastening, instructions shall be provided. Where appropriate, load limits that depend on certain configurations of the manipulator shall be specified.

4.10.4.5 Verification and validation

The performance of hands, grippers, and fittings shall be determined by a series of extreme movements, e.g. acceleration, stops, and U-turns of the mobile service robot and fast manipulator movements. All tests shall be carried out with maximum load and with the maximum speed.

Appropriate method(s) shall be chosen from the following: B, D, F.

4.10.5 Instability in case of collision**4.10.5.1 General**

Persons shall be protected from hazardous movements related to collisions. A collision between a service robot and any hazardous obstacle should not cause instability of the robot.

A service robot shall be designed to ensure that it does not cause any hazardous rollovers, runaways, or detachment of robot body parts, even when it receives any collision forces or reacts to humans or hazardous obstacles during its motion, up to the limits specified for its intended operation.

4.10.5.2 Inherently safe design

The following measures shall be applied where appropriate:

- a) design of the mass distribution and shape of the service robot so that unintended collisions within the maximum expected limits do not result in overturning;

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

- b) use of soft materials to absorb forces which lead to hazardous instability.

4.10.5.3 Safeguarding and complementary protective measures

The following measures shall be applied where appropriate:

- a) design of braking performance of the mobile platform of the service robot to prevent runaway under a collision of the maximum expected force (see 6.2.3);
- b) design of the motion behaviour of the service robot to minimize impact forces (see 6.8);
- c) use of safety-related speed control (see 6.5) to minimize instability and high impact forces during collisions.
- d) prevent shifting of loads due to a collision.

4.10.5.4 Information for use

Information for use shall specify all necessary precautions that need to be taken by the user of the robot, e.g. where and how loads can be fastened/located and how much can be loadable.

4.10.5.5 Verification and validation

Appropriate method(s) shall be chosen from the following: B, D, F, G.

4.10.6 Collisions

4.10.6.1 General

Service robots shall be designed such that unacceptable risks due to collision with humans or hazardous obstacles (see 3.9) are avoided. A risk assessment shall be made including procedures of how to manage collisions. Risks related to collisions can be mitigated by the following approaches:

- Preventing a collision event by stopping or performing an evasion movement;
- Reducing the transfer of power, force or pressure to the human.

If one or more manipulators are used while a mobile service robot is travelling, risk assessment shall consider the additional risks originating from the combined motion. In particular, it shall be taken into account

- a) that the velocity of moving components combine, leading to higher impact forces;
- b) that in case of a protective stop the component of the robot with the longer stopping time and stopping distance will determine when all components come to a stop;
- c) that braking distances can add up, which can require larger sensing distances for person detection sensors;
- d) that the reaction forces from a stopping manipulator can lead to a change of orientation of the mobile platform;
- e) that a safety-related force control of a manipulator can fail as safeguard, if the mobile platform pushes the manipulator forward after it has stopped;
- f) that the stability of the robot is affected by the mass of an extended manipulator and mass of payload handled by the manipulator as well as reaction forces due to the moving mass.

If a manipulator handles load while traveling, the load shall remain stable under all travel conditions. An unexpected stop of the robot shall not lead to dropped loads.

NOTE ANSI-RIA R15.08-1-2020 "Industrial mobile robots" provides more detailed examples of how stability during travel is impacted.

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

If the MSR is intended to perform manipulator work during travel, then in addition to the specific requirements of this clause, it shall be required to comply with any additional safety requirements identified by the risk assessment results by the manufacturer.

4.10.6.2 Inherently safe design

Inherently safe design may include, but not be limited to, the following measures:

- a) physical limitation of the speed of all parts of the service robot to an inherently safe maximum (according to clause 6.1);
- b) moving parts should be designed so that unacceptable impact energy, force or pressure are avoided;
- c) reduce impact forces and pressures to levels that do not cause harm (e.g. use of materials, structures, geometry).

4.10.6.3 Safeguarding and complementary protective measures

In order to reduce the probability of possible collisions, one or more of the following measures shall be applied:

- a) calculating a minimum distance between the service robot and a hazardous obstacle and stopping the robot or reducing speed that avoid unacceptable risk if this distance is not maintained: this can be achieved by position and speed control (see 6.5) or by functions that avoid the hazardous obstacle, e.g. electro-sensitive protective equipment (ESPE)(see 6.6.2.1);

NOTE 1 ISO 13855:2010 provides default speed of human approach within the context of workers. The robot speed should be reduced to a speed that avoids un-acceptable risk. This speed is not necessarily zero. If collision energy is provided mostly/only by the human, risk reduction can be achieved by reducing projecting geometries, including sharp edges and corners.

NOTE 2 Annex B presents examples of operational spaces for service robots.

NOTE 3 Annex E presents an example application of a service mobile robot with collision avoidance capability. The speed of the robot can be controlled in the safeguarded space, where the relative velocity of humans is detected and can be used for reduced speed control.

- b) executing a protective stop (see 6.2.2.3), when a human is in the service robot's protective stop space;
- c) hand-guiding or steering the service robot. In this case, the risk assessment shall consider if all collisions with the robot can be avoided.

NOTE 4 ISO 13855:2010 provides default speed of human approach within the context of workers. However, the ISO 13855:2010 is not intended for small children and infants. It is important that stronger or more demanding requirements for detection are considered (e.g. lower pressure for bumper actuation, smaller resolution of ESPE in order to detect the smaller limbs of children) when deemed necessary by risk assessment.

In order to reduce the effects of possible collisions, one or more of the following measures shall be applied:

- use of safety-related speed control (see 6.5);
- use of safety-related force control (6.8);
- use of safety-related contact sensing (6.6.2.2).

4.10.6.4 Information for use

Information for use shall describe the collision avoidance behaviour of the robot. Where any degree of manual control is required for collision avoidance, information for use shall provide the user instructions required and the limits of the applied control measures.

E DIN EN ISO 13482:2024-10 ISO/DIS 13482:2024(en)

4.10.6.5 Verification and validation

Appropriate method(s) shall be chosen from the following: C, D, E, F, G.

NOTE Applicable test methods can be found in Clauses 7.1, 15.1 and 15.2 of ISO/TR 23482-1:2020.

4.10.7 Physical contact during human-robot interaction

4.10.7.1 General

When tactile interaction between a human and robot is intended during the use of a service robot, human safety during the tactile interaction shall be maintained. The following aspects shall be taken in consideration:

- a) detection of humans in the robot's maximum space (3.15);
- b) during the intended tactile interaction, the physical reaction (e.g. contact force) from the robot to humans shall be designed to be as low as reasonably practicable;
- c) the service robot shall be designed, as far as is reasonably practicable, to avoid unintended tactile interaction between human and other parts of the robot other than those intended for the interaction.

In order to reduce mental stress for the human, applications with physical contact should, wherever possible, be designed in a way that:

- the initial contact is initiated by the human;
- the human has a means to stop the physical interaction at any time;
- the human has space to retreat from the robot (entrapment is avoided).

4.10.7.2 Inherently safe design

In all application tasks involving intended physical human-robot interaction safe design measures include, but are not limited to, the following:

- Parts of the robot that can have contact with humans shall be clean and smooth to apply as least friction as possible;
- Avoidance of shear stresses;
- Use of motors with limited drive power.
- Use of compliant materials and structures to limit forces and pressure on the human.

4.10.7.3 Safeguarding and complementary protective measures

The following measures shall be applied where appropriate:

- a) software-controlled limits to the service robot workspace (see 6.4);
- b) speed restriction and safety-related speed control (see 6.5);
- c) force restriction and safety-related force control as (see 6.8).

4.10.7.4 Information for use

Information for use shall provide information about intended tasks and situations for human-robot interaction, including possible limitations with respect to user groups, environmental conditions, etc.

Instructions shall be provided as to how users should operate the service robot in order to avoid injury, and warnings shall be provided about the potential injuries that can be sustained if the instructions are not obeyed.

4.10.7.5 Verification and validation

Appropriate method(s) shall be chosen from the following: C, D, F, G.

NOTE An applicable test method can be found in Clause 7.2 of ISO/TR 23482-1:2020.

4.11 Durability**4.11.1 General**

A service robot shall be designed and built in such a way, that no hazards are caused by insufficient durability of parts.

The minimum durability requirements of the service robot shall be determined by its risk assessment. The following shall be taken into consideration:

- mechanical stresses;
- materials and their properties;
- vibration and other emissions;
- environmental conditions (e.g. thermal, moisture);
- maximum operational conditions derived from operation under extreme situations (like unexpected turns, accelerations decelerations, and adverse environmental conditions) including foreseeable misuse scenarios and situations.

For the durability of guards refer to ISO 14120.

4.11.2 Inherently safe design

Inherently safe design may include, but not be limited to, the following measures:

- a) mechanical failure shall be prevented by adherence to appropriate standards, e.g. ISO 13823;
- b) overload prevention measures shall be incorporated into a service robot's design, including those mechanisms described in ISO 12100:2010 (if used, the mechanisms shall conform to appropriate established standards);
- c) appropriate fatigue limits shall be applied to the service robot's components that are subject to variable stresses;
- d) appropriate static and dynamic balancing of rotating components;
- e) the design of electrical devices, especially electrical harnesses and connectors shall take into account the expected number of use cycles;

4.11.3 Safeguarding and complementary protective measures

Safeguarding and complementary protective measures may include, but not be limited to, the following measures:

- a) control functions to monitor/regulate the applied forces as mentioned in (6.8);
- b) monitoring the life cycle of the service robot and inform the user when maintenance time or end of life is reached.

4.11.4 Information for use

Information for use shall specify maintenance procedures necessary for ensuring the durability of the service robot such as the regular exchange of parts.

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

If replacement of the electrical connection harness is required in order to protect the service robot from unwanted electrical noise caused by the harness, the use limit of the electrical connection harness shall be depicted in the information for use, based on the frequency of the connection/disconnection of the harness.

If electrical power is supplied directly (with electrical cables), the use limit of the electrical connector shall be depicted in the information for use, based on its frequency of connection/disconnection.

4.11.5 Verification and validation

Appropriate method(s) shall be chosen from the following: B, D, E, H.

NOTE Applicable test methods can be found in clauses 9.1, 9.2 and 10.1 of ISO/TR 23482-1:2020.

4.12 Autonomous decisions and actions

4.12.1 General

A service robot that is designed to make autonomous decisions and actions shall be designed to ensure that wrong decisions and incorrect actions do not cause an unacceptable risk of harm.

EXAMPLE 1 A service robot grasping the wrong drink and serving coffee instead of water in a cup can be an acceptable risk, whereas serving a drink in a broken glass can be an unacceptable risk.

The risk of harm occurring as an effect of incorrect decisions can be lowered either by increasing the reliability of the decision (e.g. by better sensors) or by limiting the effect of a wrong decision (e.g. by narrowing the limits of use).

If the operator is allowed by the manufacturer to extend functionalities of the robot, e.g. by teaching new positions, objects, activation words, action sequences etc., special consideration shall be given to the risk of exceeding the limits of use intentionally or unintentionally.

4.12.2 Inherently safe design

Inherently safe design measures do not apply.

4.12.3 Safeguarding and complementary protective measures

The following measures shall be applied where appropriate.

- a) The capability/reliability of sensors and sensing algorithms shall be increased to a level where no unacceptable risk occurs.
- b) Identification algorithms shall be designed in a way that the probability of a certain decision being correct (e.g. probability of having identified a certain object correctly) is calculated and can be monitored. Decisions with a high uncertainty outcome shall be re-evaluated using alternative approaches and/or additional information. If, after the re-evaluation the uncertainty remains unacceptable, external assistance shall be sought or a protective stop shall be initiated.
- c) Validity checks shall be made on decisions which can lead to hazardous situations.

EXAMPLE The correct identification of an object can be checked by taking into account the place where it is found or the time and place where this object was seen the last time.

- d) Decisions shall be verified by diverse sensing principles.
- e) Use unique identifiers for objects, travel paths, etc.

All service robot functions implementing requirements a) to d) shall conform to control system performance requirements described in (6.1), in accordance with the robot's risk assessment.

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

If the operator is allowed by the manufacturer to extend functionalities of the robot, the following measures shall be applied where appropriate:

- Providing means of restricting the access to such functions to prevent unintended or unauthorized alteration;
- Validation of content generated by the operator with respect to safe execution as well as the potential for errors, as described in items a) to d) above.

4.12.4 Information for use

The limits of use shall exclude situations in which decisions cause an unacceptable risk of any harm, taking into account foreseeable misuse. The information for use shall inform about the sensing and decision making capabilities of the service robot, and shall give instructions on how to prevent harm due to wrong actions and decisions.

If the operator is allowed by the manufacturer to extend functionalities of the robot, necessary precautions for avoiding risks and preventing misuse of the robot shall be described.

4.12.5 Verification and validation

Appropriate method(s) shall be chosen from the following: B, C, D, F, G.

4.13 Awareness of robots by humans

4.13.1 General

Where risk assessment shows that lack of awareness of robots by humans is a hazard, e.g. where silent operation can increase the probability of collision with persons, the service robot shall emit noticeable sound to reduce risk without violating other noise emission restrictions.

Where warnings or alarms are used, risk assessment shall be used to balance the risk of hazards due to silent operation against hazards due to high levels of noise or unexpected noise.

NOTE 1 Warnings (e.g. acoustical, visual) can annoy the user or any human near the service robot, causing them to manipulate the robot in order to cease the signal.

NOTE 2 Alternative indications can also be required for users with disabilities, e.g. those who have visual impairment or difficulty with hearing.

4.13.2 Inherently safe design

Where needed, the service robot shall be designed in a way that it has a highly-noticeable appearance, and produces noticeable sound without reaching harmful noise levels.

4.13.3 Safeguarding and complementary protective measures

The following measures shall apply where appropriate:

- a) acoustic emitters shall be provided to warn users of potential hazardous situations. They shall be designed taking into account typical noise levels of the surrounding (e.g. caused by machines in a factory or vehicles on public roads);
- b) warning lights or other optical devices shall be provided to alert users and third parties to the presence of the service robot, e.g. those who have visual impairment or difficulty with hearing;
- c) the service robot shall stop while a person is in its protective stop space, and shall continue to perform its tasks when it has left.

4.13.4 Information for use

Where the manufacturer has identified a particular hazard relating to lack of awareness, warnings and advice to users shall be provided in the information for use.

4.13.5 Verification and validation

Appropriate method(s) shall be chosen from the following: B, D, F, G.

4.14 Environmental conditions**4.14.1 General**

Service robots shall be designed in such a way that foreseeable environmental conditions during the intended use do not lead to hazards.

If the service robot is intended to operate in an environment with sand, dust or other kinds of debris then it shall be protected from causing hazards due to the presence or build-up of debris. Where there is a risk of any hazard caused by dust or sand contamination of the robot (as determined by risk assessment) then all affected parts, components or subsystems of the robot shall be designed with an appropriate IP rating for the intended application and environment, as defined in IEC 60529:2019.

Service robots shall be designed to prevent dust-related fires due to high temperature components (see 4.7.3), if the robot is intended to operate in such an environment. The robots shall be designed to prevent hazardous electrostatic charge build-up (see 4.4), to prevent dust building up on charged outer surfaces.

Service robots shall be designed so that water and moisture ingress does not cause any risk, if the robot is intended to operate in such an environment. Where there is a risk of any hazard caused by water or moisture in the robot (as determined by risk assessment) all parts, components, subsystems and internal enclosures of service robots shall be designed with an appropriate IP rating for the intended application and environment; as defined in IEC 60529:2019. Service robots operating in household or similar environments shall be designed in a way that liquids spilled accidentally over the robot (e.g., a glass of water) do not lead to an unacceptable risk.

If a service robot is intended to operate in cold external environments, then it shall be designed to be tolerant of snow and ice conditions. Moving parts and electrical components shall be prevented from failure due to ice build-up. Moving parts shall be designed to be tolerant of water, moisture, dust, and sand. Electrical components shall either be sealed against water or moisture, or installed inside enclosures that provide this protection. Electrical power supplies and batteries shall be protected against short circuits caused by immersion in water or build-up of moisture.

If a given service robot can foreseeably operate in coastal areas, in other locations near oceans, seas, other salt water bodies, or in shipboard environments, then its risk assessment shall consider the effects of high salinity atmospheres and salt-water sprays. If salt corrosion is assessed to be potentially hazardous, robots shall be provided with sufficient protection to ensure an acceptable level of risk.

4.14.2 Inherently safe design

The following measures shall be applied where appropriate:

- a) sealing of joints and other moving parts;
- b) dust-resistant materials for moving parts;
- c) coating or sealing of electrical components;
- d) selection of materials and adoption of measures for inherent protection against extreme temperatures (see 4.7.3.2);
- e) water- or moisture-resistant materials;

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

- f) saline-resistant material or coatings, e.g. paints, varnishes or organic coatings.

4.14.3 Safeguarding and complementary protective measures

The following measures shall be applied where appropriate:

- a) mechanisms to prevent dust build up (e.g. forced ventilation or washing mechanisms);
- b) dust detection and warning indications to instruct the user to perform the necessary actions;
- c) air filters at the enclosure openings;
- d) use of heating to melt snow or ice, or evaporate moisture or small water droplets, so as to dry out the service robot without subsequent hazards;

NOTE 1 Melting snow and ice can lead to water/moisture hazards, if not designed correctly.

- e) removing water/moisture from surfaces (e.g. using wipers);
- f) external removal of snow or ice from surfaces (e.g. by washing with hot water);
- g) active detection of snow/ice/cold air conditions, and execution of a protective stop before snow/ice levels build up to unacceptable levels; the robot shall make an appropriate indication to the user as to the reason for the stop;
- h) the service robot shall incorporate a safeguard function that ensures the periodic stopping or shutdown for maintenance (which will typically include inspection and either cleaning or parts replacement); the robot shall provide indication to the user that it is shutting down for this purpose: for the purposes of this requirement, the period between shutdowns shall be based on the time required for unacceptable risk levels being reached due to, for example, corrosion, build up of sand, dust or snow.

NOTE 2 ISO 4629-1 provides guidance on the assessment of degradation of paints and varnishes.

4.14.4 Information for use

Where any action by the user is required for the prevention of risks, all necessary actions as well as appropriate materials (e.g. tools, cloths, fluids) shall be provided in the information for use. This may include:

- inspection, e.g. with respect to salt corrosion or sand abrasion;
- cleaning for the prevention or removal of sand, dust, snow and ice;
- drying;
- maintenance and replacement of parts.

Procedures for how to deal with liquids accidentally spilled over the robot (e.g., switching the robot off, cleaning-off fluids, letting the robot to dry) shall be explained in the information for use.

4.14.5 Verification and validation

Appropriate method(s) shall be chosen from the following: B, C, D, F, H

The IP rating of the service robot shall be validated in accordance with IEC 60529:2019.

Where salt spray tests are necessary, they shall conform to ISO 9227:2022. Where corrosion of optical sensor surfaces is significant, they shall be tested in accordance with ISO 21227-3:2007.

Environmental conditions that can lead to slippery surfaces that affect travel stability shall be considered in the test.

NOTE An applicable test method can be found in Clause 14.2 of ISO/TR 23482-1:2020.

4.15 Localization and navigation

4.15.1 General

A service robot capable of localization and navigation shall be designed in a way that uncertainty in localization and navigation errors does not lead to an unacceptable risk.

Uncertainty in localization shall not lead to hazardous movement of the mobile platform or any other part of the robot. Localization errors which can cause the robot to enter a forbidden area or to lose mechanical stability in a hazardous manner (e.g. by falling downstairs) shall be prevented.

The navigation capability of a service robot shall be sufficient so that motion planning to any reachable goal can be realized, and that the generated path avoids the positions of pre-known hazardous obstacles without causing any unacceptable risk of collision and mechanical instability.

The following measures should be applied where appropriate:

- a) designing the service robot for environments and tasks where navigation capability is not needed to reduce risks;
- b) implementation of safety functions for collision avoidance, travel surface sensing, etc., in a way that navigation capability is not required for safe operation of the service robot;
- c) where landmarks (natural or artificial) are used for localization, a sufficient number of landmarks shall be detectable for the service robot from any point of its restricted space: the landmarks or markers used for navigation shall be unambiguous.

4.15.2 Inherently safe design

Inherently safe design measures do not apply.

4.15.3 Safeguarding and complementary protective measures

The following measures shall be applied where appropriate:

- a) monitoring the stability and confidence of localization and entering a safe state in case of unstable localization;
- b) compensation of unstable localization, e.g. by use of odometry or other sensor data;
- c) navigation maps shall be updated with new information (e.g. from internal sensors or external sources) with a sufficiently high frequency determined by risk assessment, to prevent risks originating from the use of an outdated map.

If localization and navigation are used for risk reduction, these control system functions shall conform to the requirements of (6.1).

4.15.4 Information for use

Information for use shall specify the intended environment for operation, and shall provide information under which conditions localization errors or navigation errors can occur.

4.15.5 Verification and validation

Appropriate method(s) shall be chosen from the following: B, F, G.

NOTE An applicable test method can be found in Clause 16 of ISO/TR 23482-1:2020.

5 Wearable robots

5.1 General

This clause further specifies how to apply the safety requirements of clause 4 for wearablerobots intended to assist users in performing any of the following motions:

- Lower limb motions: standing, sitting, walking, or travelling;
- Upper limb motions: Gripping, carrying objects/loads;
- Trunk motions: Retaining the user's posture, such as supporting the user's weight or upper limbs, possibly with objects loaded;

NOTE 1 A low-power, restraint-type service robot means that a user can overpower the robot so that harmful motion is prevented until the robot is switched off.

This clause applies to robots having the following characteristics.

- Having one or more non-invasive restraint parts;
- Providing the user with assistance via restraint parts in response to user inputs;

NOTE 2 "User inputs" are not limited to inputs from the command device; e.g. weight shifting, body movement, bioelectric signals, are also included.

5.2 Hazards due to loss of power supply or shutdown

5.2.1 General

The robot shall be designed so that the risks related to the user falling, dropping an object that the robot is gripping or carrying, increase of physical load due to decrease or loss of assitive force resulting from loss or shutdown of power supply are at acceptable levels.

A means shall be provided to maintain the risk to an acceptable level in the event of malfunction.

Any safety function shall be initiated so that the risk induced by the event is acceptable level.

NOTE The final safe state needs not to be stationary.

5.2.2 Inherent safe design

The following measures shall apply where appropriate:

- a) The drive unit of robot shall be back drivable
- b) The robot's mass and mass distribution shall be light enough so that the robot can be handled/supported by the user alone in the case of loss or shutdown of power supply.

NOTE 1 For example, if the robot, which is intended to assist in lifting and transporting objectis or maintaining the posture of the user, is stopped, the user must support part of the robot's mass or, all or part of the mass of the target object/ posture. In such a case, there is a risk that the user robot can drop the object or fall if the mass exceeds the one that the user can support.

- c) Adopt a design that prevents unacceptable risks even when the drive of robot is stopped, locked, or braked in the case of loss or shutdown of power supply.

NOTE 2 Unacceptable risks in a locked state include, for example, the inability to detach the robot manually or cause the user to fall immediately.

5.3 Robot start-up and restart of regular operation

5.3.1 General

- a) No hazardous motion shall occur upon startup of the robot;
- b) No hazardous motion shall occur even when the intended robot startup sequence is not followed;
- c) If the robot is intended to be started after being attached to the user, no hazardous movement shall occur even if the robot is started before being attached to the user;
- d) If the robot is intended to be attached to the user after being started, no hazardous movement shall occur even if the robot is attached the user and then starts it.

5.3.2 Inherently safe design

The requirements of clause 4.3.2 apply.

5.3.3 Safeguarding and complementary protective measures

The requirements of clause 4.3.3 apply.

5.3.4 Information for use

The requirements of clause 4.3.4 apply.

5.4 Hazards due to physical stress

5.4.1 General

The manufacturer shall reduce the risk of abrasion to acceptable levels on the user's skin due to the relative motion between restraint parts and the user's body. They shall also reduce the risks of congestion, pressure ulcers, and other injuries caused by excessive compression of restraint parts during use.

NOTE 1 These injuries can occur during normal use of the robot.

The manufacturer shall take into consideration the risks of improper attachment of the robot and individual differences in body shapes.

NOTE 2 If the robot is attached in a position or direction other than that intended by the manufacturer or if the robot does not fit the user's body shape, the robot can malfunction or the user could suffer from physical stress.

5.4.2 Inherently safe design

Where appropriate, the following measures shall be employed.

- a) Reducing the relative motion between the user's body and restraint parts to a level tolerable by the human body;
- b) Reducing loads applied to restraint human body parts by external force to a level tolerable.

NOTE 1 External force includes the weight of the wearable robot or ground reaction force.

5.4.3 Safeguarding and complementary protective measures

Where appropriate, the following measures shall be employed.

- a) Adopting a mechanism and materials to ensure that each restraint part properly exhibits relative movement at a contact area;

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

- b) Adopting a mechanism for dispersing and distributing loads applied to each restraint part by external forces;
- c) Adopting a mechanism and materials for adjusting the degree of compression applied by each restraint part;

5.4.4 Information for use

The user manual shall include information on the following.

- The positional relations between each part of the user's body and the robot when it is in the intended attached state;

NOTE 1 The user manual should also include information on how to attach the robot to the user while maintaining the positional relations. (See 5.8.4).

- Cautions and warnings regarding cases in which the robot is attached with an incorrect positional relation between the user's body part and the robot;
- Cautions regarding deteriorated physical function and somatosensory changes due to excessive, continuous use of the robot.

5.5 Hazardous vibrations

5.5.1 General

Service robot users shall be protected from harmful indirect or direct vibrations from the robot in use, so that their physical conditions are safeguarded during its operation.

- a) A service robot user shall be protected from harmful vibrations that could cause vibration-related injuries, e.g. tendon inflammation, backache, discomfort, neurosis, arthritis, or similar disorders of any kind due to continuous use of the robot.
- b) A service robot user shall be protected from vibration between 0,5 Hz and 80 Hz which can cause problems for health, comfort, and perception, and vibration between 0,1 Hz to 0,5 Hz which can cause motion sickness.

NOTE Relevant information can be found in ISO 2631-1:1997.

The level of vibration from the service robot shall be sufficiently low so that no special protective equipment needs to be worn.

5.5.2 Inherently safe design

This may include, but not be limited to, the following measures:

- a) minimization of vibration produced by mechanical components in the design of the service robot, e.g. by reducing eccentric mass distribution or limiting speed of moving parts;
- b) selection and use of vibration damping materials within the design to limit the extent to which humans are exposed to the vibration sources within the service robot.

5.5.3 Safeguarding and complementary protective measures

The following measures shall be applied where appropriate

- a) application of active vibration control, e.g. by semi-active damping mechanisms or control-based damping;
- b) restriction of the movement of the service robot to appropriate velocities which cause no, or minimal, vibration.

5.5.4 Information for use

Information for use shall contain specification of the vibrating components.

If a service robot can transmit harmful vibration during hand guiding, the instructions shall give information concerning vibrations, expressed as acceleration (m/s^2), and transmitted by the hand guiding device.

5.5.5 Verification and validation

Appropriate method(s) shall be chosen from the following: C, D.

5.6 Mechanical instability**5.6.1 General**

- a) If the risks associated with falling are at an unacceptable level, the manufacturer shall take into consideration the mechanical stability of a system consisting of the robot, user, and surroundings.
- b) If this mechanical stability depends on the user's balancing ability, the robot shall not hinder the user's balancing ability including avoidance of slip and fall accidents.

5.6.2 Inherently safe design

Where appropriate, the following measures shall be applied.

- a) If the risks associated with falling are at an unacceptable level, design the robot's mass to be small enough taking the physical power of the user into consideration.
- b) Designing of the robot's center of gravity so that it is as close to that of the user as possible.

NOTE 1 The measures in a) and b) are useful for setting the zero moment point (ZMP) of the system consisting of the robot and user to be within the support polygon without hindering the user's balancing ability when moving.

5.6.3 Safeguarding and complementary protective measures

Where appropriate, the following measures shall be applied.

- a) Adopting an assistive force that does not hinder the user's balancing ability;
- b) Adopting a drive unit with adequate back drivability;

NOTE 1 User's hair and clothes can get caught in a moving part by entanglement.

If the risks associated with falling are at unacceptable levels even after applying the measures in a) and b), the following measure may be applied.

- c) Adopting a means to reduce the impact on the user due to a collision after falling.

NOTE 2 Means to reduce collision impacts include, for example, airbags and protective equipment.

5.6.4 Information for use

The following information shall be included in the user manual.

- a) Step by step description of attaching the robot to human body so as to avoid mistakes in the attachment process;
- b) Tools and protective equipment when they are intended to be used for safety purposes.

NOTE 1 In addition to the required conditions, such as performances, the product models that have met said conditions can be included.

5.7 Instability in case of collision or intended contact

5.7.1 General

During normal use, if the robot or user is assumed to come into contact with objects in the environment while receiving assistance, transient changes in loads caused by such contact shall be taken into consideration.

- a) For example, during normal use of a walking assistant robot, the user can sit on a chair or lean against a wall while receiving assistance.

5.7.2 Inherently safe design

Where appropriate, using a drive unit with adequate back drivability shall be applied.

5.7.3 Safeguarding and complementary protective measures

Where appropriate, the following measures shall be applied.

- a) Using an active damping mechanism or function that is adequately robust to handle disturbances caused by contact;
- b) Using a mechanism or function to detect contact in order to adjust the assistive force;
- c) Using a mechanism or function to detect contact to restrict the robot's behavior;

NOTE 1 Contact is detected by means of contact sensors, disturbance detection, and so on.

5.7.4 Information for use

The following shall apply.

- a) If the robot is assumed to become unstable when the robot or user comes into contact with an object in the environment during assistance, the user manual shall include a caution to that effect.

5.8 Hazards during donning or doffing

5.8.1 General

The process to don (put on) and doff (take off) a robot shall be designed to minimize the risk of instability. The process that secures the safe donning and doffing shall be provided.

The robot shall be designed to be detached easily by a third party without requiring use of special tools, in abnormal situations and other emergency situations, such as locking of robot drive unit.

5.8.2 Inherently safe design

Where appropriate, the following measures shall be applied.

- a) Adopting a structure by which, in an emergency, the robot can be moved passively by the user;
- b) Adopting a structure by which the detaching person can detach the robot without any tools in an emergency situation.

Detaching the robot in an emergency can make the robot less stable. The manufacturer may take into consideration the tradeoff between the ease of detachment and stability with respect to detaching the robot in an emergency.

5.8.3 Safeguarding and complementary protective measures

Where appropriate, means by which the lock can be unlocked by a third party, shall be provided.

5.8.4 Information for use

Where appropriate, the user manual shall include procedures for detaching the robot from the posture assumed during normal use and the posture assumed during an emergency as well as state the approximate time needed to detach the robot.

5.9 Hazards due to insufficient durability caused by cleaning and disinfection

5.9.1 General

The robot or its parts shall be resistant to the user sweat and have durability against the manufacturer-specified cleaning and disinfection so that risks of corrosion and brittle fracture can be minimized.

NOTE Safety requirements for mechanical durability are described in 4.10.

Parts of the robot related to personal hygiene should be detachable so that the user can easily replace and clean them, and this shall not adversely affect the safety of the robot.

In case of additionally attaching or detaching or wearing appropriate personal protective equipment (PPE) to safely use the robot in a contaminated or specific environment, the function of the PPE shall not be hindered by the robot.

The robot shall be resistant to the environment and cleaning fluids according to the environment in which they are used. The robot shall at least be resistant to the environment and cleaning fluids specified in IEC 60529:2019.

5.9.2 Inherently safe design

Where appropriate, the enclosure, buckle and belt shall exhibit resistance to the user's perspiration and be durable against the manufacturer-specified cleaning and disinfection methods.

5.9.3 Information for use

If the robot's enclosure, buckle and belt are cleaned or disinfected by the user, the manufacturer shall stipulate cleaning and disinfection procedures in the user manual.

5.10 Hazards caused by assistive forces

5.10.1 General

The robot's assistive force shall be designed so that it is output only in the user-intended direction. If there is a possibility that the robot's assistive force will be output in the direction opposite to the user-intended direction, the robot shall be designed to protect the user's muscles, tendons, and ligaments from improper assistance.

If the intended use assumes a user for whom voluntary muscle tension does not occur and for whom unintended muscle tension does not occur, clause 5.11.1 does not apply.

In order to protect the user from hazardous assist forces, the maximum assist force of the robot shall be limited to specified values so that the exerted torque shall not overcome the moment of the associated human joints even if the robot is in failure, i.e., it runs away.

NOTE 1 If the user's muscle or tendon is subjected to isotonic eccentric contraction that exceeds the strength of the relevant muscle or tendon due to improper assistance, the user is highly likely to suffer an injury.

NOTE 2 It is generally known that when muscles, tendons, and ligaments are overloaded, a reflex to relax and protect them is activated. This reflex can be expected to be activated when the load from an incorrect assist persistently exceeds the user's maximum exerted force, or when it exceeds the exerted force that has been reduced by persistent resistance.

5.10.2 Inherently safe design

One or more of the following shall be applied where appropriate.

- Adopting a structure by which assistive force is exerted only in the directions that the user's muscles, tendons, and ligaments contract;
- Adopting a design by which the maximum load on the user's muscles, tendons, and ligaments due to improper assistance does not exceed the maximum force exerted by the user's muscles, tendons, and ligaments during isometric or eccentric contraction;

NOTE 1 The maximum force exerted by muscle fibers during eccentric contraction is known to be 1.8 times that during isometric contraction. If a load exceeding the maximum exerted force is applied during eccentric, muscle fibers will rupture (Choi et al., 2012).

In practice, the load on a user's muscle, tendon, or ligament may be considered to be the load on the joint that the muscle, tendon, or ligament acts.

When the user's muscle, tendon, or ligament is considered to be the load on the joint that the muscle, tendon, or ligament acts upon, at least one of the following measures shall be applied.

- Adopting a design by which the maximum load on the joint due to improper assistance does not exceed the maximum force exerted by the joint while in a resting state;
- Adopting a design by which the maximum load on the user's joint due to improper assistance does not exceed the maximum force exerted by the user's joint in centrifugal isotonic exercise.

Different users and joints have different maximum exerted forces. Therefore, if the measure c) is applied, the manufacturer shall specify the intended user group (e.g., in terms of age, sex, and occupation) and estimate the maximum force exerted by each relevant joint.

NOTE 2 The maximum exerted force can be estimated by collecting data from the literature, by measuring, or by estimating based on the exercises the user usually can do. The "Human Characteristics Database" of the Japanese National Institute and ISO 11228-1 can be used as literature.

If the manufacturer neither specifies an intended user group nor estimates the maximum force exerted by each relevant joint, the values given in Table 5.1 can be used as the maximum forces exerted by each of the shoulder, elbow, hand, hip, knee, and ankle joints.

Table 5.1 — Maximum forces exerted by major human joints (when no user group is specified)

Unit N.m

Joint	Maximum exerted force
Shoulder	43,2
Elbow	32,4
Hand	7,2
Hip	72
Knee	41,4
Ankle	25,2

NOTE The maximum exerted forces in this table were calculated by multiplying the maximum exerted forces of healthy Japanese females aged 75 to 79 (25th percentile) while in arresting state ("Human characteristics Database" of the National Institute of Technology and evaluation (NITE)) and 1,8 (the coefficient for converting the maximum force exerted by muscle fibers while in a resting state into the maximum force exerted by muscle fibers in centrifugal isotonic exercise).

5.10.3 Safeguarding and complementary protective measures

One or more of the following shall be applied where appropriate.

- Adopting a function by which the user or operator can set a limit on the assistive force;

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

- b) Providing a function to stop provision of assistance or to limit the assistive force if there is a possibility that improper assistance can be provided;
- c) Providing a function to detect provision of improper assistance and then to stop such assistance or to limit the assistive force;
- d) If the measures in a) to c) are applied, each function shall comply with the requirement stated in Clause 5.10.2 (maximum assistive force) according to the extent to which the assistive force exceeds the maximum exerted forces given in Table 5.1.

NOTE 1 The assistive force can be limited by simply saturating the output (cut-off); by starting assistance from an adequately low gain and allowing the user or operator to adjust the gain; by using an algorithm to realize assistance within a limited range; or by other means.

5.10.4 Information for use

The maximum assistive force shall be described in the user manual. In addition, if clause 5.10.3 a), b), or c) is applied, the following shall be included in the user manual.

- Maximum assistive force when the assistive force is limited;
- Setting method if it is possible to set a limit on the assistive force;
- Cautions or warnings regarding incorrect assistive force limit setting if it is possible to set a limit on the assistive force;
- Warnings or cautions regarding cases in which the limit on assistive force does not work due to a malfunction or failure.

In the case of a lumbar-type wearable robot, if it is not sufficient for the user to lift/transfer an object depending upon the user's posture even if the robot is validated to exert positive assist torque, information for use shall be provided to the users not to exert unintended excessive lumbar joint moment to cause muscular damage. Annex G shows the tolerant values of compressive force at lumbar, namely Compressive Strength (CS), depending on age.

5.10.5 Verification and validation

For verification and validation, the following shall apply.

- a) If clause 5.10.2 is applied, the robot's maximum assistive force may be verified using the data sheet or specifications. The maximum assistive force may be considered to be the force that the robot can output continuously for one second. If the robot cannot maintain the maximum assistive force for one second, the average value for one minute may be used instead.
- b) If clause 5.10.3 a) is applied, a test shall be conducted to verify that the assistive force limit functions properly with the manufacturer-specified representative setting. During the test, the assistive force shall be below 110 % of the value of said setting.
- c) If clause 5.10.3 b) or c) is applied, a test shall be conducted to verify that the assistive force limit functions properly according to the manufacturer-specified scenarios.

During the above tests, the robot may be verified in a detached state by simulating the most representative manufacturer-specified position and posture. Where possible, these tests may be conducted on only the relevant parts.

5.11 Joint injuries due to assistance that exceeds the range of motion

5.11.1 General

The robot's assistive force shall be designed so that its output is within the range of motion. If there is a possibility that the robot's assistive force exceeds the user's passive range motion, the robot shall be designed to protect the user's joints from damage.

5.11.2 Inherently safe design

One or more of the following shall be applied where appropriate.

- a) Adopting a mechanical limit in order to limit assistance to be within the user's passive range of motion (however, this mechanical limit shall exhibit adequate strength with respect to the maximum assistive force)

NOTE 1 If the robot has a structure by which the rotational joint axis used for assistance is aligned with the user's joint axis, the limit on the range of motion is equal to the limit on the rotational angle.

- b) Adopting a design by which, even if the robot's assistive force is output so as to exceed the user's passive range of motion, the load applied to the user's joint does not exceed the joint's strength. A joint's strength depends on the user and joint's location. If measure b) is applied, the manufacturer shall specify the intended user group (e.g., in terms of age, sex, and occupation) and estimate the strength for the relevant joints.

NOTE 2 At present, no explicit information is available on the strength of human joints. However, a human joint's strength can be estimated based on the exercise that the user can do during normal times (e.g., when the knee joints do not break while sitting straight, the bent-side knee joints can be presumed to withstand the torque generated by the mass above the knees) or by other means.

If the manufacturer neither specifies an intended user group nor estimates the strengths of the relevant joints, the maximum exerted forces given in Table 5.1 can be used as the strengths of the shoulder, elbow, hand, hip, knee, and ankle joints.

NOTE 3 The values in Table 5.1 can be used because a human joint's strength is expected to be sufficiently larger than the force exerted voluntarily by the joint.

5.11.3 Safeguarding and complementary protective measures

One or more of the following shall be applied where appropriate.

- a) Adopting a function to limit assistance to be within the user's passive range of motion
- b) Adopting a function by which the user or operator can set a limit on the assistive torque; this setting may be made accessible either during provision of assistance or while assistance is not being provided
- c) Adopting a function to detect that the user's passive range of motion has been close to the limit and then to stop assistance or to limit the assistive torque
- d) Adopting a function to detect that the user's passive range of motion has been exceeded and then to stop assistance or to limit the assistive torque

If any of the above measures are applied, each function shall have an appropriate level of reliability (maximum assistive torque) according to the extent to which the assistive force exceeds the maximum exerted torque given in Table 5.1.

If torque limitation is to be achieved by control, it shall be in accordance with the requirements of clause 6.

NOTE The assistive force can be limited by simply saturating the torque (cut-off); by starting assistance from an adequately low gain and allowing the user or operator to adjust the gain; by using an algorithm to realize assistance within a limited range; or by other means.

E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)

5.11.4 Information for use

As requirements regarding information for use, the following shall apply.

- a) If clause 5.11.2 a) or clause 5.11.3 a) is applied, the following shall be included in the user manual.
 - Method for limiting the range of motion (e.g., mechanical or functional limitation);
 - Extent to which the range of motion is limited;
 - Setting method if it is possible to set a limit on the range of motion;
 - Cautions or warnings regarding incorrect setting if it is possible to set a limit on the range of motion;
 - Cautions or warnings regarding cases in which the range of motion limit does not work due to a malfunction or failure.
- b) If clause 5.11.2 b) is applied, the maximum assistive torque shall be included in the user manual.
- c) If clause 5.11.3 b), c), or d) is applied, the following shall be included in the user manual.
 - Conditions under which the assistive torque limit is activated (e.g., position, angle, or speed);
 - Maximum assistive torque when the assistive torque is limited;
 - Setting method if it is possible to set a limit on the assistive torque;
 - Cautions or warnings regarding incorrect assistive torque limit setting if it is possible to set a limit on the assistive torque;
 - Warnings or cautions regarding cases in which the limit on assistive torque does not work due to a malfunction or failure.

5.11.5 Verification and validation

For verification and validation, the following shall apply.

- a) If clause 5.11.2 a) is applied, verification may be conducted by calculating the strength of the mechanical range of motion limit. In this strength calculation, the force and torque exerted by the user may be ignored, but the load caused by a collision at the limit shall be taken into consideration. If using a test to conduct verification, the test shall be conducted by simulating the load caused by the collision. After causing the robot to collide at the mechanical range of motion limit 50 times, the deformation of the range of motion limit shall be 5° or less of the joint angle;

NOTE The load caused by the collision can be calculated for the strength calculation or test by using values measured during normal use; by using the amount of energy received or transmitted upon collision as a criterion; by using the amount of momentum received and transmitted as a criterion; or by other means.

- b) If clause 5.11.2 b) is applied, verification may be conducted by referring to data sheets, specifications, or other data related to the maximum assistive torque. The maximum assistive torque may be considered to be the torque that the robot can output continuously for one second. If the robot cannot maintain the maximum assistive torque for one second, the average value for one minute may be used instead;
- c) If clause 5.11.3 a) is applied, a test shall be conducted to verify that the range of motion limit functions properly according to the manufacturer-specified scenarios. During the test, the joint angle shall not exceed 5° of the set range of motion limit;
- d) If clause 5.11.3 b) is applied, a test shall be conducted to verify that the assistive torque limit functions properly with the manufacturer-specified representative setting. During the test, the assistive torque shall be below 110 % of the value of said setting;
- e) If clause 5.11.3 c), or d) is applied, a test shall be conducted to verify that the assistive torque limit functions properly according to the manufacturer-specified scenarios. During the above tests, the robot

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

may be verified in a detached state by simulating the most representative manufacturer-specified position and posture. Where possible, these tests may be conducted only on the relevant parts.

5.12 Hazards due to unharmonized and uncoordinated motion

5.12.1 General

The robot or parts of robot shall be designed so that the risk associated with the unharmonized and uncoordinated motion of the robot are at an acceptable level. Unharmonized and uncoordinated motion, such as two lower-limbs are forced to move in a same direction by a robot, and sudden stop and locking while walking, could result in a user fall and serious damage.

5.12.2 Inherently safe design

One or more of the following shall be applied where appropriate

- a) mechanism that does not allow both lower limbs move in one direction;
- b) mechanism that does not allow a sudden stop or locking while walking.

5.12.3 Safeguarding and complementary protective measures

One or more of the following shall be applied where appropriate

- a) control functions to detect the movements of both limbs in one direction and then to stop assistance;
- b) control function to detect a sudden stop or locking while walking and then to stop assistance.

5.12.4 Information for use

Where any degree of manual control is required for avoidance of risks from unharmonized/uncoordinated motion, information for use shall provide the user instructions required and the limits of the applied control measures.

5.12.5 Verification and validation

Appropriate method(s) shall be chosen from the following: A, B, F.

6 Safety-related control system requirements

6.1 Required control system performance

6.1.1 General

Where protective measures are implemented through a control system, the requirements of Clause 5 shall apply. The required performance level (PL) or safety integrity level (SIL) of the control system functions (electric, hydraulic, pneumatic, and software) of a service robot shall be determined by risk assessment, and shall conform to either ISO 13849-1:2023 (safety-related parts of the control system) or IEC 62061:2024 (functional safety), or IEC 61508-1 (functional safety). This shall include verification and validation.

6.1.2 Required control system performance

For safety-related control system functions, performance levels (PL) according to ISO 13849-1:2023 are listed in Annex C, Table C.1. Instead of performance levels, also the corresponding safety integrity levels (SIL) according to IEC 62061:2024 or IEC 61508-1 may be applied.

E DIN EN ISO 13482:2024-10

ISO/DIS 13482:2024(en)

The integrator or service provider shall determine the performance of each required safety function according to one of the below:

- functional safety PLr or required SIL listed in Annex C, Table C.1;

Or,

- the results of a comprehensive risk assessment where the risk estimation meets the requirements of ISO 12100:2010 and either ISO 13849-1:2023 or IEC 62061:2024.

NOTE Guidance for risk estimation parameters is provided in Annex C, C.2.

6.1.3 Determining severity

Based on the risk assessment of the contact hazards due to intended or unintended collision, the highest foreseeable severity of harm should be taken into account. It is necessary to consider age and health of the person that can be involved in the contact process. Refer to Annex C for explanation of severity levels and other parameters and thresholds used during risk assessment.

6.1.4 Determining probability of occurrence

The probability of occurrence is a function of the exposure to, the occurrence of, and the possibility to avoid a hazard, according to ISO 12100:2010. Refer to Annex C for explanation of probability of occurrence and other parameters and thresholds used during risk assessment.

NOTE An exposure is an event when a person is in a hazardous situation to which the robot has to react. Examples for hazardous events include a person stepping into the robot's path or blocking the robot's movement, as well as the robot leaving its designated path due to a navigation error and moving towards a human.

6.1.5 Determining possibility of avoidance

Based on the risk assessment of the hazard, the possibility of avoiding or limiting harm shall be taken into account. Refer to Annex C for explanation of the possibility of avoidance and other parameters and thresholds used during risk assessment.

6.2 Robot stopping

6.2.1 General

The service robot shall be designed to ensure that it can come to a safe stop without causing any hazardous rollovers, runaways, or drops of robot parts and loads if there is intentional braking at any speed.

The halt states can vary depending on a service robot type, and thus the halt states of a robot shall be defined by the robot manufacturer. If the halt state is achieved and maintained by the robot's normal speed control function, the function shall conform to (6.5). When the halt state is achieved by an independent stopping function, it shall be achieved only by a braking mechanism, to which the following requirements shall be applied:

- a) it shall operate on interruption of the power supply, where applicable, based on risk assessment;
- b) it shall stop the service robot within the operating range of the supplied presence-sensing device(s), taking into account the specified limits on all parameters, e.g. load, speed, travel surface coefficient of friction and gradient and expected wear condition of the robot's parts;
- c) it shall maintain the service robot, and its maximum allowable load stationary on the maximum operational travel surface gradient specified by the manufacturer;
- d) it shall operate on loss of critical control functions.

6.2.2 Robot stopping functions

6.2.2.1 General

The service robot shall have a protective stop function, and an independent emergency stop function shall be provided as required by the risk assessment. Optionally these functions can have provision for the connection of external protective devices, and an emergency stop output signal can be provided. Table 6.1 provides a comparison between emergency stop and protective stop functions.

NOTE In some applications, a protective stop includes providing drive power to maintain system stability. An example of this could be a walking personal assistant robot.

Table 6.1 — Comparison of emergency and protective stops

Function	Emergency stop	Protective stop
Purpose	Emergency	Safeguarding or risk reduction
Stop category (IEC 60204-1:2021)	0 or 1	0, 1 or 2
Initiation	Manual	Manual, automatic or may be automatically initiated by a safety-related function
Safety-related system performance	Shall meet performance in 6.1.3	Corresponding to the highest PL of any safety function causing a protective stop, as determined in clause 6.1
Reset	Manual only	Manual or automatic
Use frequency	Infrequent	Often to infrequent
Effect	Remove power from the actuators to stop propagating the hazardous situation	Safely control the safeguarded hazard

6.2.2.2 Emergency stop

If an emergency stop capability is required, each command device capable of initiating robot motion or other hazardous situation shall have a manually initiated emergency stop function that:

- a) conforms to requirements of clause 5.1 and IEC 60204-1:2021, and takes precedence over all other robot controls;
- b) causes all hazards controlled by the robot system to stop;
- c) removes drive power from the robot actuators if the robot is in a safe state;
- d) remains active until it is reset;
- e) shall only be reset by manual action that does not cause a restart after resetting, but shall only permit a restart to occur.

NOTE An emergency stop can for example be reset by pulling out the emergency stop button. This permits a restart. A pushbutton or manually invoked control signal can then initiate the actual restart.

For mobile robots with manipulator different stop states and stop policies may be applied to control mobile platform and manipulator.

In the case of different stopping states or stopping policies required for the mobile platform and manipulator, the manufacturer shall design or take protective measures to ensure that the stopping or further restarting of one does not cause unintended movement or unintended stopping of the other.

If unexpected restart can lead to an unacceptable hazard, the restarting action after releasing the emergency stop shall be considered as a safety function (see ISO 13849-1:2023 clause 5.2).

E DIN EN ISO 13482:2024-10 ISO/DIS 13482:2024(en)

If an emergency stop is required, and if the provision of an emergency stop button on a command device is not possible (e.g. for speech interfaces, computer screen-based or remote applications) it shall be ensured that an equal level of safety is reached with the existing emergency stop facilities (e.g. button(s) directly on/near the service robot).

Selection of a category 0 or category 1 stop for the function shall be determined from the risk assessment, according to IEC 60204-1:2021.

The emergency stop device shall be in accordance with IEC 60204-1:2021 and ISO 13850:2015.

6.2.2.3 Protective stop

When risks are mitigated by the use of safety-related control functions, the service robot shall have one or more protective stop functions. The categories of these stop functions (as described in IEC 60204-1:2021) shall be determined by risk assessment for the application.

These stop functions should control the safeguarded hazards by causing a stop of all hazardous robot motion, removing or controlling power to the robot drive actuators, and preventing any other hazard detected by the robot system, e.g. hazards described in Annex C. The stop may be initiated manually or by control logic. The restart shall be initiated manually unless risk analysis allows automatic restart.

The protective stop function performance shall correspond to the highest PL of any safety function causing a protective stop, as determined in clause 5.1.

The service robot may have a protective stop function using stop category 2, as described in IEC 60204-1:2021, that does not result in drive power being removed but does require monitoring of the stand-still condition after the robot stops. Any unintended motion of the robot in the stand-still condition, or failure of the protective stop function should result in a category 0 stop, according to IEC 60204-1:2021, as determined by risk assessment. The stand-still and monitoring function performance shall conform to 6.1.2.

NOTE This can include a monitored category 2 stop function, according to IEC 60204-1:2021, provided by an electric power drive system, which corresponds to a safe operational stop according to IEC 61800-5-2.

6.2.2.4 Normal stop

The robot shall be fitted with a normal stop control device to stop the robot, according to the span-of-control. This stop function, when activated, results in a category 0 or category 1 stop according to IEC 60204-1:2021.

Emergency stop devices or safeguards shall not be used as normal stop devices.

If the activation of normal stop can cause any hazard this shall be stated and guidance given in the information for use.

EXAMPLE Properly securing a self-balancing robot might need to be properly secured before activating the normal stop.

6.2.3 Braking

6.2.3.1 General

The design of the control systems functions that issue a protective stop of the robot's mobile platform shall consider the braking performance of the platform, and thus the distance the service robot needs to stop, under all foreseeable travel surface conditions.

Braking performance shall be sufficient so that hazardous collision can be avoided when the service robot is travelling at its rated speed and rated load under specified travel surface conditions. As far as reasonably practicable the robot shall also be able to stop in front of a person under the worst expected travel surface conditions as determined by risk assessment.

If safety-related speed control or control system functions to evaluate the braking performance of a service robot are used, they shall comply with (6.1.2), considering all intended operating conditions.

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

If control system functions are used to estimate surface conditions in advance and avoid dangerous surface conditions if reasonably practicable, this function shall comply with (6.1.2) considering all intended operating conditions.

NOTE This control function can be provided by an electronic power drive system which is described in IEC 61800-5-2.

6.2.3.2 Braking distances

The braking distances shall be measured at the maximum speed and under the most unfavorable operating environmental conditions intended by the manufacturer. The maximum stopping distance of the braking performance test results shall be given to the user of the mobile robot by the information for use (see Annex I).

While braking, the following shall not occur:

- a) excessive juddering;
- b) loss of control or balance;
- c) excessive side-skidding.

NOTE with certain types of braking systems, it is not possible to entirely avoid some skidding of a rear wheel during braking; this is considered acceptable provided that d) or e) do not occur as a result.

6.3 Start and restart interlocking

6.3.1 Start interlock

The control system shall have a start interlock function to prevent automatic start when the energy supply to the robot application is switched on or is interrupted and restored.

The reset of the start interlock shall only be possible by a deliberate actuation of a specific control device.

6.3.2 Restart interlock

The control system shall have a restart interlock function to prevent the automatic restart as follows:

- a) after a change in the mode of operation from automatic mode to manual mode;
- b) in manual mode, after a protective stop is initiated by any enabled protective device.

The reset of the restart interlock shall require a deliberate actuation of a specific control device.

The control device shall be a different control device than that used for the reset of the start interlock.

6.4 Limits to operational spaces

Figure 6.1 illustrates operational spaces for service robots.

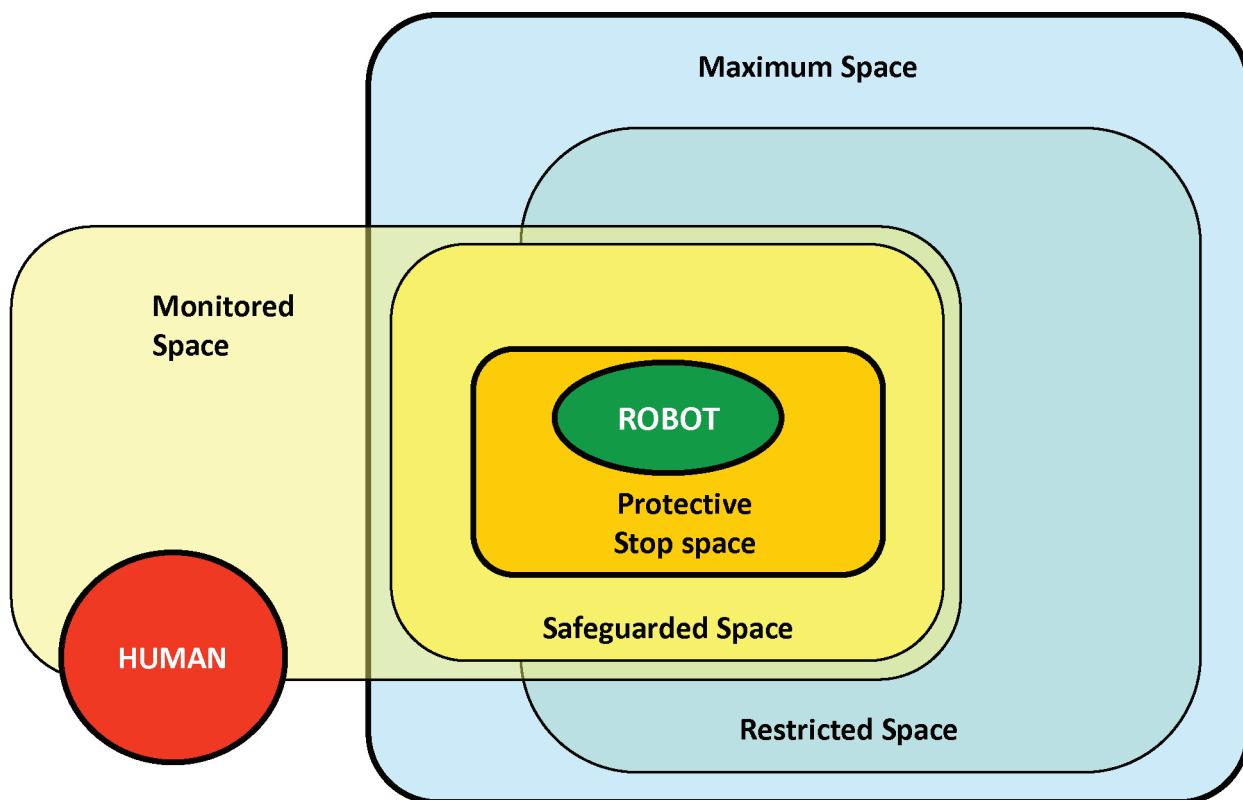


Figure 6.1 — Operational spaces for service robots

Operational space limitation can be required for risk reduction, for either constraining the service robot motion within a defined volume or for preventing the robot from entering it (inclusion and exclusion zones using the operational spaces, see Annex B).

Software limits are permitted as a means to define and reduce the restricted space, provided they can affect a stop of the robot at full rated load and speed. The restricted space shall be bounded by the actual expected stopping position that accounts for the stopping distance travelled. The manufacturer shall state the capability in the information for use, and shall disable the software limits if this capability is not supported.

Control programs that monitor and perform joint and space limiting functions based on software limits shall conform to (6.1.2), and be changeable only by authorized personnel. If the software limit is violated, a safe state shall be initiated. Motion during a limit violation shall be under safety-related speed control, as described in (6.5). Active settings and configuration of the safety limits shall be recorded so that changes to the configuration can be easily identified and reviewed.

NOTE Possible means of forbidden area detection include:

1. Placing a line of magnets on/in the floor which is detected by magnet switch(es) that trigger a protective stop.
2. Using distance measuring sensors to detect downward stairs.

6.5 Speed control

Risk assessment shall determine the hazardous speed of any part of the service robot. This shall be done by calculating speeds of representative points on the robot's accessible moving parts. Only authorized persons shall be able to adjust allowable maximum speed.

Depending on the task(s) executed by the service robot, different speed limits can exist, of which one is active in a given situation. An appropriate way for switching speed limits shall be determined by risk assessment.

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

The speed of the service robot shall be controlled to ensure that the moving parts of the robot do not reach hazardous speed.

When provided, safety-related speed control shall be designed and constructed so that in the event of a fault, the speed of the manipulator's end-effector and other robot parts shall not reach hazardous speed, and a safe state shall be issued when a fault occurs. The performance of the safety-related speed control shall conform to (6.1.2).

6.6 Environmental sensing

6.6.1 General

Safety-related environmental sensing shall conform to the requirements of (6.1.2). The objectives of the safety-related environmental sensing are the following.

- a) Object-sensing: this function shall be applied to avoid hazardous collisions. Object-sensing devices shall be applied to ensure admissible distances from, or contact forces with, humans or hazardous obstacles.
- b) Travel surface sensing: this function includes the sensing of travel surface properties (e.g. smoothness, roughness and solidity) and travel surface geometry (e.g. flatness, slope, stairs and gaps), and shall be applied to avoid hazards related to instability.

6.6.2 Object sensing

6.6.2.1 Non-contact sensing

Non-contact sensing devices are used to:

- ensure minimum operational distances, and/or
- reduce the relative approach speed.

In order to avoid hazardous collisions and maintain the required level of safety, the following requirements apply.

- a) If electro-sensitive protective equipment (ESPE) are used to detect persons or safety-related obstacles for a safety function of PL c or higher, they shall conform with the relevant parts of IEC 61496. In case of multiple ESPE sensors or individual ESPE sensors with performance level lower than PL c, IEC/TS 62998-1:2019 shall be used.
- b) If ESPE is used as the primary sensing device, it shall have an appropriate reliability in its operation and mounting shall be in accordance with the service robot's risk estimation.
- c) Non-contact sensing equipment other than ESPE may be used. The sensing equipment shall conform with the corresponding equipment safety standard. If no equipment safety standard exists, IEC/TS 62998-1:2019 shall be used. The detection capability and reliability of such equipment shall conform to safety requirements determined by risk assessment.

NOTE 1 IEC 62046 gives guidance on the application of protective equipment.

Detection of one or more persons or objects within a minimum distance shall cause the service robot to come to a safe state either by:

- initiating a protective stop according to clause 5.2.2.3, or
- initiating a safe speed reduction by the means of a safety-related speed control according to clause 5.4, or
- maintaining a separation distance to person(s) or object(s).

Where the detection of persons is required, the minimum distance shall be determined according ISO 13855:2010.

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

Where the detection of other objects than humans (walls, furniture, maximum space boundaries) is required, the separating distance shall be determined according the formulae of ISO 13855:2010 with the following modifications:

- The parameter K may be set to the travel speed of the robot if applicable, and if the surrounding environment is static;
- The parameter C may be set to an appropriate intrusion distance that e.g. corresponds to overhanging furniture or wall elements.

If the non-contact sensing device provides reliable information about the relative approach speed of persons and allows the service robot to determine the worst-case relative speed between the robot and an approaching person, the calculation of the minimum distance can use the determined speed in replacement of K in the formulae of ISO 13855:2010. The performance level of the non-contact sensing device shall not degrade the performance level of the required safety function..

NOTE 2 Annex E describes a typical example of how to calculate the relative speed from a service robot and a person moving in a different direction but can collide in the next movement phase.

6.6.2.2 Contact sensing

Contact sensing is required for many human-robot interaction tasks. For this, the robot has to safely detect even small contact forces and react to them in an appropriate manner. Where necessary, contact detection has to ensure following capabilities:

- a) contact shall be detected along the entire robot structure (i.e. on joint level), which is relevant for the task;
- b) the contact forces shall be limited to appropriate values as determined by risk assessment. It is advisable to obtain these limits by relying on the limits stated in other technical standards and scientific publications (see Bibliography).

Contact sensing used to detect persons in order to limit the harm of collisions shall conform to the requirements of the relevant parts of ISO 13856:2013. If objects other than persons shall be detected, the required detection capability and reliability shall be determined by risk assessment.

Pressure-sensitive protective equipment (PSPE) (e.g. pressure-sensitive edges, bars, devices, bumpers, plates, wires) can be used to prevent hazardous impacts. These contact sensing devices, when used, shall conform to this subclause, in accordance with the service robot's application and risk estimation. If used as a safety-related sensing device, the elements shall conform to (6.1.2), and shall be mounted as described in ISO 13856:2013.

6.6.3 Travel surface sensing

If detecting hazardous surface/environment conditions (e.g. stairs, holes, uneven ground, slippery ground) is required for the safe operation of the robot, the manufacturer shall provide means to detect these potential hazards.

Surface condition detection performance shall be sufficient to allow the service robot to evaluate its braking performance in accordance with the requirements in 6.2.3 as well as to maintain its mechanical stability.

Travel surface sensing is not required where hazardous surface/environment conditions are excluded by the use limitations as stated in the information for use.

NOTE 1 In order to validate the travel surface sensing function, it is advisable that various hazardous surface geometry conditions (i.e. gaps, bumps, and/or steps) be placed between the service robot and its travel destination. The robot performance can then be checked as to whether it can safely avoid the adverse surface conditions or safely stop without getting stuck.

NOTE 2 If a travel surface detection cannot be provided with a sufficient PL, one possible way for risk reduction is to use general limits to workspace as described in clause 6.4 for known surface features.

6.7 Stability control

A service robot shall be stable in all intended and reasonably foreseeable use situations. Safety functions may be used to maintain robot stability; examples are provided below:

- Function(s) preventing the robot from falling over and/or dropping loads due to loss of power,
- Function(s) detecting the onset of instability (e.g., due to slopes, travel surface, foreign objects caught in wheels, overloading, abrupt travel patterns) and taking appropriate action to stabilize (e.g., speed, acceleration, or direction-limiting),
- Function(s) that restrict the workspace of a manipulator to prevent the center of gravity of the robot from exceeding the stability range.

The functional safety performance of the functions which provide stability control shall conform to 6.1.2.

6.8 Force control

The force exerted on a person, or other objects, by any part of the service robot shall be controlled within the maximum safe contact criteria such as force limits.

Quantitative requirements on the maximum safe contact force/torque should be well-examined by ergonomic experimentation. The limits of the exerted force during unintended contact with a person can differ with application, and shall be determined by risk assessment.

Safety-related force control shall be achieved by a safety-related contact sensing and reaction scheme that brings the service robot to a safe state such that this force threshold cannot be exceeded.

The reaction to an unintended contact shall meet at least the following requirements:

- a) reacting fast enough to prevent hazardous forces reached;
- b) bringing the service robot into a safe state after the contacting incident.

NOTE For literature presenting approaches to determine allowed contact forces and pain tolerances, see Bibliography.

The functional safety performance of safety-related force controllers shall conform to 6.1.2

6.9 Singularity protection

Motions that pass near singularities can produce high axis speeds. These high speeds can be unexpected and induce risks to user, to the operator, and to people in the environment.

For service robot motions passing near singularities, one or more of the following measures shall apply:

- a) control the motion through the singularity to avoid any hazard;
- b) the robot shall avoid the singularity e.g. by performing an adjustment to the path planning;
- c) stop the robot motion and provide a warning prior to the robot passing through a singularity or performing an evasion movement during the coordinated motion.

6.10 Moving robot in emergency situations

If a mobile robot is capable of blocking evacuation paths, in an event of emergency situation, it shall be possible to easily remove the robot manually by pushing by a layperson, or a layperson be able to easily pass through beside of the robot or over the robot.

If manual release of the brake locking of the robot is allowed to be used based on the risk assessment in that case, 6.13 (Manual control devices) shall apply.

6.11 Interworking with a lift (an elevator)

If a service robot is designed to interoperate with a lift, all potential risks shall be reduced to an acceptable level. It shall be determined by risk assessment if a robot may use the same lift as persons, and if so, whether the lift may be used simultaneously by persons and robots.

NOTE Mobile robots can be designed to use a lift to perform their tasks. During lift usage, the robot can be granted access to lift control functions such as calling the lift, selecting floors, and opening doors. The robot can interact with the lift through wireless communication or physical interaction.

To achieve this, the following requirements shall be met, where appropriate.

- a) The robot shall wait after calling the lift at the designated location that does not prevent human access to and from the lift, and shall start boarding only after the lift doors are fully opened.
- b) If there is insufficient space within the lift for the robot to board safely, the robot shall not attempt to board.
- c) In the event of contact or collision between a robot and objects to be protected (e.g. person, animals, doors), the robot shall perform a protective stop. The robot shall restart when risk of contact or collision is within an acceptable level.
- d) In case of the robot operational errors or failures that can affect safe use of the lift, the robot shall notify the person around and the robot operator of its status.
- e) The robot shall be able to keep the lift doors open via communication with the lift control while the robot is boarding or exiting the lift.
- f) The robot is required to complete boarding within a predefined time limit upon entering the lift. If it fails to do so, it shall refrain from attempting to board and remain in a designated waiting area until the next available opportunity.
- g) If the robot is connected to the control functions of the lift and the lift detects an overweight condition, the robot shall not attempt to board the lift. If the lift detects an overweight condition after the robot boarding, the robot shall immediately exit from the lift.
- h) The robot shall not pose a risk due to falling, slipping, or cargo dropping while trying to board a lift with a maximum allowable alignment error specified in ISO/TS 8100-21:2018. Such retreat shall not increase the hazard to persons occupying the waiting area of lift.

NOTE 1 In ISO/TS 8100-21:2018, the maximum allowable alignment error for lift is defined as 20 mm sill and 35 mm gap.

NOTE 2 Annex H presents an example of safety evaluation methods for lift boarding robots.

6.12 Design of user interface

6.12.1 General

When command devices (e.g. joysticks, operator control panels, voice and gesture recognition systems, and/or other means) are used to control the service robot's functions, they shall have an appropriate reliability in their operation. Depending on the type of command device, different requirements and restrictions apply (see Table 6.2).

E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)
Table 6.2 — Characteristics, requirements and restrictions of command devices

Type	type 1	type 2
Design example	Teach panel (wired or wireless)	Smartphone; voice or gesture interface
Typical use	full range of robot operation and programming	Activating pre-defined robot functions
Ability to switch operational modes	yes	No, except if risk assessment allows switching between autonomous and semi-autonomous modes
Operational modes, in which commands are accepted	all	autonomous mode or semi-autonomous mode
Available stop functions	Emergency stop, normal stop	normal stop

NOTE Type 2 command devices are meant for users with no or limited experience and allow them to interact with robots which have already been switched to autonomous or semi-autonomous mode and are waiting for a task. For example, a robot waiting for customers in a retail shop can be asked by the user to show the way to a certain product by voice commands.

Whether the command device is tethered or untethered to the service robot, its electrical connection to the robot shall not cause hazards.

Command devices shall provide control of individual or combined robot functions during manual and semi-autonomous robot control modes.

The use and foreseeable misuse of type 2 command devices shall not lead to additional hazards. This shall apply independent from the number of type 2 or type 1 command devices in use. The following requirements apply:

- Type 2 command devices shall be limited to use in autonomous or semi-autonomous mode and shall only be able to activate a pre-defined set of robot functions. If the robot can switch between autonomous and semi-autonomous modes using a Type 2 command device, then the manufacturer shall consider user safety and apply mitigations to achieve acceptable risk;
- All robot functions activated by type 2 command devices should be designed so that all risks are fully mitigated either by inherently safe design measures or by safeguarding and complementary protective measures. Where information for use is used for risk reduction, the following scenarios shall be considered and addressed through risk assessment:
 - a (potentially trained) operator starting the robot and switching it to autonomous or semi-autonomous mode, so that it reacts to Type 2 command devices.
 - a (potentially lay) user activating a function of the robot via the Type 2 command device. This can happen remotely without checking the surroundings of the robot
 - laypersons close to the robot when it is activated, who may not be aware of the activation and have received no prior information about it.
- Type 2 command devices shall be equipped with a stop function that executes a normal stop. The stop function should be easy to find and activate, where appropriate. To help avoid user confusion, the normal stop should not resemble an emergency stop;

6.12.2 Status indication

The status of the command devices shall be clearly indicated at all times, e.g. power on, operational mode, fault detected. The status should be indicated in a conspicuous location for the operator.

In the case of remote controls, each command device shall clearly identify the parts of the service robot to be controlled from that unit. The remote control system shall be designed and constructed in such a way as to affect only:

- the related parts of the robot;

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

- the related functions.

If an indicator light is used, it shall be meet ergonomic design principles for its installed location and its colour shall meet the requirements of IEC 60204-1:2021.

Type 2 command devices should indicate their status, i.e. whether they are active and ready to receive commands or not.

6.12.3 Connection and disconnection

On connection, disconnection or reconnection of any command device, whether it is intentional or not, or if connection problems of the command device occur, the service robot shall perform a protective stop if continuing the task can lead to an unacceptable risk.

A remote controlled service robot shall be designed and constructed in such a way that it responds only to signals from the intended command devices.

6.12.4 Single command device for multiple robots

The control and switching of control for multiple service robots with one command device shall not cause any harm to the user or any exposed person. The command device may control one or more robots independently or at the same time.

It shall be clearly visible to the operator which personal care robot is under the control of the command device. For type 1 control devices, every robot to be controlled shall be selected before a command can be sent to it and an unexpected start up of any unselected robot shall be prevented.

6.12.5 Multiple command devices

If multiple command devices are used, the following shall apply:

- a) type 1 command devices shall provide a clear indication for identifying each active command device; they shall also indicate, if type 2 command devices are currently active
- b) type 1 command devices shall have priority over type 2 command devices and shall also be able to deactivate the use of type 2 command devices.
- c) each hazardous function of the service robot shall be controlled by only one type 1 command device at any time, except for the protective stop and emergency stop functions;
- d) Any type 2 command device shall be able to issue a stop signal for robot functions initiated from a different type 2 command device;
- e) measures shall be applied to prevent hazards derived from conflicting multiple commands;
- f) changing the control from one command device to another shall not cause unacceptable risk;
- g) when separate functions are activated from different command devices, the control system shall be designed to avoid the operators causing harm to each other or other objects;
- h) before control can be transferred from one type 1 command device to another, an explicit changeover action shall be necessary;

NOTE This can include situations in which no type 1 command device is active (e.g. when the service robot is in a safe state) and any command device is able to take over control.

- i) it shall be clearly indicated on all type 1 command devices which one is currently active and which is not.

6.12.6 Cableless or detachable command device

If one or more cableless or detachable command devices are available to operate the service robot, the following shall apply:

- a) in the case of loss of communication, or when correct control signals are not received, any robot being controlled by such a device shall lead to a protective stop if continuing the task can lead to an unacceptable risk;
- b) when applicable, the maximum response time for data communication (including error correction) and for loss of communication shall be considered for the calculation for the overall stopping performance (time), and shall be stated in the information for use;
- c) on command devices in which emergency stop control devices are integrated, means shall be provided to avoid confusion between active and inactive command devices (e.g. storage of inactive devices in an appropriate location).

6.12.7 Protection against unauthorized use

If necessary, steps shall be taken to prevent unauthorized use of controls or parameter changes, even through remote access. Means (e.g. password protection) shall be provided for preventing any unauthorized use, as determined by risk assessment; for example, use of anti-vandalism methods such as key cards and fingerprint recognition devices to avoid unintended service robot starts or moves. The manufacturer should consider different levels of access for different users.

6.13 Manual control devices**6.13.1 General**

Where a command device is realized with manual control devices that initiate power or motion, they shall be designed and constructed to meet the requirements mentioned in 6.12.2 to 6.12.6.

6.13.2 Labelling

Manual control devices on type 1 command devices shall be labelled to clearly indicate their function in compliance with ISO 7000:2019.

6.13.3 Protection from unintended operation

Manual control devices on type 1 command devices shall be designed and constructed so as to prevent unintended operation by following means:

- a) when the service robot is placed under manual control or remote control, initiation of the robot motion or change of the local control selection shall be exclusively performed from one source;
- b) by the use of appropriate designed manual control devices, e.g. shrouded push-buttons, action sequences on touch panels, key selector switches;
- c) appropriate placement of manual control devices, so that accidental touching is prevented;
- d) where appropriate, different levels of access shall be used to prevent unintended actions or change of settings.

NOTE If access is provided not only "by person" but also "by role", an operator can use an account with limited access for daily work and only switch to a privileged account when needed.

6.14 Operational modes

6.14.1 General

A service robot shall be designed to operate in one defined mode at one time. If risk assessment shows that any changeover between two modes is a potential hazard, then the robot shall perform a protective stop immediately prior to that mode change. The selection of the mode shall be indicated unambiguously, and not initiate by itself, robot motion or other hazards.

For all operational modes it shall be clear which safety functions are active and especially which are disabled. When switching between modes, any suspended safety functions shall be returned to their full functionality. When provided for safety-related purposes, the operating mode selection function shall conform to the requirements of (6.1).

If more than one set of limits have been defined during the risk assessment (see clause 4.1), it shall be clearly visible and identifiable which value set is currently active. Tables 6.3 and 6.4 summarize the main characteristics of the operational modes of service robots. Only in autonomous mode and semi-autonomous mode type 2 control devices may be active (see clause 6.12).

NOTE Not all robots have all operational modes implemented.

Table 6.3 — Characteristics of operational modes of mobile service robots

Characteristic	Operational mode			
	Autonomous mode	Semi-autonomous mode	Manual mode	Maintenance mode
Initiation of action	By the robot or the user	By the user	By the user	By an authorized person
Frequency of human intervention	Two or less	frequently	constantly	constantly
Degree of supervision by the human	none	low	high	high
Task example	The mobile service robot can fetch and carry without human interventions	The mobile service robot can operates autonomously with minimal human instruction inputs. For example, the mobile service robot can travel to a designated location by the human inputs, if the robot detects a hazardous object or hole or gap in the floor surface on its travel path, the robot can automatically stop or avoid to prevent a hazardous event (i.e., transit to minimum risk condition state) without human interventions, which is against to the user input.	The mobile service robot can operates according to an operator inputs. For example, the robot was leaving from the restricted or intended operation space, the robot can drive or manipulate by the operator's direct control inputs using an external control device (e.g., joystick control). In this case, the robot operates according to human input, but its movements, such as each joint and/or driving force, are controlled using the robot's autonomy, but the user input has priority over the safety-related functions of the robot.	Maintenance such as, an authorized person can operate, for example, test operation of a particular device of the robot even when the robot's foolproofing function is disabled.
User restriction	none	Key lock or password protection required.	Key lock or password protection required.	Key lock or password protection required.

Table 6.4 — Characteristics of operational modes of wearable robots

Characteristic	Operational mode			
	Autonomous mode	Semi-autonomous mode	Manual mode	Maintenance mode
Initiation of action	N/A	By the user	By the user	By an authorized person
Frequency of human intervention	N/A	frequently	constantly	constantly
Degree of supervision by the human	N/A	high	high	high
Task example	N/A	Wearable robot detects human body motion e.g., movement of joint angles, electromyograms and provides assistive force designed by the manufacturer. Robot can override human inputs, e.g., in case of the wearable robot performs within designated angles and speeds for human movements, if the robot receives an extra human intervention inputs, the robot can ignore the inputs to avoid user falling over, which is against to the user input.	Wearable robot provides assistive force designed by the manufacturer through the operator's direct control inputs using a type 1 control device (e.g., push button switch). The user input has priority over the safety-related functional motions of the robot.	Testing operation motion for maintenance, for example, an authorized person can operate a particular device motion of the robot against the robot's foolproofing function.
User restriction	N/A	none	none	Key lock or password protection required.

6.14.2 Autonomous mode

A service robot moves automatically or autonomously under this operational mode. The required safety functions for the autonomous mode defined by risk assessment shall be active.

6.14.3 Manual mode

Manual mode shall allow a service robot to be operated by human intervention. This mode can be used for teaching, tele-operation, programming and program verification of the robot. Information for use shall contain appropriate instructions and warnings that the operation with manual navigation/guidance is being performed.

A risk assessment shall be carried out to determine which safeguards and protective measures should be active in manual mode to mitigate certain hazards.

If a service robot is intended for hand guiding, handles or other support surfaces with sufficient size shall be provided as necessary. If hand guided motion can cause hazardous collisions or other hazards, the motion shall require sustained action (hold-to-run). The means for hand guiding shall allow the operator to monitor any danger zone affected by the hand guided motion.

6.14.4 Semi-autonomous mode

Semi-autonomous mode shall allow the operator to override or change the service robot's functions, e.g. steering, hand guiding and human-robot interactive tasks while the robot is performing its task program.

E DIN EN ISO 13482:2024-10 ISO/DIS 13482:2024(en)

In semi-autonomous mode, the autonomous process may also override manual operation, e.g. autonomous collision avoidance function. Risk assessment shall determine the hazards associated with semi-autonomous operation, focusing in particular on how the intervention starts.

When the autonomous process overrides the manual operation the service robot shall provide noticeable indication of the override status to the operator. Override indications (e.g. visible light, audible sound, vibrations) should be designed to be easily recognized by the operator.

NOTE The power assistance by a wearable robot is not considered as overriding, whereas the autonomous braking for collision avoidance while the human operator steps on the accelerator is considered as overriding.

The priority of the autonomous process and manual operation shall be determined by risk assessment.

6.14.5 Maintenance mode

If, for maintenance operations, the service robot is required to operate with a guard displaced or removed and/or a protective device disabled, a maintenance mode shall be provided. When entering this mode the mode selector shall simultaneously:

- a) disable all other control or operational modes;
- b) permit operation of hazardous functions only by control devices requiring sustained action (hold-to-run);
- c) permit the operation of hazardous functions only in reduced risk (e.g. low speed, low force) conditions while preventing hazards from linked sequences;
- d) prevent any operation of hazardous functions by voluntary or involuntary action on the robot's sensors.

Entry into maintenance mode shall only be possible via appropriate means that locks and exclusively enables only this mode; e.g. a key operated switch or other means that provides an equivalent security (e.g. password access).

In addition, the operator shall control any moving parts only by means of actuating controls or command devices that are tethered or attached to the service robot, unless allowed based on risk assessment. Remote controls (see 6.12.2 and 6.12.3) or cable-less/detachable command devices (see 6.12.6) shall not be used while the robot is in this mode, unless allowed based on risk assessment. Cable lengths for tethered controls operating in this mode shall not exceed the maximum length, width or height of the robot (whichever is greatest), if deemed necessary by risk assessment.

If any of the above conditions become invalid during operation with guards removed, or safety functions disabled, the service robot shall initiate a protective stop in accordance with (6.2.2.3).

NOTE By fixing a service robot to a jig to constrain its motion, maintenance could be possible without switching the robot to the maintenance mode.

Instructions for operation of the service robot in this mode, and warnings regarding any hazards related to operation with guards removed, shall be placed in its information for use (see Clause 9).

6.15 Cyber security and data privacy

6.15.1 General

The service robot shall always ensure the privacy of all parties, including its owner, against potential malicious users. Data exchange access with the manufacturer of the mobile service robot or with leasing/service companies shall only be allowed on a contractual basis, which includes specifying accessible data types and, where possible, access time, and authorized users. The service robot shall provide a method to prevent unauthorized access to data.

When transmitting data including personal data and operational data, the service robot shall encrypt the data to prevent analysis, e.g. by third parties.

E DIN EN ISO 13482:2024-10 ISO/DIS 13482:2024(en)

The service robot shall also ensure the stability of its operation by protecting against hacking or malicious users, which could compromise the safety of the robot or humans.

NOTE 1 For further information on cyber security and data privacy see ISO/TR 22100-4.

NOTE 2 For information on requirements about security of industrial automation and control systems see IEC 62443 and IEC/TR 63074.

6.15.2 Measures for data privacy and data security

The service robot shall not be used to collect data from humans the service robot is interacting with without prior authorisation. The service robot should indicate the transmission of personal information, when legal requirements mandate the transmission of collected data to an authority having jurisdiction. When Artificial Intelligence is used, the data needed to train the behaviour of the service robot shall not be transmitted to any one or any company owning the robot unless agreed upon with the user of the robot. The service robot shall not store training data other than the data generated for the improvement of its behaviour. The deidentification of personal information shall be done before transmission of data if the related information is not specified in the contractual basis.

The manufacturer and, if applicable the integrator or distributor of a robot shall carry out a security risk assessment to identify all risks related to data security and privacy. The security risk assessment shall take into account all intended means of access and transmission of data (e.g. connection of a robot to the manufacturer's cloud) as well as unintended access due to reasonably foreseeable security attacks or tampering with the robot (on-site or via network access).

The robot and all connected means of processing personal data shall comply with data protection regulations of the jurisdiction where the robot is used (e.g. the GDPR in Europe).

As a minimum, it shall be ensured that

- the user is informed, which of their personal data is collected and processed by whom;
- the user can deny the use of their personal data and request that already collected data be deleted;
- collection of data from third parties is limited to a minimum that is required to fulfil the service provided by the robot.

NOTE 1 If some of the measures above are to be provided by the integrator, then the manufacturer should specify these in the user manual.

NOTE 2 When Artificial Intelligence/Machine Learning is used in a safety function or could impact a safety function, it can adhere to the functional safety requirements in ISO 13849-1:2023 or IEC 62061:2024.

6.15.3 Measures for cyber security managing access privilege and stability of operation

A service robot shall be designed as to prevent unauthorized access to data, including personal data and operational data stored in a robot by users, e.g. manufacturers, integrators, distributors, and malicious users.

EXAMPLE 1 examples of operational data are status of the robot, management data of the robot and etc.

A service robot shall be designed as to prevent malicious users from capturing and analyzing data exchanged between service robots, service robots and other devices (e.g. servers and mobile devices).

A service robot shall be designed as to prevent malicious users from interfering with normal operations to ensure the stability of the operations.

7 Verification and Validation

After the risk reduction process, all of the service robot's performance values related to the safety of the robot shall be verified and validated. This shall include the performance of the control systems with regard to the requirements specified in Clause 5.

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

All safety requirements shall be verified in accordance with their associated verification standard.

Details of the verification and validation methods are described as follows:

- A (inspection): inspecting the condition of the service robot or equipment and structures, using human senses without any specialized inspection equipment: inspection is typically carried out visually or acoustically when the robot is not in operation;
- B (practical tests): testing the service robot or its equipment under normal and abnormal conditions; functional tests (e.g. fault injection testing), cyclic tests (e.g. endurance testing), performance tests (e.g. braking performance testing);
- C (measurement): compare actual values of service robot's characteristics with specified limits;
- D (observation during operation): inspecting (as in method A) the functions of the service robot or equipment during operation under normal and abnormal conditions, e.g. with rated payloads, overloaded situations and under impact conditions;
- E (examination of circuit diagrams): structured review or walk through of the design of circuit diagrams (e.g. electrical, pneumatic, hydraulic) and related specifications;
- F (examination of software): structured review or walk through of the design of software code and related specifications: code inspection or testing of the software code should follow;
- G (review of task-based risk assessment): structured review or walk through of the risk analysis, risk estimation and relevant documentation;
- H (examination of layout drawings and relevant documents): structured review or walk through of the design of layout drawings and relevant documents.

8 Information for use

8.1 General

Information for use consists of information for proper use of a service robot. It can be intended for the user and maintenance personnel. The information for use for the user and for the maintenance personnel may be contained in different documents.

Instruction and other text required by this document shall be written in an official language of the country in which the service robot is to be sold.

Markings, symbols and written warnings shall be readily understandable and unambiguous, especially as regards the part of the function(s) of the robot to which they are related. Readily understandable signs (pictograms) should be used in preference to written warnings. Signs and pictograms should only be used if they are understood in the culture in which the service robot is to be sold.

Attention is drawn to the fact that, in a typical environment for service robots, not all users are able to read the instruction handbook or to notice and understand acoustic or visual warning sings. This includes, but is not limited to, the following situations and user groups:

- a) children, elderly persons, mentally impaired persons;
- b) guests/visitors in private areas;
- c) third parties near the robot in public areas.

Where it is foreseeable that the information for use will not be available for certain groups of persons, this shall not lead to additional risks.

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

The markings required by this document shall be clearly legible and durable.

NOTE In considering the durability of the marking, the effect of normal use is taken into account. For example, marking by means of paint or enamel, other than vitreous enamel, on containers that are likely to be cleaned frequently, is not considered to be durable.

Except for information described in 9.2, information for use can be supplied not only with printed material but any electronic media as long as they are easily available in any region where the service robot is to be sold.

8.2 Markings or indications

Markings on the service robot shall be clearly discernible from the outside of the robot or, if necessary, after removal of a cover.

At least the name or trademark or identification mark of the manufacturer or responsible supplier, and the model or type reference shall be visible when the service robot is in normal use. If a robot is integrated into a building or another framework (e.g. furniture), this requirement applies after the robot has been installed according to the instructions provided with the service robot.

Switches and controls shall be clearly marked to avoid confusion.

The following identification shall be marked on the service robot:

- the business name and full address of the manufacturer and, where applicable, its authorized representative;
- type/designation of the service robot;
- any legally required marking, if applicable;
- designation of series or type of service robot;
- serial number, if any;
- the year of construction, i.e. the year in which the manufacturing process is completed.

The following technical information shall be marked on a main part of the service robot:

- rated voltage or rated range in volts;
- symbol for nature of supply, unless the rated frequency is marked;
- rated power input in watts or rated current in amperes;
- IP number according to degree of protection against ingress of water, other than IP X0;
- symbol IEC 60417-5172 (2003-02) for service robots with Class II construction (as defined in IEC 60335-1:2020);
- symbol IEC 60417-5180 (2003-02) for service robots with Class III construction (as defined in IEC 60335-1:2020); this marking is not necessary for service robots that are operated only by batteries (primary batteries or secondary batteries that are recharged outside of the service robot);
- mass (in kilograms) of the service robot itself and/or of removable parts if they are heavier than 10 kilograms.

Units of physical quantities and their symbols shall be in accordance with the International System of Units (SI).

A service robot having a range of rated voltage values, and which can be operated without adjustment throughout the range shall be marked with the lower and upper limits of the electrical ratings range.

A service robot having different rated voltage values, and which have to be adjusted for use at a particular value by the user or installer shall be marked with the different values.

- Entwurf -**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

For a service robot marked with more than one rated voltage, or with one or more rated voltage range, the rated power input, or rated current for each of these voltage or a ranges shall be marked. However, if the difference between the limits of a rated voltage range does not exceed 10 % of the arithmetic mean value of the range, the marking for rated power input or rated current can be related to the arithmetic mean value of the range. The upper and lower limits of the rated power input or rated current shall be marked on the service robot so that the relation between input and voltage is clear.

If symbols are used for markings, they shall conform to the requirements in IEC 60417:2024, IEC 60204-1:2021 or ISO 7010:2019.

NOTE 1 It is observed that there is some inconsistency with regard to meanings of symbols between these standards. For example, symbol IEC 60417-5007 (DB:2002-10) means only "ON" (power), whereas the same symbol means "START or ON" in IEC 60204-1:2021.

For switch markings, their different positions on service robots connected to the supply mains, and the different positions of controls on all service robots shall be indicated by figures, letters or other visual means. This requirement also applies to switches which are part of a command device.

If figures are used for indicating the different positions, the off position shall be indicated by the numeric character "0" and the position for a higher value (e.g. output, input, speed or cooling effect) shall be indicated by a higher character number.

The character "0" shall not be used for any other indication unless it is positioned and associated with other numbers so that it does not give rise to confusion with the indication of the off position.

MSRs shall be equipped with appropriate safety warning and/or status indication functions to inform and alert users when necessary. The safety warning and status indication functions of MSRs itself shall be of appropriate specification considering the various user types.

NOTE It is possible that end-users only use the services of the robot without having sufficient safety knowledge or prior safety education, while operators also have sufficient knowledge about the robot.

For signals and warning devices, visual signals (e.g. flashing lights) and audible signals (e.g. sirens) may be used to warn of an impending hazardous event (e.g. service robot start-up or overspeed). Such signals may also be used to warn the operator before the triggering of automatic protective measures.

These signals shall:

- a) be unambiguous and clearly differentiable from all other signals used;
- b) be differentiable from each other (e.g. a minor warning from a severe warning) and
- c) be clearly recognizable to the operator and other persons.

The warning devices shall be designed and located such that checking is easy. The information for use shall prescribe regular checking of the warning devices as appropriate.

Noise levels for warnings should be determined based on the environment in a way that they are audible but do not disturb or frighten.

NOTE 1 A noise level of 5-10 dB above the average background noise is usually sufficient.

The attention of designers is drawn to the possibility of "user overload", which can result from too many signals, leading to confusion that can defeat the effectiveness of the warning devices.

NOTE 2 Consultation with the users is often necessary.

For replaceable protective devices, if compliance with this document depends upon the operation of a replaceable thermal link or a fuse link, the reference number or other means for identifying the link shall be marked at such a place that it is clearly visible when the service robot has been dismantled to the extent necessary for replacing the link.

NOTE 3 Marking on the link is permitted, as long as the marking is legible after the link has functioned.

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

This requirement does not apply to links which can only be replaced together with a part of the service robot.

8.3 User manual

A user manual shall be provided with the service robot so that it can be used as intended. The user manual shall contain the following:

- a) detailed description of the service robot;
- b) the comprehensive range of applications for which the service robot is intended, including prohibited usages, if any, taking into account variations of the original service robot if appropriate;
- c) command devices;
- d) setting and adjustment;
- e) modes and means for stopping (especially emergency stop);
- f) particular risks, including residual risks, which can be generated by certain functions, by the use of certain fittings, and about specific safeguards necessary for such functions;
- g) reasonably foreseeable misuse and prohibited applications such as playing with the service robot by children;
- h) fault identification and location, for resetting and for restarting after an intervention;
- i) the operating method to be followed in the event of accident or breakdown;

NOTE Instructions for use can be marked on the service robot, as long as they are visible in normal use.

If it is necessary to take precautions during user maintenance, appropriate details shall be given.

The instructions for service robots incorporating batteries that are intended to be replaced by the user shall include the following:

- the type reference of the battery;
- the correct charging procedure/equipment;
- the method of replacing batteries;
- details regarding safe disposal of used batteries;
- warning against using non-rechargeable batteries;
- warning against mistreatment of batteries (e.g. deep discharge of lithium batteries);
- how to deal with leaking batteries.

If it is necessary to take precautions during installation of the service robot, appropriate details shall be given. When the installation is intended to be performed by maintenance personnel only, this information shall be contained in a service manual.

Instruction for use shall contain information relating to transport, handling and storage of the service robot, e.g.

- mass value(s), position of the centre(s) of gravity;
- indications for handling (e.g. drawing indicating application points for lifting equipment);
- environmental conditions for storage.

Information relating to dismantling, disabling and scrapping the service robot shall be provided.

8.4 Service manual

The service manual shall contain instruction for maintaining/resupplying the service robot which require a definite technical knowledge or particular skills, and hence shall be carried out exclusively by skilled persons (e.g. maintenance staff, specialists).

Maintenance instructions provided for skilled persons and maintenance instructions provided for unskilled persons shall appear clearly separated from each other.

Maintenance instructions shall contain sufficient information to maintain the same level of safety, quality and functionality of the service robot.

The information provided with the service robot shall include where necessary the following:

- a) a clear, comprehensive description of the equipment, installation and mounting, and the connection to the power supply/supplies;
- b) power supply requirements;
- c) information on the physical environment (e.g. lighting, vibration, noise levels, atmospheric contaminants), where appropriate;
- d) information (as applicable) on:
 - programming, as necessary for setting up, use or maintenance of the service robot;
 - sequence of operation(s);
 - frequency of inspection;
 - frequency and method of functional testing;
 - guidance on the adjustment, maintenance, and repair, particularly of the protective devices and circuits;
 - recommended spare parts list;
 - list of tools supplied.
- e) a description (including interconnection diagrams) of the safeguards, interlocking functions, and interlocking of guards against hazards, particularly for multiple service robots operating in a coordinated manner;
- f) a description of the safeguarding and of the means provided where it is necessary to suspend the safeguarding (e.g. for setting or maintenance);
- g) instructions on the procedures for securing the robot for safe maintenance;
- h) information regarding load currents, peak starting currents and permitted voltage drops, as applicable;
- i) information on the residual risks due to the protection measures adopted.

**Annex A
(informative)****List of significant hazards for service robots**

One of the essential steps in performing a risk assessment, as described in ISO 12100:2010, is a hazard identification analysis.

This form of analysis is a systematic procedure to identify potential hazards that can be caused by a system or machine, based on some aspect of its general specification. Systematic procedures can involve analysis of its functional specifications or interfaces, of hazards experienced with similar products already developed, or they may use comprehensive sets/lists of generic hazard types.

Given the wide range of possible applications of service robots, it is not practicable to produce a single list of hazards that can provide comprehensive coverage of all relevant hazards. However, it is possible to provide a minimum list of hazards that all applications should cover in their results.

For all service robots covered by this document, a combined list has been provided in Table A.1 as a recommendation for the minimum coverage that should be achieved by any given hazard identification exercise. The results of the specific hazard identification methodology should be compared with the list. If the results are found not to cover the entire set of hazards in the list, the hazard identification results should be extended or augmented to cover the remaining hazards.

Table A.1 — Hazards for service robots

No	Hazard item	Hazard analysis		Associated safety requirement clause	Remarks
		Hazard	Potential consequence		
1.	Battery charging hazards	Battery overload	Fire, discharge of hazardous fumes or substances	4.2.2	
2.		Charging of deeply discharged batteries	Fire, discharge of hazardous fumes or substances	4.2.2	
3.		Contact with live battery terminals	Electric shock	4.2.2 6.1.3	
4.		Battery short-circuit	Fire, discharge of hazardous fumes or substances	4.2.2	
5.	Energy storage and supply hazards	Harmful contact with high electrical energy sources	Electric shock, burning	4.2.1	
6.		Electrical components/parts becoming live under fault conditions	Electric shock	4.2.1	
7.		Harmful contact with high mechanical energy sources	Crushing, cutting, trapping, burning	4.2.1	High energy mechanical parts include rotating/ fast-moving parts, high pressure hydraulics or pneumatics, fuel-burning sub-assemblies
8.		Harmful contact with high pneumatic energy sources	Crushing, cutting, trapping, injection	4.2.1	
9.		Harmful contact with high hydraulic energy sources	Crushing, cutting, trapping, injection	4.2.1	
10.		Harmful contact with high chemical energy sources	Burns, irritation	4.2.1	
11.		Harmful contact with high temperature/high thermal energy sources	Burns	4.2.1	

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)****Table A.1 (continued)**

No	Hazard item	Hazard analysis		Associated safety requirement clause	Remarks
		Hazard	Potential consequence		
12.		Uncontrolled release of stored energy (rapid discharge, explosion)	Fire, burn injuries, crushing, stabbing, cutting	4.2.2	Stored energy can occur in pneumatic and hydraulic pressure accumulators, capacitors, batteries, springs, counter-balances, flywheels, etc.
13.		Power failure	Crushing, trapping, dropped loads, runaway,	4.2.4 6.2.3	
14.		Unintended shutdown	Crushing, trapping, dropped loads	4.2.4	
15.		Power overload	Fire	4.2.4	
16.		Partial power failure (brown-outs)	Other hazards	4.2.4	
17.		Harmful electrostatic discharge	Electric shock	4.4.1	
18.	Hazards due to robot start-up	Unintended/ unexpected start-up	Other hazards	4.3 6.3 6.10	
19.		Hazardous actions taken during start-up or restart	Other hazards	4.3 6.10	
20.	Hazards due to robot shape	Sharp edges	Cutting, severing, stabbing, abrasion	4.5	
21.		Holes or gaps between moving parts	Crushing, trapping, pinching, cutting, severing, abrasion	4.5	
22.		Hazardous detachment/ dropping of parts	Crushing, trapping	4.5	
23.		Hazardous robot shape profile during collisions	Impact injuries, crushing, trapping, cutting	4.5	
24.	Hazards due to noise	Harmful levels of acoustic noise	Hearing loss, stress, discomfort, loss of balance, loss of consciousness	4.7.1	
25.		Robot emits harmful ultrasonic emissions	Hearing loss, stress, discomfort, loss of balance, loss of consciousness	4.7.1	
26.	Hazards due to lack of awareness	Lack of noise/silent operation	Collisions with humans (causing impact injuries) or other hazardous obstacles	4.13 6.1.2 6.2.3	This hazard should also be considered if a service robot can have any users with hearing difficulties and can therefore be unaware of a robot even though it does make noise. Not applicable to wearable robots.
27.	Hazardous vibration	Harmful levels of vibration	Tendon inflammation, back-ache, discomfort, neurosis, arthritis, motion sickness, and other vibration-related injuries	5.5	
28.		Reduced legibility of displays due to vibration	Harmful events caused by incorrect user action or loss of user control	5.5	
29.	Hazardous substances and fluids	Contact with harmful substances/fluid emissions from the service robot (e.g. hydraulic fluid)	Burns, irritation, sensitization	4.7.2	
30.		Volatile solvents, fumes emitted by the service robot	Sensitization, irritation, asphyxiation, blinding	4.7.2	
31.		Allergic response to contact with robot surfaces	Irritation, sensitization	4.7.2	

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**
Table A.1 (continued)

No	Hazard item	Hazard analysis		Associated safety requirement clause	Remarks
		Hazard	Potential consequence		
32.	Hazardous environmental conditions	High levels of dust	Fire, other hazards	4.14	To be considered if a service robot is intended to operate: — in household environments — in the presence of high quantities of powder or finely granulated materials (e.g. kitchens) — if the robot is intended to operate for long periods between maintenance inspections.
33.		Sand	Abraded surfaces causing sharp edges; jamming of moving parts causing unsafe poses/configurations; degraded braking performance causing collisions	4.14	To be considered if a service robot is intended to operate in outdoor environments.
34.		Exposure of service robot to snow, ice	Jamming of moving parts, short circuit hazards, incorrect action due to sensor interference, other hazards	4.14	To be considered if a service robot is intended to operate in winter environments or cold zones.
35.		Exposure of service robot to water, moisture	Short circuit causing functional failure(s), fire, loss of power	4.14	To be considered if a robot is intended to operate in outdoor environments or near bodies or sources of water or sprays.
36.		Exposure of robot to saline atmosphere or salt-water sprays (e.g. in marine or coastal environments)	Structural failure, other hazards caused by corrosion-induced functional failures, battery/power supply failure, short-circuit hazards	4.14	To be considered if a service robot is intended to operate in outdoor environments near oceans, seas or other salt-water bodies (or on board boats or ships).
37.	Extreme temperatures	Hot surfaces	Burns, stress, discomfort	4.7.3	
38.		Cold surfaces	Burns, chilblains, stress, discomfort	4.7.3	
39.		Reduced legibility of displays	Harmful events caused by incorrect user action or loss of user control	4.7.3	
40.	Hazardous non-ionising radiation	Robot emits harmful non-coherent optical radiation	Burns, ocular injuries	4.7.4	
41.		Robot emits harmful coherent optical (laser) radiation	Ocular injuries (blind spots, full blindness)	4.7.4	Not applicable to wearable robots.
42.		Robot emits harmful levels of EMI	Hazardous effects on medical implants/devices, hazardous effects on external machinery, electronic systems, hazardous effects on infrastructure control systems (e.g. transportation, electricity distribution, lighting systems, telecommunications)	Not within scope of this document. Refer to EMC standards (e.g. IEC 61000 series) for relevant requirements	
43.	Hazardous ionising radiation	Robot emits harmful levels of ionising radiation	Radiation sickness, effects on reproductive capacity, mutation	4.7.4	Ionising radiation sources should not be employed in service robots unless there is no alternative for the robot's intended application. All uses of ionising radiation should be subject to a separate specific risk assessment.

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**
Table A.1 (continued)

No	Hazard item	Hazard analysis		Associated safety requirement clause	Remarks
		Hazard	Potential consequence		
44.	EMI/EMC hazards	Loss of safety function due to external EMI	As defined for each function	4.8	To be considered for all safety functions of the service robot
45.		Inadvertent operation of function induced by external EMI	As defined for each function	4.8	To be considered for all functions of the robot (both application/service functions and safety functions) Consequences and affected areas are as determined by functional hazard analysis (see item [66])
46.		Hazardous service robot motion induced by external EMI (e.g. runaway, unintended arm movements)	Crushing, trapping, impact, collision, cutting, severing,	4.8	
47.		Unsafe robot state induced by external EMI	Crushing, trapping, impact, cutting, severing, fire, burns	4.8	
48.	Stress, posture and usage hazards	Stressful posture required for robot operation	Musculoskeletal disorder	4.9.2	
49.		Operational environments causing physical discomfort	Fatigue Muscular strain or inflammation	4.9.2	Fatigue can be caused by continuous exposure to uncomfortable levels of sound/noise, light, heat, or other factors
50.		Incorrect user body size assumptions	Stressful body posture, user fatigue, muscular injury/disorder	4.9	
51.		Poor user interface design and/or location of indicators and visual displays units	Discomfort due to user misunderstanding of service robot	4.9.3	
52.			Slow response of user in hazardous situations	4.9.3	To be considered for all safety functions requiring timely user actions via the user interface
53.			Excessive false positive alarms, causing users to ignore/switch off alarms and leading to failures to respond to alarm signals	4.9.3	
54.			Poor control-display relationships, causing incorrect/inappropriate user responses	4.9.3	Where users have a worsening condition, consideration should be given to their changing performance as well
55.		Poor visibility of service robot	Occurrence of other hazards as a consequence of human error	4.9	

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

Table A.1 (continued)

No	Hazard item	Hazard analysis		Associated safety requirement clause	Remarks
		Hazard	Potential consequence		
56.	Hazards due to robot motion	Mechanical instability (overturning, falling, excessive leaning)	Crushing, trapping, dropped loads	4.10.2 5.8	
57.		Mechanical instability – overturning while handling loads	Crushing, trapping, dropped loads	4.10.2 5.8	
58.		Travel instability – rollover during basic travel pattern	Crushing, trapping, cutting/severing, dropped loads	4.10.3 5.8	Basic travel patterns include: — forward/backward travel — rotation — turns/u-turns — acceleration — deceleration
59.		Travel instability – runaway during basic travel pattern	Collision, dropped loads, damage to environment	4.10.3	Not applicable to restraint-type wearable robots.
60.		Travel instability – rollover due to passenger in incorrect position	Crushing, trapping, cutting/severing, dropped loads	4.10.3	Applicable only to person carrier robots
61.		Instability while carrying loads – objects falling or dropped while performing tasks	Damage to environment, release of harmful substances, burning (for hot fluids), cutting/severing (for sharp objects)	4.10.4	
62.		Instability in collision – rollover or overturning following collision	Crushing, trapping, cutting/severing, dropped loads	4.10.5	Not applicable to wearable robots.
63.		Instability in collision – runaway following collision	Collision, dropped loads, damage to environment	4.10.5	Not applicable to wearable robots.
64.		Detachment of body parts following collision	Crushing, trapping	4.10.5	
65.		Instability while attaching a wearable robot	Crushing, trapping, impact injuries	5.9	Applicable only to wearable robots
66.		Instability while removing a wearable robot	Crushing, trapping, impact injuries	5.9	Applicable only to wearable robots
69.	Hazardous collision	Collision with objects	Blunt force trauma, cutting/severing injuries	4.10.6 6.1.2 6.2.3	Not applicable to wearable robots.
70.		Collision with other robots	Crushing, trapping, dropped loads	4.10.6 6.1.2 6.2.3	Not applicable to wearable robots.
71.		Collision with fragile objects	Damage to the environment, dropped loads, release of harmful substances, burning (for hot fluids), cutting/severing (for sharp objects)	4.10.6 6.1.2 6.2.3	Not applicable to restraint-type wearable robots.
71.		Collision with walls, permanent/unmovable barriers	Damage to environment, release of harmful substances, burning (for hot fluids), cutting/severing (for sharp objects)	4.10.6 6.1.2 6.2.3	Not applicable to wearable robots.

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**
Table A.1 (continued)

No	Hazard item	Hazard analysis		Associated safety requirement clause	Remarks
		Hazard	Potential consequence		
73.	Hazardous physical contact during human-robot interaction	Failure to detect persons in workspace	Collision with Persons (see item 62)	4.10.7	To be considered for all functions and tasks (service/application-related and safety-related) Not applicable to wearable robots.
74.		Harmful physical reaction levels during tactile interaction	Cutting/severing, crushing, trapping	4.10.7	To be considered for all planned tactile human-robot interaction tasks. The following physical parameters of the interaction should include the following, (where relevant): — skin-robot friction — shear stress — dynamic shock — torque — arcs of centre of gravity — weight-bearing transfers — support for the human body
75.		Tactile interaction with robot parts not intended for tactile interaction	Blunt force injuries, trapping, crushing	4.10.7	
76.	Insufficient durability	Robot part failure due to insufficient durability	Other hazards	4.11	To be considered for all functions and tasks. Lack of durability can include (where relevant): — mechanical stress/fatigue — thermal cycling/fatigue — materials and their properties — vibration and other emissions — environmental conditions (normal and adverse) — normal operation — foreseeable abnormal operation (unexpected travel patterns, loads) — foreseeable misuse (e.g. overloading, vandalism)
77.	Hazardous autonomous action	Harmful action taken in performing tasks	Other hazards	4.12	A functional hazard identification analysis is required for all service robot functions and tasks (both safety-related and service/application-related)
78.	Hazardous contact with moving parts	Harmful contact with moving mechanical parts	Drawing-in, trapping, crushing, cutting	4.13	
79.	Hazards due to localization and navigation errors	Localization errors causing unexpected movement of the service robot	Crushing, trapping, impact injury, dropped loads	4.15	
80.		Localization errors causing entry of forbidden zone	Collision, crushing, trapping, impact injury, dropped loads	4.15	
81.		Localization errors causing mechanical instability	Rollover, crushing, trapping, dropped loads	4.15	
82.		Navigation errors preventing reaching of goal locations or avoiding hazardous obstacles	Collision, crushing, trapping, impact injuries, damage to environment	4.15	
83.	singularity	Singularity	Collision, crushing, impact injury, dropped loads	6.9	
84.	Blocking emergency pathways	Blocking emergency pathways	Trapping, crushing, mental stress	6.10	

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**
Table A.1 (continued)

No	Hazard item	Hazard analysis		Associated safety requirement clause	Remarks
		Hazard	Potential consequence		
85.	Low-reliability of command device	Bad/lost connection/communication to robot	Collision, crushing, impact, rollover, runaswy	6.12	
86.	Hazardous mode change	Unexpected start up	Collision, crushing, impact, rollover	6.14	
87.	hacking	Unintended movement, robot failure	Collision, crushing, impact, rollover, runaswy	6.15	
88.	Relative motion between a robot and a user	Pressure, shear stress, force	skin injury, pressure ulcer, blister, congestion	5.4	
89.	Improper attachment	Pressure, shear stress, force	skin injury, pressure ulcer, blister, congestion	5.4	
90.	Hazardous vibrations	Hazardous vibrations	endon inflammation, backache, discomfort, neurosis, arthritis, or similar disorders of any kind due to continuous use of the robot	5.5	
91.	Instability due to collision and/or contact	Instability due to collision and/or contact	Fall, crushing, fracture, severing	5.7	
92.	insufficient durability caused by cleaning and disinfection	insufficient durability (corrosion and brittle fracture) caused by cleaning and disinfection	Fall, load dropping, skin injury	5.9	
93.	Improper assistance	Assistance to an unintended direction, assistance exceeding the strength of the relevant muscle or tendon	Muscle, ligaments, joint injury	5.10	
94.	assistance exceeding the range of motion	assistance exceeding the range of motion	Joint injury	5.11	
95.	unharmonized and uncoordinated motion	two lower limbs moving in a same direction by a robot, sudden stop and locking of lower limbs while walking	Bone fracture, crushing, severing concussion by a fall	5.12	
96.	Other hazard items	Poor/inappropriate instructions and training material	Harmful events caused by user error or incorrect action	All	
97.		Reduced user control capabilities due to wearing outdoor clothing, including gloves, hats, sunglasses, boots	Reduced sensations, less accurate control, leading to harmful events caused by user error or incorrect action	All	

Annex B
(informative)**Examples of operational spaces for service robots****B.1 Mobile service robot**

A mobile robot of 200 kg is moving autonomously around in a museum. The walls of the rooms define the maximum space. The floor plan of the working area of the robot has been prepared from the museum floor plan. The robot has a work volume and movable, extending, robot arm parts that should not touch walls. This defines the restricted space. See Figure B.1.

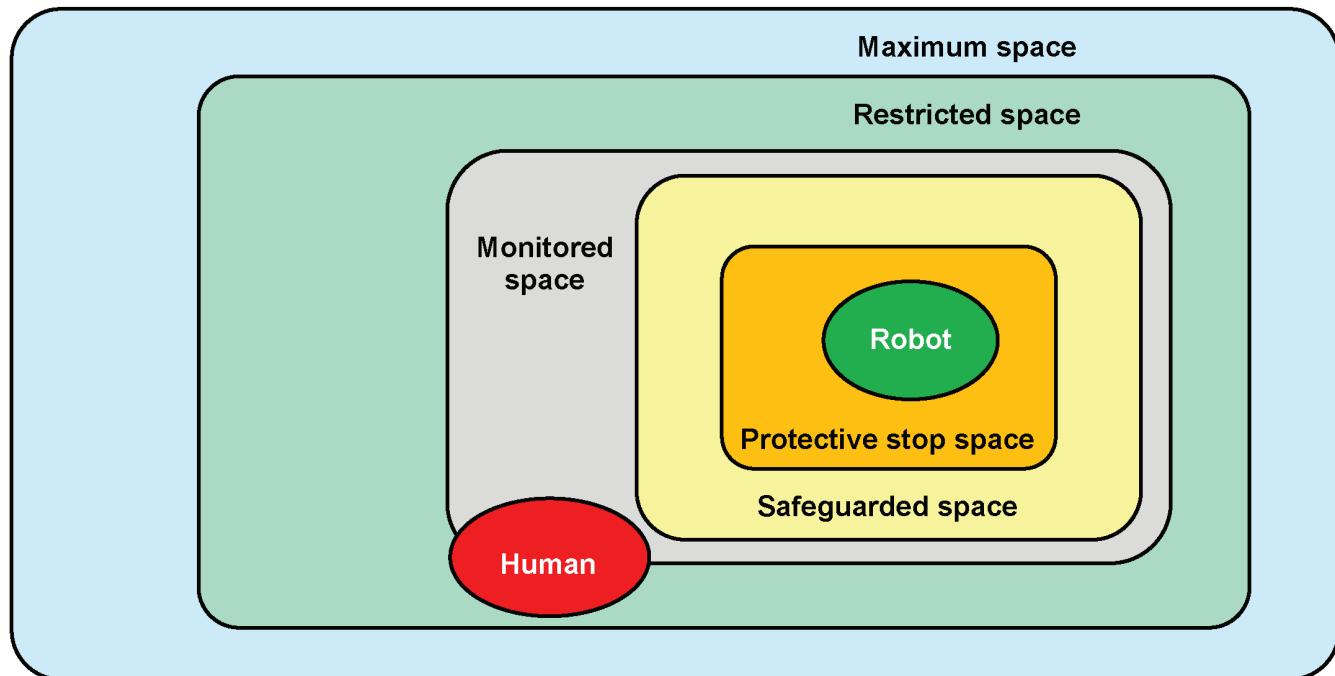


Figure B.1 — Operational spaces of an autonomous mobile robot

- The robot is only allowed in the central area of the rooms and doorways. While the robot moves autonomously, it observes the environment with its on-board sensors and via facility-mounted sensors defining the dynamic monitored space.
- While the robot moves about the room, it dynamically updates its safeguarded space and its protective stop space. As soon as a person enters the safeguarded space, the robot will reduce its speed depending on actual velocities of the robot and persons in its environment, thus maintaining safe margins to any person.
- If a person enters into the protective stop space, the robot comes to a protective stop. For this type of robot, it is important that the monitored space overlaps and covers at least the safeguarded space to ensure that the robot has all required information to plan its motions such that no collisions or dangerous situations arise.
- If a person is suddenly moving into the safeguarded space of the robot, the robot path planner issues a robot command to react immediately by recalculating a path around the moving person or stops the robot dependent upon their relative velocities.

B.2 A manipulator-type service robot

This case is comparable to an industrial robot application. The maximum space is defined by the maximum extension of the stationary robot arm and the robot has to collaborate with a human within its maximum space.

Two cases can be distinguished for this service robot.

- Manual operation: the robot is completely hand guided so that the operator has full control and manipulates all robot motion. No sensors are needed and no space definitions apply.
- Semi autonomous operation: the operator just indicates that a certain action should be executed. The robot uses sensors, and some form of path planning to perform the requested operation. The operator has control over the safety-related functions, but can be too late to react. The robot has to use sensors to identify the target (which can be a human) and the position where to perform the intended task. The receiving human is within the maximum space.

The safeguarded space is defined in the same area, where safe interaction between a person and the robot is possible at a reduced (safe) speed. The sensors actively guard the position of the person and the robot. The control can adapt the safeguarded space and the protective stop space if the person moves and the robot turns out to be in the protective stop space, the robot comes to a protective stop. See Figure B.2.

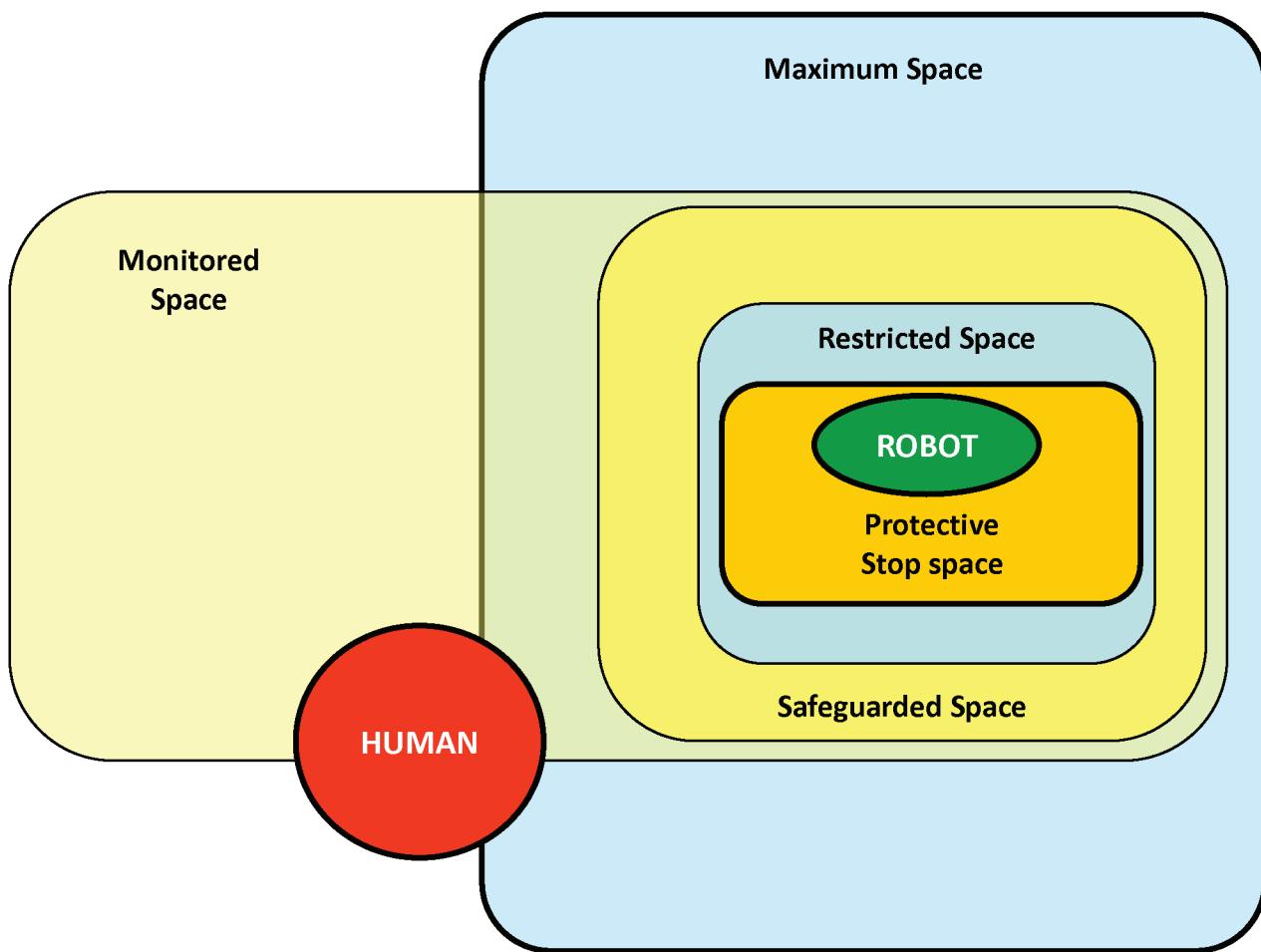


Figure B.2 — Operational spaces of a service robot with manipulator

B.3 Exoskeleton (wearable robot)

A healthy person is using an exoskeleton to reduce his/her physical work load.

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

Printed copies are uncontrolled
Two cases can exist.

- a) Manual control: the user of the exoskeleton controls all movements of the robot (suit). No environmental sensors can be needed.
- b) The robot suit is equipped with environmental sensing covering the monitored space, e.g. to avoid that the person wearing the exoskeleton accidentally walks down the stairs (hazardous surface condition). The suit can control/influence the operator. There is no maximum space defined for this application, as the person carrying the robot determines where to go. The position of the forbidden area (stairs and other hazardous surface condition) is dynamically updated in the control system of the robot while the robot moves. As a result, the safeguarded space and the protective stop space are permanently recalculated while the operator/robot moves. If a person enters the safeguarded space, it will signal the operator and reduce support in such a way that the operator safely reduces his/her speed. If the robot enters the protective stop space the robot stops safely, allowing the operator only to move in a different direction, than toward the stairs.

See Figure B.3.

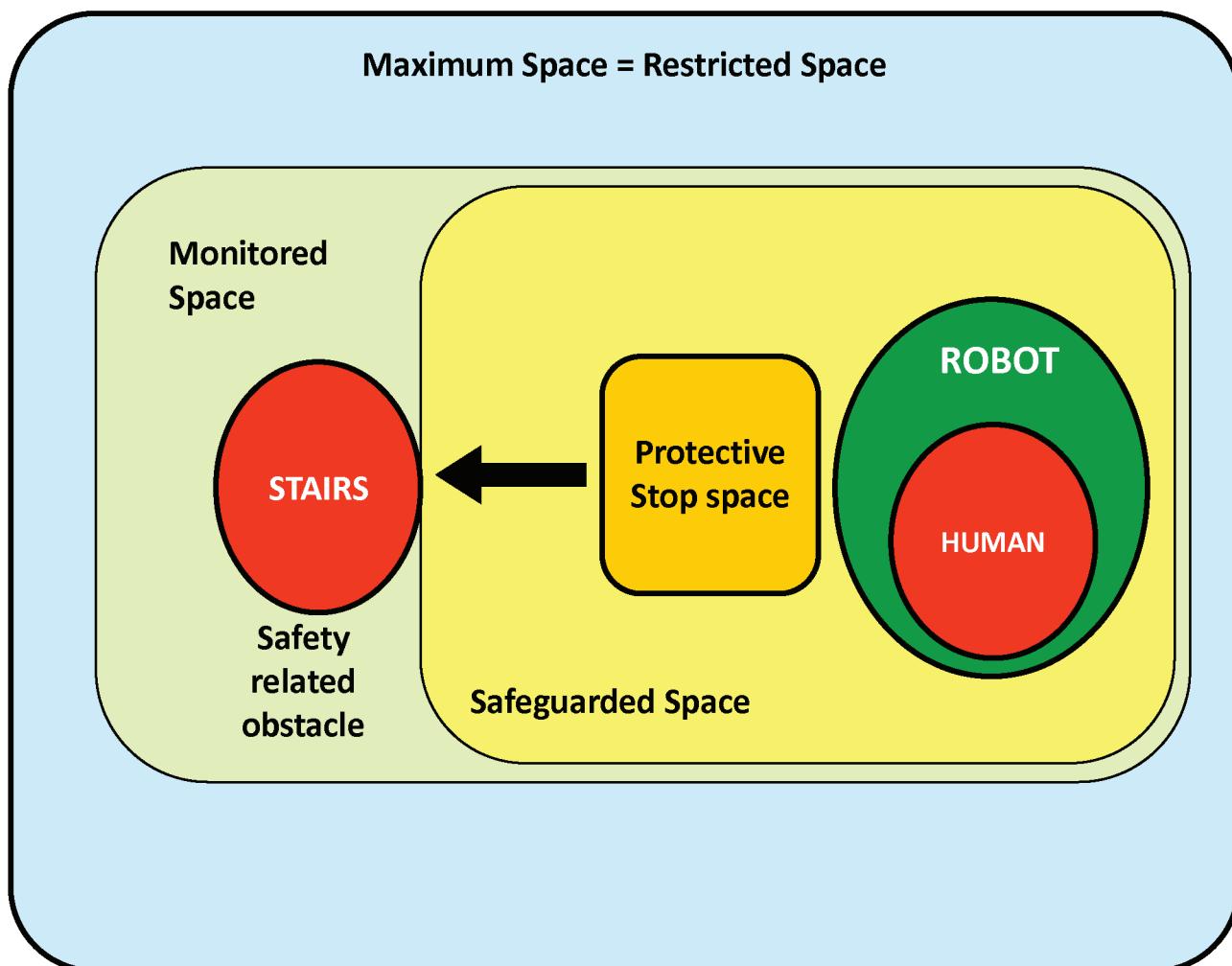


Figure B.3 — Operational spaces of a wearable robot

- Entwurf -

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

Annex C
(normative)

Safety function performance requirements

C.1 Determining safety function performance level

Table C.1 describes safety functions in terms of the triggering event and the intended result. The listed safety functions may be provided by the robot manufacturer, the integrator or service provider of the service robot(s), or a combination.

The safety functions are classified as follows:

- Mandatory: Every robot shall have this safety function;
- Conditional: Only robots that use the safety function for risk reduction shall implement this safety function with the required control system performance;
- Optional: Inclusion of this safety function is optional.

Table C.1 — Safety functions

Clause	Mandatory, conditional or optional ^a	Safety function name	Possible triggering event	Intended result unless "OR" is stated within a given group, ALL are required	default functional safety PL _r or required SIL
6.2.2.2	Optional	Emergency stop	Manual actuation of an emergency stop device	— Cease all hazardous machine functions	PL c
6.2.2.3	Mandatory	Protective stop	Actuation of a related protective device	— Control the safeguarded hazards — Causing a stop of all hazardous robot motion — Removing or controlling power to the robot drive actuators — Preventing any other hazard detected by the robot system	The level of the highest PL of triggering safety functions
6.4	<u>Conditional, if limiting operation is required for risk reduction</u>	<u>Limits to operational space(s), including forbidden area avoidance</u>	Detecting or approaching the boundary of the defined area	— Constrain robot motion within a defined volume, OR — Prevent robot from entering the defined volume	PL c <i>(if safety functions with PL d or higher exist)</i> PL b <i>(otherwise)</i>
4.15.3	<u>Conditional, if localization is used as a risk-reduction measure</u>	<u>Safety-related localization</u>	Leaving or entering a pre-defined zone	— Protective stop OR, — Navigating away from the detected obstacle	PL b

E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)

Table C.1 (continued)

Clause	Mandatory, conditional or optional ^a	Safety function name	Possible triggering event	Intended result unless "OR" is stated within a given group, ALL are required	default functional safety PL _r or required SIL
6.5	Conditional, if speed control is used as a risk-reduction measure	Safety-related speed control	Exceeding safe speed limit	— Reduce speed to safe limit or below	PL b
6.8	Conditional, if force control is used as a risk-reduction measure	Force control	Exceeding safe force limits	— Reduce forces exerted to safe limit or below	PL b
6.6	Conditional, if collision avoidance is used as a risk-reduction measure	Hazardous collision avoidance	Detection of persons or safety-related obstacle(s)	— initiating a protective stop according to clause 5.2.2.3 OR, — initiating a safe speed reduction by the means of a safety-related speed control according to clause 5.4 OR, — maintaining a separation distance to person(s) or object(s)	PL c <i>(if safety functions with PL d or higher exist)</i> PL b <i>(otherwise)</i>
6.7	Conditional, if stability control is used as a risk-reduction measure	Stability	Detecting onset of instability (e.g., due to slopes, travel surface, foreign objects caught in wheels, overloading, abrupt travel patterns)	— Prevent the robot from falling over and/or dropping loads due to loss of power — Taking appropriate action to stabilize the robot (e.g., speed, acceleration, or direction-limiting) — Restrict the workspace of a manipulator to prevent the center of gravity of the robot from exceeding the stability range	PL c <i>(if safety functions with PL d or higher exist)</i> PL b <i>(otherwise)</i>
4.2.2.3 d)	Conditional, if the contacts are accessible and hazardous (> 60 V DC or 42 V AC)	Disabling Charging Contacts	Robot not engaged with charging contacts	— Disabling of charging contacts to prevent access to hazardous energy when a robot is not connected to the charging system	PL c <i>(High severity (S2), based on risk of electric shock)</i>
4.2.2.3 e)	Optional	Supervision of correct battery charging	Abnormal battery charging condition	— Disabling battery charging	PL c
4.2.1.3, 4.2.3.3 b), 4.7.3.3 a), 4.7.3.3 b), 4.7.3.3 c)	Optional	Temperature control	Detection of temperature exceeding safety limits	— Prevention of overheating OR, — Measures for active heat control, including for the battery	PL b <i>(If risk is of burns)</i> PL c <i>(if risk is of fire)</i>

E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)

Table C.1 (continued)

Clause	Mandatory, conditional or optional ^a	Safety function name	Possible triggering event	Intended result unless "OR" is stated within a given group, ALL are required	default functional safety PL _r or required SIL
4.2.4.3 c)	Conditional, if loss of robot power can lead to a hazardous situation	Safe state upon power loss	Detection of loss of primary power to robot	— Safe shut-down in case of a discharged battery and/or impending loss of power (related mechanical hazards such as dropping of loads require a separate PL determination)	PL c Or, The level of the highest PL of triggering safety functions
4.3.3 c), d)	Mandatory	Start-up	Initiation of start-up procedure	— Safe start-up of robot, including disabling moving parts until conditions are safe and/or user action	PL b
4.7.4.3 a), 4.7.4.3 b), 4.7.4.3 c)	Optional, Mandatory if robot uses functional safety for laser(s)	Safety-related active laser control	Activation of laser(s)	— Mitigation of hazardous non-ionizing radiation — Avoiding multiple lasers simultaneously projecting to the same body part — Avoiding laser projecting into an eye — Lowering laser power	PL b (if laser class 3b or 4)
4.10.3.3 b)	Conditional, if there are elevation changes in the robot's operating environment	Stability during elevation change	Detection of a change in elevation of the travel surface (e.g., step or stair)	— Prevention of robot falling or rolling over due to elevation change	PL c (if safety functions with PL d or higher exist) PL b (otherwise)
4.10.4.3 d)	Conditional, if robot is intended to carry load(s)	Safety-related load sensing	Detection of a load intended to be carried, moved, or manipulated by the robot	— Prevention of robot instability due to presence or shifting of load — Prevention of robot falling due to presence or shifting of load — Prevention of robot rolling over due to presence or shifting of load	PL b
6.11	Optional	Interoperability with external SRP/CS	Detection of signal(s) from external SRP/CS in the robot's environment	— Safe interoperability and interaction with external SRP/CS of other moving equipment in the robot's environment	PL of highest safety function that is connected to the related signal
6.14	Conditional, if robot is capable of operating in more than one mode	Selection of operational mode	Activation of the selected mode	— Activation of the selected mode and its safety functions appropriate for each mode — Separate action required for resuming operation	PL of highest safety function that is activated or deactivated when operational modes are changed

C.2 Parameters and thresholds for risk estimation to determine safety function performance

When performing a comprehensive risk assessment according to Clause 4.1, the applicable risk parameters should be used in the risk estimation.

There are several methods to determine the required performance level of safety function(s) and the prescription of a certain method will result in an unacceptable burden to the manufacturer. This annex contains ranges and thresholds of the parameters commonly used for determining required safety function performance (PLr or SIL).

If a particular methodology for determining required performance of the safety function does not use some of the parameters listed below, the ranges and thresholds for those parameters do not apply.

C.2.1 Parameters

C.2.1.1 Elements of risk

According to ISO 12100:2010, the risk associated with a particular hazardous situation depends on the following:

- a) severity of harm;
- b) probability of occurrence of that harm, which is a function of:
 - 1) Exposure: The exposure of person(s) to the hazard;
 - 2) Probability: The likelihood of occurrence of a hazardous event;
 - 3) Avoidance: The technical and human possibilities to avoid or limit the harm.

For the application of this Annex, the parameters and ranges should be considered for each identified hazardous situation or hazardous event.

C.2.1.2 Severity of the harm

C.2.1.2.1 Ranges for the estimation of the severity of the harm

S1 MINOR:	No injury or negligible injury which normally does not require more than first aid methods and equipment and not necessarily with the help of trained personnel.
S2 MODERATE:	Injuries which can be treated with the help of trained medical personnel, but usually does not require hospitalisation, and full recovery is expected.
S3 SERIOUS:	Injuries which normally require hospitalisation and can lead to minor impairments or partial (but not total) loss of function or damage of parts of the human body
S4 CATASTROPHIC:	Injuries which lead to the death of one or more persons or injuries which lead to a permanent impairment or loss of parts of the body, limbs, or senses/abilities.

NOTE It is possible to combine severity ranges into 2 or 3 ranges for methodologies that only use 2 or 3 levels of severity. See also Annex D.

C.2.1.2.2 Parameters for injury severity

Table C.2 contains example descriptions of injury severity levels. Specific thresholds for force, pressure, and other variables that correspond to each injury severity level can differ between two service robots, and from industrial robots, if the exposed populations, use cases, system architectures are different.

EXAMPLE The force or pressure that could cause finger amputation for a child may differ from threshold for an adult. Similarly, the contact force threshold for injury may differ based whether it is a static contact or has shearing motion.

- Entwurf -

E DIN EN ISO 13482:2024-10 ISO/DIS 13482:2024(en)

An active research area within industry and academia is to determine thresholds that correspond to different injury levels. Robot integrators or service providers should use relevant data when assessing the risk for their exposed populations, applications, and technologies.

NOTE ISO TC 299/WG 8 has recently been formed to review how contact forces or pressures may correspond to different pain or injury levels. Future output from this group may be relevant when assessing risks and defining thresholds.

- Entwurf -**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)****Table C.2 — Examples for determining severity parameters**

Injury severity parameters and ranges	Injury Type	Injury Type	Minor (S1)	Moderate (S2)	Serious (S3)	Catastrophic (S4)
Mechanical	Lacerations or Amputations**	Minor/superficial cuts requiring bandaging treatment; typically caused by:	Lacerations not requiring sutures or other closure in lieu of sutures or partial blindness typically caused by: — stationary blunt surfaces; — blunt edges with low loads.	Lacerations requiring sutures or other closure in lieu of sutures or partial blindness typically caused by: — stationary sharp edges; — blunt, sharp edges.	Lacerations requiring sutures or other closure in death or permanently disabling injury such as blindness. E.g. amputation of hands, feet, arms, legs, or loss of eyes — flying projectiles; — stationary sharp edges; — blunt, sharp edges.	Lacerations or amputation that could result in death or permanently disabling injury such as blindness. E.g. amputation of hands, feet, arms, legs, or loss of eyes
Mechanical continued	Fractures	Contusions and skin abrasions: — no physical signs are typically caused by low loads — physical signs of contusions and skin abrasions typically caused by moderate loads.	Fracture of small bones*, typically caused by moderately high loads. * For example: — extremities (finger, toe, hand, foot) — single rib bone — nose — tooth	Fracture of long bones in arms, legs or fracture of the skull or spine*, typically caused by higher loads and not leading to permanent disabling injury, e.g. tetraplegia. * For example: — wrist — arm	Fracture of long bones in arms, legs or fracture of the skull or spine*, typically caused by high loads and could result in death or permanently disabling injury, e.g. tetraplegia. * For example, fracture of spinal column.	Fracture of long bones in arms, legs or fracture of the skull or spine*, typically caused by high loads and could result in death or permanently disabling injury, e.g. tetraplegia. * For example, fracture of spinal column.

Δ. * BURNS:

See ISO 13732-1:2006 for data on burn thresholds of contact with hot surfaces.. See ISO 13732-3:2005 for methods of assessment of human responses to contact with cold surfaces. ** ERGONOMICS: See ISO/TR 22100-3 for guidance on implementation of ergonomic principles.

- Entwurf -**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)****Table C.2 (continued)**

Injury severity parameters and ranges	Injury Type	Minor (S1)	Moderate (S2)	Serious (S3)	Catastrophic (S4)
Hazard Type					
Mechanical continued	Crushing	Temporary deformation of small body parts (e.g. ears, nose) without impairing effect	Temporary deformation of other* body parts without impairing effect *For example: — extremities (fingers, toe, hand, foot) — elbow — ankle — wrist — forearm — leg — shoulder — trachea — larynx — pelvis	Permanent deformation of small body parts or other body parts* with impairing effect. *For example: — extremities (fingers, toe, hand, foot) — elbow — ankle — wrist — forearm — leg — shoulder — trachea — larynx — pelvis	Permanent deformation of critical body parts* with impairing effect or death. *For example: — spinal cord — mid-low neck — chest (massive crushing) — brain stem
	Bruising (abrasion, contusion, swelling, edema)	Contusions and skin abrasions:	Abrasions of larger surfaces (not superficial); > 25 cm ² on face;	Bruising of internal organs:	Bruising of the

^{Δ, *} BURNS:

See ISO 13732-1:2006 for data on burn thresholds of contact with other materials and for methods of assessment of human responses to contact with hot surfaces.. See ISO 13732-3:2005 for methods of assessment of human responses to contact with cold surfaces. ** ERGONOMICS: See ISO/TR 22100-3 for guidance on implementation of ergonomic principles.

- Entwurf -**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)****Table C.2 (continued)**

Injury severity parameters and ranges	Injury Type	Minor (S1)	Moderate (S2)	Serious (S3)	Catastrophic (S4)
Hazard Type <i>(Note: Source for cm² values is Table 3 of Official Journal of the European Union)</i>		<p>— no physical signs</p> <p>— physical signs, superficial: ≤ 25 cm² on face; ≤ 50 cm² on body.</p>	> 50 cm ² on body.	<p>— any bruising of the following organs:</p> <ul style="list-style-type: none"> — trachea; — heart; — brain; — lung with blood or air in chest (pneumothorax); — minor bruising of other internal organs. 	<p>— brain stem</p> <p>— spinal cord causing paralysis</p>
Mechanical continued	Dislocation	Not applicable	<p>— extremities (finger, toe, hand, foot);</p> <p>— elbow;</p> <p>— loosening of a single tooth.</p>	<p>— ankle;</p> <p>— wrist;</p> <p>— shoulder;</p> <p>— hip;</p> <p>— knee;</p> <p>— jaw;</p> <p>— spine if no injury to the spinal cord and to the nerves.</p>	<p>— Spine;</p> <p>— spinal column,</p>

Δ.* BURNS:

See ISO 13732-1:2006 for data on burn thresholds of contact with other materials and for methods of assessment of human responses to contact with hot surfaces.. See ISO 13732-3:2005 for methods of assessment of human responses to contact with cold surfaces. ** ERGONOMICS: See ISO/TR 22100-3 for guidance on implementation of ergonomic principles.

- Entwurf -**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)****Table C.2 (continued)**

Injury severity parameters and ranges		Injury Type				Injury Type				Injury Type				Injury Type			
Hazard Type	Piercing, puncturing	Minor (S1)		Moderate (S2)		Serious (S3)		Catastrophic (S4)		Injury Type		Injury Type		Injury Type		Injury Type	
		Limited depth, only skin involved	— deeper than skin;	— abdominal wall (no organ involvement).	— eye (with no permanent loss of sight);	— involvement of internal organs;	— chest wall.	— aorta;	— heart;	— bronchial tube;	— deep injuries in organs, e.g. liver, kidney, bowel.						
Entrapment/pinching	Minor pinching																
Concussion	Not applicable			Person does not lose consciousness		Person loses consciousness											
Sprain, strain, musculo-skeletal disorder	— extremities — joints; — spine (no dislocation or fracture).	Knee ligaments strain	— ligament or tendon rupture or tear * — muscle tear *	—	— ligament or tendon rupture or tear * — muscle tear *	—	—	— If leading to permanent significant functional losses: — ligament or tendon rupture or tear; — muscle tear; — whiplash.	—	—	—	—	Coma				
Mechanical, specific	Eye injury, foreign body in eye	Temporary pain in eye without need for treatment	Temporary loss of sight	Temporary impairment of hearing	Temporary impairment of hearing	Partial loss of sight	Partial loss of sight (one or both eyes)										
	Hearing injury, foreign body in ear	Temporary pain in ear without need for treatment						Complete loss of hearing (one or both ears)									
Electrical	Electrical shock affecting the human body Parameters include:	No physical signs but threshold of feeling;	Pain or awareness of electrical shock	Breathing issues, loss of consciousness, or minor burns	Breathing difficulties / unconsciousness at 30 mA;	—	Serious impairment or stopping of breathing or heart, major burns, or death										
		— current & voltage, resistance;	— discomfort or tingling sensation can be felt at 1 - 2 mA.	— painful shock at 3 mA; — muscle contractions at 5 mA;	— severe burns ^A and muscle contractions can occur at range of 200 mA to 300 mA.	—	— heart fibrillation can occur at range of 50 mA to 100 mA (fatal if continued);	—	— major burns ^A and irreversible body damage at several amps;	—	— death with prolonged exposure at less than 1 A.						
		— path through the body;															
		— duration of contact;															
		— individual's health;															
		— promptness of first aid.															

^A, * BIRNS:
See ISO 13732-1:2006 for data on burn thresholds of contact with other materials and for methods of assessment of human responses to contact with hot surfaces.. See ISO 13732-3:2005 for methods of assessment of human responses to contact with cold surfaces. *** ERGONOMICS: See ISO/TR 22100-3 for guidance on implementation of ergonomic principles.

E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)

Table C.2 (continued)

Injury severity parameters and ranges	Injury Type	Minor (S1)	Moderate (S2)	Serious (S3)	Catastrophic (S4)
Hazard Type					
Thermal ^Δ	Burns^Δ by contact with hot surfaces* (The severity of injury is relative to the following:	1 st degree burns ^Δ up to 100 % of body surface. 2 nd degree burns ^Δ up to 6 % of body surface.	2 nd degree burns ^Δ of 6-15 % of body surface.	2 nd degree burns ^Δ of 16-35 % of body surface. 3 rd degree burns ^Δ of body surface up to 35 % of the body surface. Inhalation burn.	2 nd or 3 rd degree burns ^Δ on over 35 % of the body surface. Inhalation burn requiring respiratory assistance.
	— amount of body surface area;				
	— duration of exposure;				
	— temperature of the hot surface;				
	— thermal conductivity				
	ISO 13732-1:2006 provides guidance about injuries due to contact with hot surfaces.				
	ISO 13732-3:2005 provides guidance about injuries due to contact with cold surfaces.				
	Burn^Δ by contact with vapours or splash of viscous material^Δ Vapor exposure assumes instantaneous contact; viscous materials assume continuous contact greater than 1 s.	1 st degree burns ^Δ .	2 nd degree burns ^Δ .	3 rd degree burns ^Δ on skin surface areas less than 1 % of the body. Inhalation burns ^Δ .	3 rd degree burns ^Δ on skin surface areas on 1 % or more of the body, e.g., palm of hand: — 3 rd degree burns ^Δ ; — inhalation burns ^Δ requiring respiratory assistance.
Vibration		For hand-guided control (HGC), according to ISO 20643.			
Ergonomics		According to the ISO 15534:2000 series. ***			
Hazards of the environment	Excluded				
Combination of hazards	Can only consider combinations of hazards that are included in the scope of this standard. The severity of combinations of hazards should be considered using the ranges for each individual hazard.				

^{Δ, *} BURNS:

See ISO 13732-1:2006 for data on burn thresholds of contact with other materials and for methods of assessment of human responses to contact with hot surfaces. *** ERGONOMICS: See ISO/TR 22100-3 for guidance on implementation of ergonomic principles.

E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)

C.2.1.3 Exposure to hazard

C.2.1.3.1 Determination of range of exposure

One of the two following methods should be used to determine the exposure to the hazard:

- a) Where the exposure is determined by estimation without frequency and duration exposure parameters, according to C.2.1.3.2; or
- b) When considering frequency and duration exposure parameters, use either:
 - Range determination according to C.2.1.3.3 (Table C.3); or
 - Range determination for risk estimation methods without exposure parameters according to C.2.1.3.4.

C.2.1.3.2 Ranges of the exposure to hazard

The exposure to the hazard results from the combination of the frequency, the duration of the exposure to the hazard and the number of persons who could be affected. The following ranges should be applied:

- **E1** **LOW** The exposure is seldom and the accumulated duration is short (< 1/20 of the total operational time);
- **E2** **HIGH** The exposure is often, or the accumulated duration is long.

C.2.1.3.3 Type of interaction and exposure parameters

Where the risk estimation method uses parameters for the determination of the Exposure, Table C.3 should be applied for the intended interaction of the operator(s).

- **Group A** Occasional, not cyclic or regular interaction.
- **Group B** Cyclic interaction while the machine is operating (e.g. for loading or unloading), or regular interaction (e.g. cleaning, tool changing, etc.) but while the machine is not operating.
- **Group C** Constant interaction required during machine operation.

Table C.3 — Examples for determining exposure parameters

Element of risk according to ISO 12100:2010	Parameter	Application Group A: seldom interaction	Application Group B: cyclic interaction	Application Group C: constant interaction	Range
Exposure	Frequency	$F \leq \frac{2}{48 \text{ h}}$	$\frac{2}{48 \text{ h}} < F < \frac{2}{8 \text{ h}}$	Not applicable	Low
		Refer to Group B →	$\frac{2}{8 \text{ h}} \leq F < \frac{20}{8 \text{ h}}$	Not applicable	Medium
		Refer to Group B →	$\frac{20}{8 \text{ h}} \leq F$	$\frac{20}{8 \text{ h}} \leq F$	High
	Duration¹	Maximum 1 h total per week	$T < 1 \text{ min}$	Not applicable	Short
		Refer to Group B →	$1 \text{ min} \leq T < 3 \text{ min}$	Not applicable	Medium
		Refer to Group B →	$T \geq 3 \text{ min}$	$T \geq 3 \text{ min}$	Long
	Number of persons exposed	Certain persons are exposed but are not related to any specific task			Some
		One person exposed			One
		More than one person exposed			More than 1

C.2.1.3.4 Range determination for risk estimation methods without exposure parameters

Where the risk estimation method applied does not consider separately the frequency and duration of the exposure as well as the number of persons exposed, Formula C.1 may be applied:

$$E = F \times D \times N_r \quad (\text{C.1})$$

where

E is the resulting exposure value in min/48 h

F is the frequency is number of exposures in a 48 h period

D is the duration of each single exposure (in minutes)

N_r is a factor for the number of persons exposed:

$N_r = N \times 0,2$ where N -persons are exposed but are not related to any specific task;

$N_r = 1$ where one person is exposed to the hazard;

$N_r = N$ where N -persons are exposed.

For the following values, the exposure should be considered as high (**E2**):

$E > 144$ min/48 h; or

$F > 4/\text{h}$.

Otherwise, the exposure may be considered as low (**E1**).

NOTE According to ISO 13849-1:2023, Annex A, A.3.2: 144 m per 48 h corresponds to 1/20 of the operational time, for a maximum of 48 h (8 h shifts in 6 days).

C.2.1.3.5 Probability of occurrence**C.2.1.3.5.1 Ranges of the probability of occurrence**

The probability of occurrence can be due to, but not limited to the following:

- machine malfunctions (including the control system);
- jams;
- properties of the materials used during provision of service; or
- inappropriate human behaviour.

For the probability of occurrence, the following ranges should be applied:

- | | | |
|-----------|----------------|--|
| 01 | LOW: | Hazardous events, which lead to the assumed harm (injury), are seldom and are not foreseeable. |
| 02 | MEDIUM: | Hazardous events, which lead to the assumed harm (injury), are seldom, but foreseeable |
| 03 | HIGH: | Hazardous events, which lead to the assumed harm (injury) are expected to occur. |

C.2.1.3.5.2 Determination of range of probability of occurrence

The following parameters should be used in determining the probability of occurrence:

- a) system robustness;

- Entwurf -**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

- b) incident history; and
- c) likelihood of assumed harm/damage occurring during the event.

Depending on the availability of accurate and statistically reliable data about parameters a) through c), the probability of occurrence is determined. The probability of the occurrence of a hazardous situation or a hazardous event may be estimated if reliable and confident data are available (see ISO 12100:2010, 5.5.2.3.2). When the service robot application risks are comparable to those of similar machinery according to ISO 12100:2010, 5.6.3, data for the similar machinery can be applied provided data are confident and reliable.

NOTE See ISO 12100:2010, 5.2 for further guidance about the reliability of data.

- When the applied risk estimation method considers parameters for probability of occurrence and accurate and statistically reliable data are available for all the parameters (system robustness, incident history and harm/damage likelihood), the probability of occurrence may be determined, according to C.2.1.3.5.3 (Table C.4);
- When the applied risk estimation method considers parameters for probability of occurrence and accurate and statistically reliable data is not available or not known for one (1) of the parameters (system robustness, incident history and harm/damage likelihood), the probability of occurrence should be determined according to C.2.1.3.5.4 (Table C.5);
- When accurate and statistically reliable data are not available or not known for more than one of the parameters (system robustness, incident history, and harm/damage likelihood), the probability of occurrence should be considered as High (O3).

C.2.1.3.5.3 Parameters for the probability of occurrence

The occurrence of a hazardous event influences the probability of occurrence of harm. The factors in Table C.4 should be used when estimating the occurrence of a hazardous event and there are confident and reliable data for the parameters listed in C.3.4.2. For the estimation of the probability of occurrence, Table C.4 and Table C.5 should be applied.

Table C.4 — Examples for determining probability of occurrence parameters

Element of risk according to ISO 12100:2010	Parameter	Consideration of confident and reliable data	Range
Probability of Occurrence	System robustness	System availability >95 % of the operation time	Not prone to trouble
		System availability <95 % of the operation time	Prone to trouble
	Incident history	Near 0 %	No incident
		<3 % of running systems	Seldom any incidents
		>3 % of the running systems	Several incidents
	Harm / damage likelihood	≤ 3 %	Seldom
		>3 % to 70 %	Possible
		>70 %	Will Happen

C.2.1.3.5.4 Range determination for risk estimation methods without occurrence parameters or data

Where the risk estimation method does not consider one of the parameters (system robustness (SR), incident history (IH) and harm/damage likelihood (DL)) or where no accurate and statistically reliable data are available for one or more of those, Table C.5 should be applied for the limitation of the range for the probability of occurrence.

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**
Table C.5 — Limitation of the probability of occurrence for missing or unknown data for one (1) parameter

Limitation of probability of occurrence due to lack of confident and reliable data			
SR	IH	DL	Lowest allowed probability of occurrence
1	1	1	O1 = Low
0	1	1	
1	0	1	O2 = Medium
1	0	0	
1	0	0	
0	1	0	
0	0	1	O3 = High
0	0	0	

KEY

SR System robustness IH Incident history
 DL Harm/ damage likelihood
 0 = data unavailable or parameter unknown
 1 = data available or parameter known

C.2.1.4 Possibility of avoidance (AP) or limiting of the harm

C.2.1.4.1 Ranges of the possibility of avoidance (AP) or limiting of the harm

For the possibility of avoidance, the following ranges should be applied;

- **A1 AVOIDABLE**

The conditions that allow the avoidance of harm are almost always present, e.g. as skilled workers, very slow movements, infrequent intervention, low-complexity processes, and no sudden or unexpected movements with high acceleration.

- **A2 REASONABLY AVOIDABLE**

Some conditions that allow the avoidance of harm are present but not always, e.g. as skilled workers, slow movements, infrequent intervention, low-complexity processes, and no sudden or unexpected movements with high acceleration.

- **A3 NOT AVOIDABLE**

The avoidance is nearly impossible due to the lack of indication or awareness of the hazardous situation, e.g. fast hazardous events, insufficient surrounding space for evasion, high complexity processes, and/or the effect of routine on hazard awareness.

C.2.1.4.2 Determination of range of avoidance or limiting of the harm

- When the applied risk estimation method considers operator skill / information (OS), the hazard perception (HP), and the possibility of avoidance (AP), the method according to C.2.1.4.3 (Table C.6) should be used to determine the range for the possibility of avoidance or limiting of the harm;
- When the applied risk estimation method does not consider operator skill / information (OS), the hazard perception (HP), or the possibility of avoidance (AP), the method according to C.2.1.4.4 (Table C.7) should be used to determine the range for the possibility of avoidance or limiting of the harm;

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

C.2.1.4.3 Range determination for methods considering harm avoidance parameters

The determination of the possibility to avoid the harm should consider, for all persons present:

- awareness of the presence of the hazard, e.g., a moving robot,
- the foreseen mental ability to understand the situation,
- the foreseen physical ability to react appropriately,
- the speed at which the hazard or the hazardous situation can appear,
- the surrounding space which can improve (or hinder) the avoidance of the harm, and
- other circumstances which depend on the specific robot application.

NOTE 1 Avoidability considerations can exclude the presence of persons with certain mental and physical limitations but also persons being temporarily incapacitated, e.g., drunk or asleep, from the manufacturer's intended operating environmental conditions.

For the estimation of the possibility of avoidance, Table C.6 should be applied:

Table C.6 — Examples for determining harm avoidance parameters

Element of risk according to ISO 12100:2010	Parameter	Consideration of confident and reliable data	Range
	Operator skill and information (OS)	Skilled persons who are informed about the risks associated with the task	Skilled
		Unskilled persons who are informed about the risks associated with the task	Unskilled
		No operator is required for the task(s). Exposed persons are unskilled or uninformed.	Unattended
	Hazard perception (HP)	Warnings and signs available and hazards easy to perceive	Easy
		Warnings and signs NOT available BUT hazards are easy to recognize and perceive OR Warnings and signs available BUT hazards are difficult to perceive	Possible
		No warnings or signs available AND hazards are difficult to perceive	Difficult

- Entwurf -**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)****Table C.6 (continued)**

Element of risk according to ISO 12100:2010	Parameter	Consideration of confident and reliable data	Range
Harm avoidance or limiting of harm	Possibility of avoidance (AP)	<p>Possibility to avoid by limiting:</p> <p>For Manipulators:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Movement speed(s) < 150 mm/s and/or — Acceleration < 150 mm/s² (suddenness); <p>Clearance for endangered body parts according to ISO 13854:2017 with a 1.1 multiplier</p> <p>For Mobile Platforms:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Travel Speed < 300 mm/s AND — Distance < 500 mm from the person OR, — Travel Speed < 1 600 mm/s AND — Distance is ≥ 500 mm AND — Mobile robot is Visible ≥ 3 000 mm away 	A1, Avoidable
		<p>Possibility to avoid by limiting:</p> <p>For Manipulators:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Movement speed(s) < 250 mm/s and/or — Acceleration < 250 mm/s² (suddenness); <p>Clearance for endangered body parts according to ISO 13854:2017 with a 1.5 multiplier</p> <p>For Mobile Platforms:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Travel Speed < 300 mm/s AND — Distance < 500 mm from the person OR, — Travel Speed < 1 600 mm/s AND — Distance is ≥ 500 mm AND — Mobile robot is Visible ≥ 3 000 mm away 	A2, Reasonably Avoidable
		<p>For Manipulators:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Movement speed(s) ≥ 250 mm/s or — Acceleration ≥ 250 mm/s² (suddenness) <p>For Mobile Platforms:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Travel Speed ≥ 300 mm/s AND — Distance < 500 mm from the person OR, — Travel Speed ≥ 1 600 mm/s AND — Distance is ≥ 500 mm AND — Mobile robot is Visible < 3 000 mm away 	A3, Not Avoidable

C.2.1.4.4 Range determination for methods not considering harm avoidance parameters or where some parameters are unknown

Where the risk estimation method does not consider the operator's skill and information (OS), the hazard perception (HP) or the possibility of avoidance (AP), Table C.7 should be applied for the limitation of the range.

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**
Table C.7 — Limitation of the possibility of avoidance (AP) or limiting the harm for unknown parameters

Limitation of probability of occurrence due to lack of confident and reliable data			
Operator skills & information (OS)	Hazard perception (HP)	Possibility to avoid (AP)	Avoidability
1	1	1	A1 = Avoidable
1	0	1	
1	1	0	A2 = Reasonably avoidable
1	0	0	
0	1	1	
0	0	1	A3 = Not avoidable
0	1	0	
0	0	0	

0 = data unavailable or parameter unknown
1 = data available or parameter known

**Annex D
(informative)****Example of determination of the PLr or required SIL from risk estimation parameters of Annex C, C.2****D.1 General**

Determination of the PLr or required SIL of a safety function can be based on the results of risk estimation process using the parameters and thresholds described in Annex C, C.2. For the application of the risk estimation parameters, different risk assessment processes use different terminology. Table D.1 shows a comparison (not an equivalency) of the terminology used in different risk estimation methodologies.

Table D.1 — Comparison of parameters for risk elements used in applicable standards and technical reports

Risk element according to ISO 12100:2010	Annex C	ISO 13849-1:2023, Annex A	IEC 62061:2024, Annex A	ISO/FDIS 10218-2, Annex C
Severity of harm	Severity of the harm S1, S2, S3, S4	Severity of injury S1, S2	Severity Se1, Se2, Se3, Se4	Severity of injury S1, S2, S3, S4
Exposure of person(s) to the hazard	Exposure to hazard E1, E2	Frequency and/or exposure to hazard F1, F2	Frequency and duration Fr2, Fr3, Fr4, Fr5	Exposure to the hazard E1, E2
Occurrence of a hazardous event	Probability of occurrence O1, O2, O3	Not applicable <i>If comparing, use highest (O3 or Pr3)</i>	Probability of hazardous event Pr1, Pr2, Pr3, Pr4, Pr5	Probability of occurrence O1, O2, O3
Possibility to avoid or limit the harm	Possibility of avoidance or limiting the harm A1, A2, A3	Possibility of avoiding hazard or limiting harm P1, P2	Avoidance Av1, Av3, Av5	Possibility of avoidance or limiting the harm A1, A2, A3

There are many methods and tools available for risk estimation and for the determination of the PLr or required SIL. A few examples are shown in this Annex.

NOTE ISO/TR 23482-1 and ISO/TR 23482-2 contain test methods and application guide, respectively, for the previous edition of this standard. An updated version will be prepared; however, the 2014 edition could be helpful reference material.

D.2 Examples**D.3 Example 1 – based on ISO 12100:2010**

PLr is estimated from results of risk estimation described in Annex C, C.2, as shown in Table D.2.

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**
Table D.2 — PL_r assignment matrix

Severity	Exposure	Avoidance	Occurrence		
			01	02	03
S1	E1	A1	a	a	a
		A2	a	a	a
		A3	a	a	a
	E2	A1	a	a	a
		A2	a	a	b
		A3	a	b	c
S2	E1	A1	a	a	a
		A2	a	a	b
		A3	a	b	c
	E2	A1	a	a	b
		A2	a	b	b
		A3	b	b	c
S3	E1	A1	b	c	c
		A2	c	c	c
		A3	c	c	d
	E2	A1	c	d	d
		A2	d	d	d
		A3	d	d	e
S4	E1	A1	d	d	d
		A2	d	d	d
		A3	d	d	e
	E2	A1	d	e	e
		A2	e	e	e
		A3	e	e	e

D.4 Example 2 – based on IEC 62061:2024

The required SIL is estimated from the results of risk estimation using parameters and thresholds described in Annex C, C.2, as shown in Table D.3 and Table D.4 below.

Table D.3 — Parameters used to determine required SIL

Frequency and duration of exposure (Fr)		Probability of occurrence of hazardous event (Pr)		Probability of avoiding or limiting harm (Av)	
Fr > 1 year	2	Negligible	1	Likely	1
2 weeks < Fr ≤ 1 year	3	Rarely	2	Possible	3
24 h < Fr ≤ 2 weeks	4	Possible	3	Impossible	5
1 h < Fr ≤ 24 h	5	Likely	4		
Fr ≤ 1 h	5	Very high	5		

The required SIL is calculated by Formula D.1:

$$\text{Required SIL} = (\text{Fr} + \text{Pr} + \text{Av}) \quad (\text{D.1})$$

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

EXAMPLE With a Se (Severity of 3, Fr of 4, Pr of 3 and Av of 5, then the Required SIL would be:

Required SIL = Fr + Pr + Av = 4 + 5 + 5 = 12, which is SIL 2 according to E.4.

Table D.4 — Claim Limit (CL) to SIL assignment matrix

Consequences	Severity Se	Required SIL = (Fr+Pr+Av)				
		3~4	5~7	8~10	11~13	14~15
Reversible, first aid	1					SIL1
Reversible, medical attention	2				SIL1	SIL2
Permanent, losing fingers	3			SIL1	SIL2	SIL3
Death, losing an eye or arm	4	SIL2	SIL2	SIL2	SIL3	SIL3

- Entwurf -

E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)

Annex E
(informative)

Example of the implementation of a safeguarded space

This annex introduces an example application of service robot, based on definitions 3.16.1 to 3.16.5 of safety-related spaces (Figure E.1) and Figure E.2, with typical safeguarding measures taken while achieving the goals of the human-robot coexistence systems. The example is concerned with collision avoidance as stated in 4.10.5. The same safety-related space definitions are applied in these applications.

Figure E.2 shows a mobile service robot with a manipulator which possesses an obstacle avoidance capability using safety-related speed control. A relative speed is accounted for in this application. It is possible to compute, by taking the net detected approaching speed of the object v_O into account, the velocity of the robot v_R , from the angular speed ω and the speed component of the robot v_{req} in the human's approach direction which satisfies Equation (E.1):

$$v_{req} \leq \frac{d-S_O}{T} - v_O, \text{ when } d-S_O > 0 \quad (\text{E.1})$$

where T is the system response time required for detecting the velocity of the human and reducing the velocity of the robot, d is the distance of the human from the robot (centre), and the minimum distance S_O is calculated as described in 4.9.6.3 a). Note at this point that if the robot is controlled in a rigorous manner to keep the reference distance from a person, it can end up with being controlled to back up when the person approaches it at such a relative speed to result in the condition of $\frac{d-S_O}{T} < v_O$. Finally, when the human further approaches to the robot at a distance of $d = S_O$, the robot is controlled to make a protective stop. The motion of both the robot and a human can be represented in vector form. Moreover, it is needless to say that in the safeguarded space, the robot speed should be kept to be reduced to an elaborately predetermined small amount v_{min} if the robot system cannot detect the velocity of the human successfully.

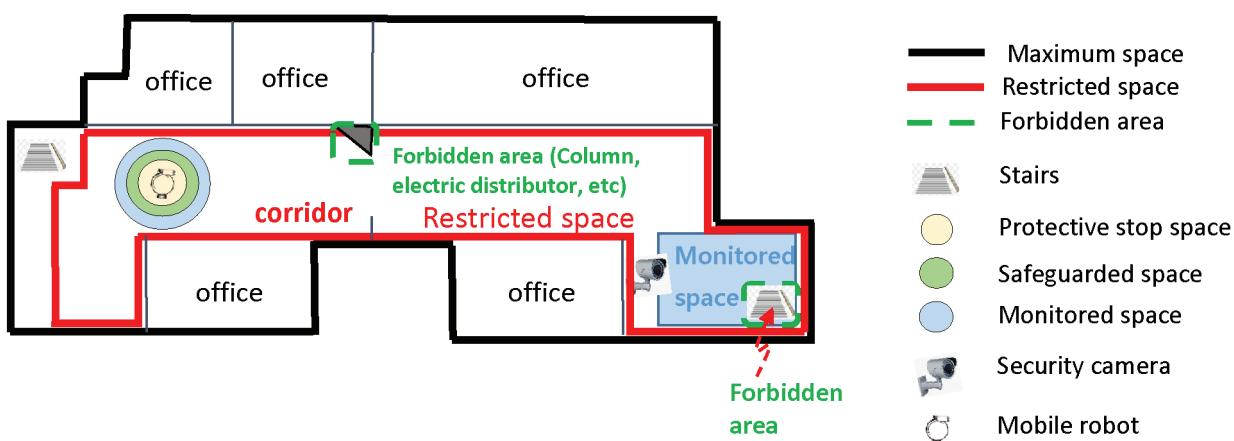


Figure E.1 — Service robot safety-related spaces

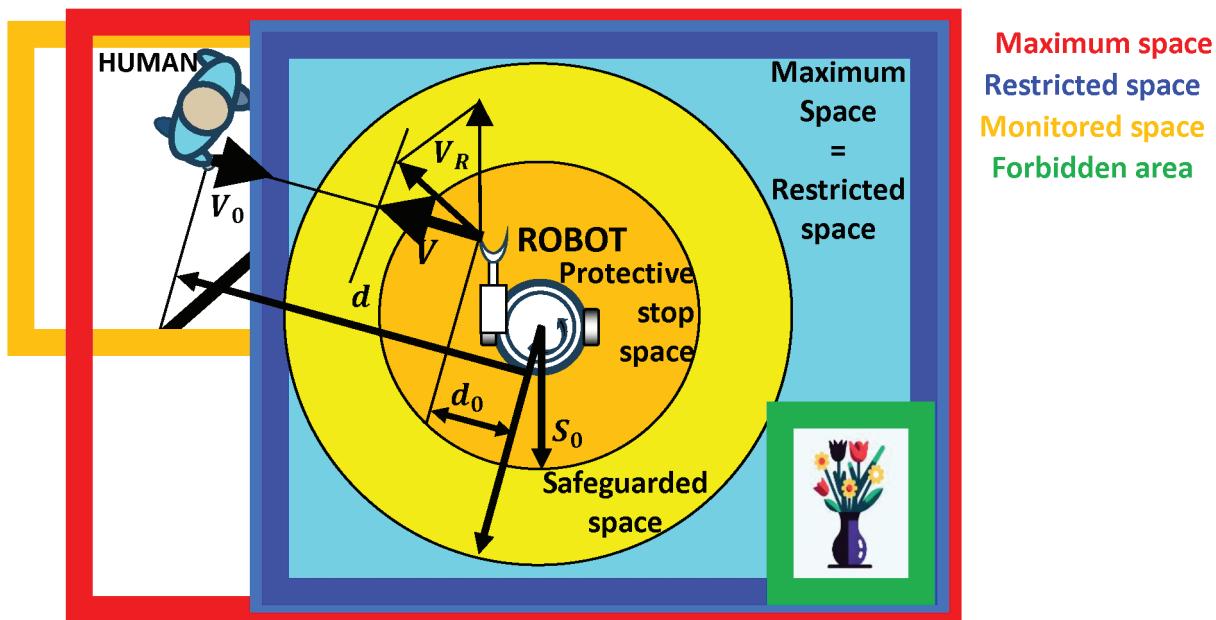
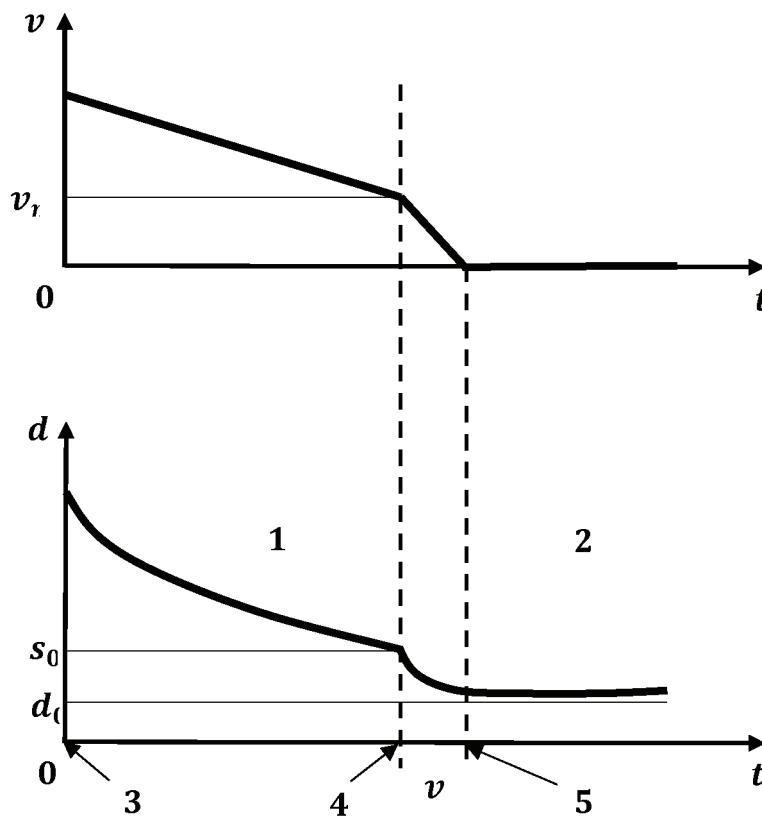


Figure E.2 — Service robot application with a manipulator on a mobile platform

The robot speed pattern and the distance of the human during a safeguarding activation of the obstacle avoidance are shown in Figure E.3. It is possible to change v according to Equation (E.1) if $d - s_0 > 0$. The deceleration in the interval Δt can be nonlinear and can vary depending on environmental conditions such as temperature and humidity. In the case of a linear deceleration, a safe stop is reached after an additional path length of $\Delta d = 0,5 \times v_{\min} \times \Delta t$.

**Key**

- 1 safeguarded space
- 2 protective stop space
- 3 activation of safeguard
- 4 activation of braking
- 5 safe stop

Figure E.3 — Safety distance and maximum relative speed in the safeguarded space

- Entwurf -

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

Annex F
(informative)

Examples of service robots

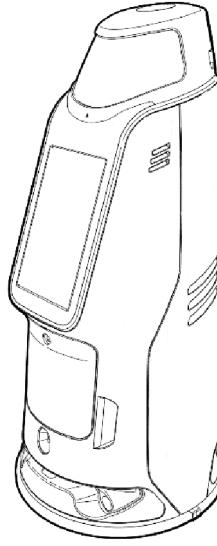
F.1 Mobile service robots

Traveling autonomously in indoor public space (e.g., huge shopping malls, hotels, hospital, airport facilities) and/or restricted environments including outdoor except public roads (e.g., pedestrian walkway, private park, agricultural fields) while avoiding collisions with humans and stationary and moving hazardous obstacles. This can include pre-programmed motion and moving area coverage.

Table F.1 — Mobile service robot types

Major categories	Subcategories	Robot type	Examples of functional work with robots and its satisfying human needs or application	
Inherently stable design mobile service robot	Without manipulator(s)	Mobile guide/providing information/security service robots	 Customers guiding	Service robots interact to answer questions with laypersons through display and/or artificial voice and its motions, it will navigate a person to the place based on the results through interaction with the person. Others provide guidance or cognitive support in daily life activities.

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)****Table F.1 (continued)**

Major categories	Subcategories	Robot type	Examples of functional work with robots and its satisfying human needs or application	
			 <p>Communication assistant</p>  <p>Security service</p>	<ul style="list-style-type: none"> — Providing information (including cognitive support) — Providing companionship or entertainment — Security service
	Mobile delivery and serving robots		<p>Drinks serving</p> <p>Delivering goods</p>	<p>Service robots deliver meals, drinks, light-weight goods, etc. in restaurants, hotels, elderly care facilities, offices, etc., limited to indoor facilities.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Delivery and serving of goods. — Providing information (including cognitive support)
				<p>Delivery service robots in this category deliver to a wide area including outdoor environments except public roads in addition to the above.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Delivery and serving of goods

- Entwurf -**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)****Table F.1 (continued)**

Major categories	Subcategories	Robot type	Examples of functional work with robots and its satisfying human needs or application	
	With manipulator(s)	Mobile manipulation services robots	  <p>Household assistance</p>	<p>Robots fetch objects, transport them or pick them up from places the user can't reach using manipulators, services include delivery of goods within hospitals, hotels and offices.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Delivery and serving of goods. — Providing information (including cognitive support)

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**
Table F.1 (continued)

Major categories	Subcategories	Robot type	Examples of functional work with robots and its satisfying human needs or application	
		Mobile guide/providing information/security service robots with manipulator(s)	 <p>Companion/ Information provide</p>    <p>Security inspection service</p>	<p>The robot will have a low-powered manipulation arm(s), its arm(s) will be used only to assist in communication with humans or to position a sensor, not purpose for manipulating tasks.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Providing information (including cognitive support) — Providing information (including cognitive support) — Security service
Self-balancing design mobile service robot	With or without manipulator(s)	Inherently unstable design guide/providing information/security service robots	Guide service	<p>Robot has posture control functions such as one or more inverted pendulum-controlled legs, or wheels. It can have manipulator(s), and it can perform various tasks autonomously.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Delivery and serving of goods.

- Entwurf -**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)****Table F.1 (continued)**

Major categories	Subcategories	Robot type	Examples of functional work with robots and its satisfying human needs or application	
		Humanoid robots	 Humanoid	— Providing information (including cognitive support)

F.2 Stationary service robots

The robot can be installed in a stationary position or on a fixed trajectory to interact with humans or to work with its robot arm(s).

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

Table F.2 — Stationary robot types

Major categories	Sub-categories	Robot type	Examples of functional work with robots and its satisfying human needs or application	
Dialogue and gestural motions	No manipulation work	Stationary communication robot with manipulator(s)	Companion/ Information provide	<p>Robot is limited to the use of body gestures and other communicative expressions.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Providing information (including cognitive support)
Manipulation work	Manipulation work	Stationary human support service robot	  	<p>Robots can collaborate with humans in the same space. The robot is limited to contact with a human below an inherently safe level of power.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Preparing food — Delivery and serving of goods. — Providing information (including cognitive support) — Human support work

F.3 Wearable robots

Applying cooperative power assist to user's body joints for human body motion control and/or to achieve comfortable user's motion.

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

Table F.3 — Wearable robot types

Major categories	Sub-categories	Robot type	Examples of functional work with robots and its satisfying human needs or application		
Restraint wearable robots	Low power wearable robots	Body motion assist	  <p>Hip joint Lumbar support</p>  <p>Hip and shoulder joint Lumbar and upper limbs support</p>	<p>Restraint wearable robots are fastened by straps and/or cuff to the body of a person and typically provide assistance by transmitting forces to the human body joint via robot's motion parts.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Lifting and transporting objects. <p>Examples In logistics: loading packages on pallet, the operation on conveyor belt, loading packages into container truck, the operation with roll box pallet, etc</p> <p>Example in agriculture: Loading harvests onto truck, etc</p> <p>Examples in nursing care: Transferring a patient from a bed to a wheelchair or chair, changing the posture of a patient in a bed, getting a patient in and out of a bathtub, transferring a patient onto the toilet seat, assisting a patient with eating and drinking, etc.</p>	
		Body weight support	 <p>Hip joint Lumbar support</p>	<ul style="list-style-type: none"> — Maintaining static posture. <p>Example in agriculture: planting and harvesting</p>	

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)****Table F.3 (continued)**

Major categories	Sub-categories	Robot type	Examples of functional work with robots and its satisfying human needs or application	
		Walking assist	   Hip joint Thigh support	<ul style="list-style-type: none"> — Walking and other daily activities.
		Over human power motion (High power)	High power wearable robots	<p>Powered suit</p> <ul style="list-style-type: none"> Robot is fitted to the human body and/or detects human input or body joint movement and generates force to assist a human operation. — Restraint physical assistance
Restraint free physical assistant robots	Fall preventing assist	Restraint free walking support robots	 Robotic rollator walk-assist	<p>Non-restraint physical assistant robots are typically grasped by the user (or operator) and transmit forces through handles or its input devices. The user can let go of the robot at any time.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Non-restraint physical assistance
	Transfer assist	Restraint free transferring assistance robots	Transfer Care Assist	

- Entwurf -

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

Annex G
(informative)

Information for lifting load

G.1 General

One of the values of most interest to manufacturers is the reference value for how much load is allowed to be lifted by a wearable robot. It is widely known that this reference value varies with age and has been defined by the magnitude of force applied to the intervertebral disc by cadaveric experiments, or compressive strength (hereafter CS). The age-dependent CS obtained by Kudo et al. (2019) (Figure G.1) which is obtained based on the largest amount of cadaver-experiment data, where the injury risk represents the lumbar injury probability. The following Merryweather's formula, shown below, can approximately estimate the relationship between compressive force and the external load (Merryweather, 2007).

Merryweather's equation:

$$CF_{\text{male}} = 9,81 \times [0,0167(BW)(HT)\sin(\theta) + 0,145(L)(HB) + 0,4(BW) + 0,8(L) + 23] \quad (\text{G.1})$$

$$CF_{\text{female}} = 9,81 \times [0,0175(BW)(HT)\sin(\theta) + 0,152(L)(HB) + 0,4(BW) + 0,8(L) + 20] \quad (\text{G.2})$$

$CF_{\text{male/female}}$: compressive force (N) for males/females

Body parameters:

HT: body height (cm)

BW: body weight (kg)

L: external mass (kg)

Extreme condition:

θ : flexion angle (90°)

HB: the horizontal distance between the external mass and L5/S1 (As flexion angle is 90° , HB equals the distance from the shoulder to the hip, which is approximately $0,288 \times HT$) (Drillis and Contini, 1966) The estimated CF_{male} and CF_{female} can be replaced by the compressive strength (CS), and the maximum external load mass can be computed using the formula (G.1) and (G.2).

$$LM_{\text{male}} = [CS / 9,81 - 23 - 0,0167(BW)(HT)\sin(\theta) - 0,4(BW)] / [0,145(HB) + 0,8] \quad (\text{G.3})$$

$$LM_{\text{female}} = [CS / 9,81 - 20 - 0,0175(BW)(HT)\sin(\theta) - 0,4(BW)] / [0,152(HB) + 0,8] \quad (\text{G.4})$$

$LM_{\text{female/male}}$: maximum external load mass (kg) for females or males

CS : compressive strength (N) determined by kernel density estimation

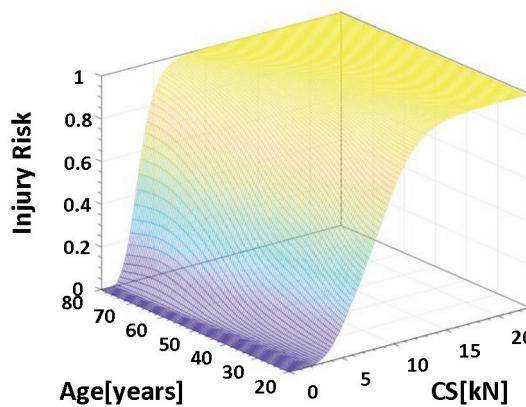
- Entwurf -**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

Figure G.1 — Risk curve based on the kernal density estimation for ages and compressive strengths (As injury risk = 0,1, CS = 2,03 kN for age 69-79; CS = 2,98 kN for age 40-59; CS = 3,72 kN for age 20-39)

Table G.1 — Maximum external mass estimated (kernel density estimation) at the injury risk of 0,1

Height (cm)	Weight (kg)	LM _{male} (kg) for age groups			LM _{female} (kg) for age groups		
		20~39	40~59	60~79	20~39	40~59	60~79
150	48	30	20	6	29	18	5
155	52	27	17	3	26	16	3
160	55	25	14	2	23	13	1
165	59	22	12	—	20	11	—
170	62	19	10	—	18	9	—
175	66	16	7	—	15	6	—
180	70	14	5	—	12	4	—
185	74	11	2	—	10	1	—
190	78	8	—	—	7	—	—

Body weight is selected using the height and the mean value ($21,7 \text{ kg/m}^2$) of a normal person's BMI: $18,5 \sim 24,9 \text{ kg/m}^2$

Calculation of BMI = body weight(kg)/(height² (m))

(source: <https://www.cdc.gov/healthyweight/assessing/index.html>)

- Entwurf -

E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)

Annex H
 (informative)

Example of safety evaluation methods for lift boarding robots

The verification and validation of safety requirements should be performed when a robot interworks with a lift. Figure H.1 defines the space involved in the process of the robot interworking with the lift.

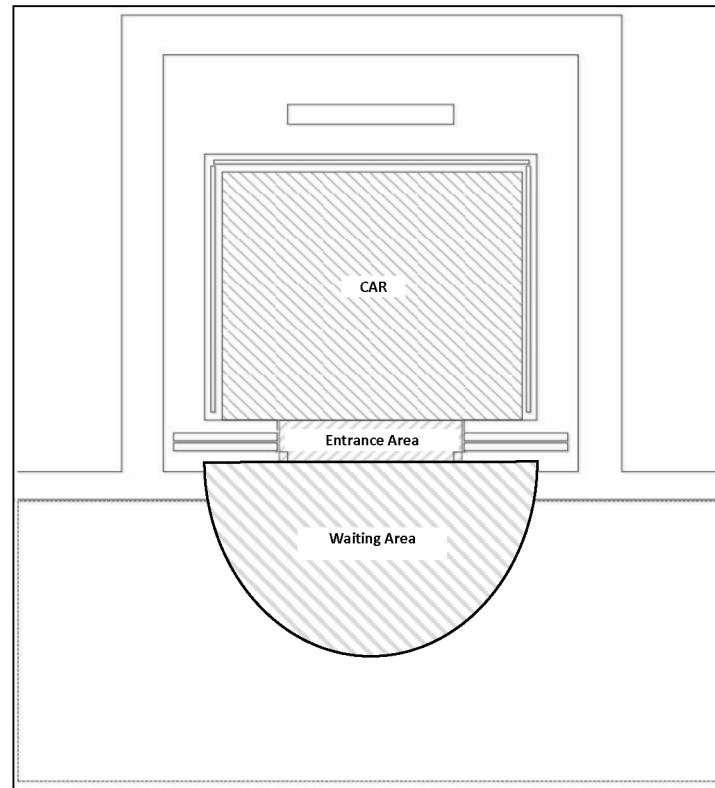
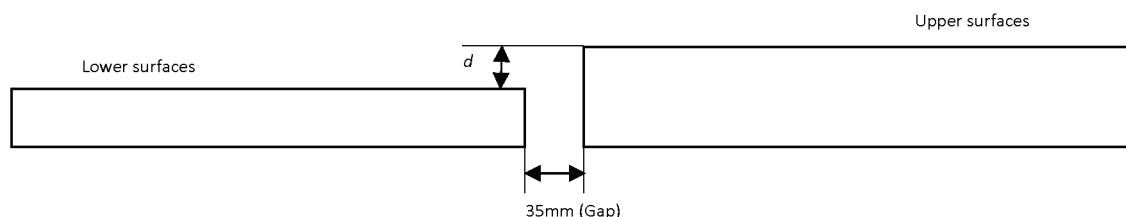


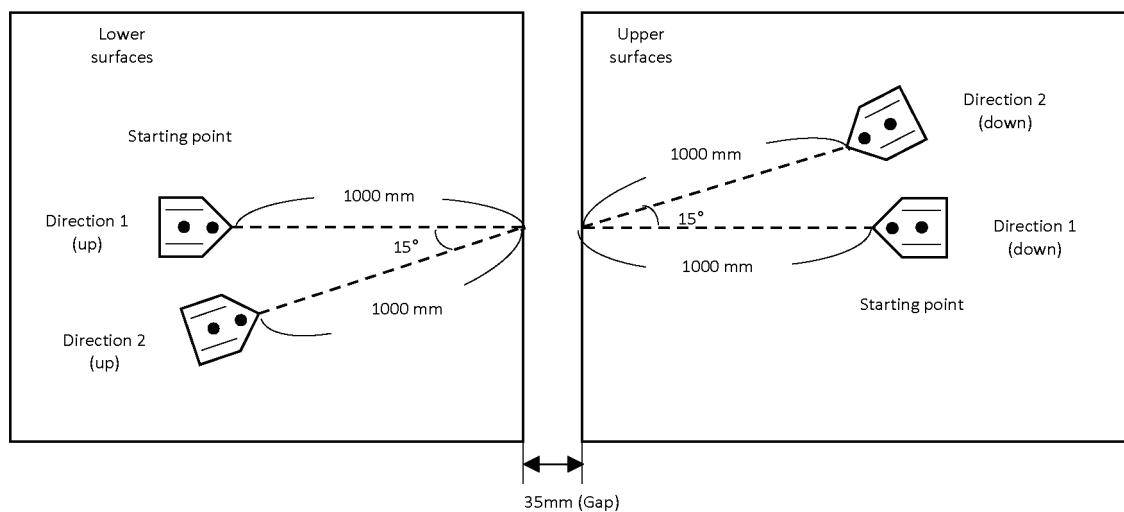
Figure H.1 — Lift (Elevator) space definition

Whether or not the robot stably passes through a sill and a gap in the floor surface while using the elevator can be verified using the structure in Figure H.2.

Direction 1 represents a direction perpendicular to the sill, and direction 2 represents an oblique direction at an angle of 15° to direction 1.



A.1 Side view of testbed

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)****A.2 Flat view of testbed****Key**

d Vertical height difference between upper and lower surfaces

Figure H.2 — A sill and a gap of test floor

- Set *d* to 20 mm.
 - Drive the robot up/down in the direction of boarding “Direction 1”.
 - Repeat a) and b) three times.
 - Repeat a) ~c) in the direction of boarding “Direction 2”.
 - While performing a) ~d), check whether unstable movement occurs to determine success.
- Each test must be successful three times in a row.

- Entwurf -

E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)

Annex I
(informative)

Example of safety evaluation method for braking distance

The braking test should be performed on the mobile service robot including maximum design weight.

After checking that the braking system is correctly adjusted in accordance with the manufacturer's instruction manual, apply its specified force to the brake system.

Repeat the test 10 times for each.

When the MSR is tested to travel straight on a flat surface or the test slope inclination angle (see Figure I.1) in a downhill direction at the maximum speed specified by the manufacturer.

The test slope can be selected from 3, 4, 76, 6, or 10 degrees in accordance with ISO 7176-2, unless otherwise specified.

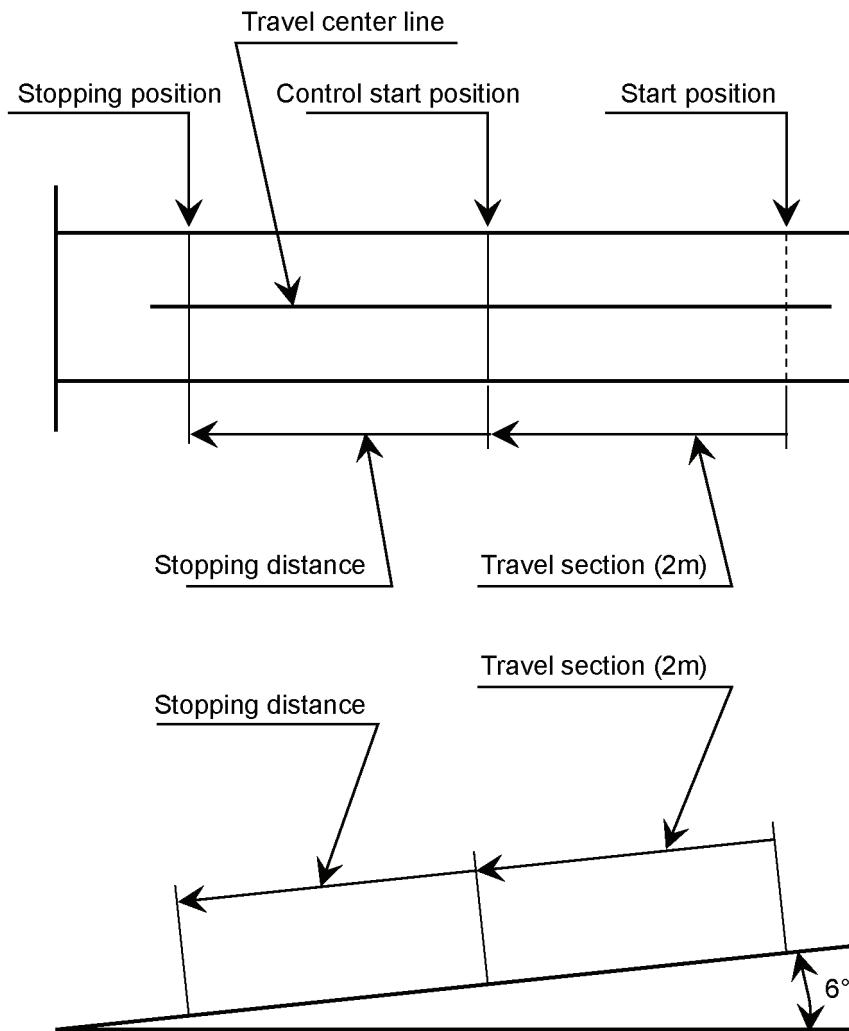


Figure I.1 — Stop distance test

**Annex ZA
(informative)****Relationship between this European Standard and the essential requirements of Directive 2006/42/EC aimed to be covered**

This European Standard has been prepared under a Commission's standardization request "M/396 Mandate to CEN and CENELEC for Standardisation in the field of machinery" to provide one voluntary means of conforming to essential requirements of Directive 2006/42/EC of the European Parliament and of the Council of 17 May 2006 on machinery, and amending Directive 95/16/EC (recast)

Once this standard is cited in the Official Journal of the European Union under that Directive, compliance with the normative clauses of this standard given in Table ZA.1 confers, within the limits of the scope of this standard, a presumption of conformity with the corresponding essential requirements of that Directive, and associated EFTA regulations.

Table ZA.1 — Correspondence between this European Standard and Annex I of Directive 2006/42/EC

The relevant Essential Requirements of Directive 2006/42/EC	Clause(s)/sub-clause(s) of this EN	Remarks/Notes
1.1.2. Principles of safety integration	4, 5, 6, 8	
1.1.3. Materials and products	4.7.2	
1.1.5. Design of machinery to facilitate its handling	4.5, 5.9	
1.1.6. Ergonomics	4.7, 4.9, 4.10, 5.5, 5.10, 6.12	
1.2.1. Safety and reliability of control systems	6	
1.2.2. Control devices	6.12, 6.13, 6.14, 8.2	
1.2.3. Starting	4.3, 5.4, 6.3	
1.2.4.1. Normal stop	6.2	
1.2.4.2. Operational stop	6.2	
1.2.4.3. Emergency stop	6.2	
1.2.5. Selection of control or operating modes	6.14	
1.2.6. Failure of the power supply	4.2.4, 5.2	
1.3.1. Risk of loss of stability	4.10.2, 4.10.3, 4.10.4, 4.10.5, 4.15.1, 5.7, 5.8, 6.2.3, 6.6.3, 6.7, 6.11	
1.3.2. Risk of break-up during operation	4.11, 5.5.2, 5.5, 5.10, 5.11.1	
1.3.4. Risks due to surfaces, edges or angles	4.5, 4.10.6, 4.10.7	
1.3.7. Risks related to moving parts	4.2, 4.5, 4.6, 4.10, 5.5.1, 5.6, 6.1, 6.2.3	
1.3.8. Choice of protection against risks arising from moving parts	4.2, 4.3, 4.5, 4.6, 4.10.6, 4.12, 4.13, 6.1, 6.4, 6.5, 6.6, 6.9	
1.3.8.1. Moving transmission parts	4.6	
1.3.9. Risks of uncontrolled movements	4.3, 4.10, 5.7, 5.8, 5.12, 6.1, 6.2, 6.5, 6.6, 6.9, 6.13.3, 6.14	
1.4.1. General requirements	4.1, 6.1	
1.4.2.1. Fixed guards	4.1, 4.6.3	

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

Table ZA.1 (continued)

The relevant Essential Requirements of Directive 2006/42/EC	Clause(s)/sub-clause(s) of this EN	Remarks/Notes
1.4.2.2. Interlocking movable guards	4.1, 4.6.3	
1.4.3. Special requirements for protective devices	4.1, 4.3, 5.4, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4	
1.5.1. Electricity supply	4.2, 5.2, 5.3, 6.1.3	
1.5.2 Static electricity	4.4	
1.5.3. Energy supply other than electricity	4.2	
1.5.4. Errors of fitting	4.5	
1.5.5. Extreme temperatures	4.7.3	
1.5.6. Fire	4.2.2, 4.2.3, 4.14	
1.5.8. Noise	4.7.1	
1.5.9 Vibrations	5.5	
1.5.10. Radiation	4.7.4	
1.5.12 Laser radiation	4.7.4	
1.5.13. Emissions of hazardous materials and substances	4.7.2	
1.5.14. Risk of being trapped in a machine	6.1.3	
1.6.3. Isolation of energy sources	4.2	
1.7.1. Information and warnings on the machinery	8	
1.7.1.1. Information and information devices	8.2	
1.7.1.2. Warning devices	8.2	
1.7.2. Warning of residual risks	8.3, 8.4	
1.7.3. Marking of machinery	8.2	
1.7.4. Instructions	8.3, 8.4	
1.7.4.1. General principles for the drafting of instructions	8.3, 8.4	
1.7.4.2. Contents of the instructions	8.3, 8.4	
2.2.1. General	4.10.6, 6.14.3, Annex B.2	
2.2.1.1. Instructions	4.10.6.4, 5.6.4, 8.3, 8.4	
4.1.2.1 Risks due to lack of stability	4.10, 4.14, 5.7, 6.6, 7	
4.1.2.3. Mechanical strength	4.10.1, 4.10.2, 4.10.3, 4.10.4, 4.10.5.1, 4.11, 4.14	
4.1.3. Fitness for purpose	4.10, 4.11, 4.14	
4.2.1. Control of movements	4.10, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.11, 6.13	
4.3.3. Lifting machinery	8.2	
4.4.2. Lifting machinery	8.3	

WARNING 1 Presumption of conformity stays valid only as long as a reference to this European Standard is maintained in the list published in the Official Journal of the European Union. Users of this standard should consult frequently the latest list published in the Official Journal of the European Union.

WARNING 2 Other Union legislation may be applicable to the product(s) falling within the scope of this standard.

**Annex ZB
(informative)****Relationship between this European Standard and the essential requirements of Regulation (EU) 2023/1230 aimed to be covered**

This European Standard has been prepared under a Commission's standardization request C(202X)XXXX final²⁾ Commission Implementing Decision of DD Month YYYY³⁾ to the European Committee for Standardization and to the European Committee for Electrotechnical Standardization as regards machinery in support of Regulation (EU) 2023/1230 of the European Parliament and of the Council (M/XXX)⁴⁾ to provide one voluntary means of conforming to essential requirements of Regulation (EU) 2023/1230 of the European Parliament and of the Council of 14 June 2023 on machinery (OJ L 165, 29.6.2023).

Once this standard is cited in the Official Journal of the European Union under that Regulation, compliance with the normative clauses of this standard given in Table ZA.1 confers, within the limits of the scope of this standard, a presumption of conformity with the corresponding essential requirements of that Regulation, and associated EFTA regulations.

Table ZA.1 — Correspondence between this European Standard and Annex III of Regulation (EU) 2023/1230

The relevant Essential Requirements of Regulation (EU) 2023/1230	Clause(s)/sub-clause(s) of this EN	Remarks/Notes
1.1.2. Principles of safety integration	4, 5, 6, 8	
1.1.3. Materials and products	4.7.2	
1.1.5. Design of machinery or a related product to facilitate its handling	4.5, 5.9	
1.1.6. Ergonomics	4.7, 4.9, 4.10, 5.5, 5.10, 6.12	
1.1.9 Protection against corruption	6.15	
1.2.1. Safety and reliability of control systems	6	
1.2.2. Control devices	6.12, 6.13, 6.14, 8.2	
1.2.3. Starting	4.3, 5.4, 6.3	
1.2.4.1. Normal stop	6.2	
1.2.4.2. Operational stop	6.2	
1.2.4.3. Emergency stop	6.2	
1.2.5. Selection of control or operating modes	6.14	
1.2.6. Failure of the power supply or communication network connection	4.2.4, 5.2, 6.11, 6.12	
1.3.1. Risk of loss of stability	4.10.2, 4.10.3, 4.10.4, 4.10.5, 4.15.1, 5.7, 5.8, 6.2.3, 6.6.3, 6.7, 6.11	

-
- 2) This template is to be used in draft harmonised standards in support of the Machinery Regulation.
 - 3) Since the Standardization Request in support of Machinery Regulation is not yet adopted (expected to take place in 2024 and then accepted by CEN and CENELEC BTs) the reference and the date of the Standardization Request are not known and therefore the references shall be kept as 'C(202X)XXXX', 'DD Month YYYY' and 'M/XXX'.
 - 4) When the Standardization Request is adopted, this template will be revised to include the number references and the date of the adopted Standardization Request.

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

Table ZA.1 (continued)

The relevant Essential Requirements of Regulation (EU) 2023/1230	Clause(s)/sub-clause(s) of this EN	Remarks/Notes
1.3.2. Risk of break-up during operation	4.11, 5.5.2, 5.5, 5.10, 5.11.1	
1.3.4. Risks due to surfaces, edges or angles	4.5, 4.10.6, 4.10.7	
1.3.7. Risks related to moving parts	4.2, 4.5, 4.6, 4.10, 5.5.1, 5.6, 6.1, 6.2.3	
1.3.8. Choice of protection against risks arising from moving parts	4.2, 4.3, 4.5, 4.6, 4.10.6, 4.12, 4.13, 6.1, 6.4, 6.5, 6.6, 6.9	
1.3.8.1. Moving transmission parts	4.6	
1.3.9. Risks of uncontrolled movements	4.3, 4.10, 5.7, 5.8, 5.12, 6.1, 6.2, 6.5, 6.6, 6.9, 6.13.3, 6.14	
1.4.1. General requirements	4.1, 6.1	
1.4.2.1. Fixed guards	4.1, 4.6.3	
1.4.2.2. Interlocking movable guards	4.1, 4.6.3	
1.4.3. Special requirements for protective devices	4.1, 4.3, 5.4, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4	
1.5.1. Electricity supply	4.2, 5.2, 5.3, 6.1.3	
1.5.2 Static electricity	4.4	
1.5.3. Energy supply other than electricity	4.2	
1.5.4. Errors of fitting	4.5	
1.5.5. Extreme temperatures	4.7.3	
1.5.6. Fire	4.2.2, 4.2.3, 4.14	
1.5.8. Noise	4.7.1	
1.5.9 Vibrations	5.5	
1.5.10. Radiation	4.7.4	
1.5.12 Laser radiation	4.7.4	
1.5.13. Emissions of hazardous materials and substances	4.7.2	
1.5.14. Risk of being trapped in a machine	6.1.3	
1.6.3. Isolation of energy sources	4.2	
1.7.1. Information and warnings on the machinery or related product	8	
1.7.1.1. Information and information devices	8.2	
1.7.1.2. Warning devices	8.2	
1.7.2. Warning of residual risks	8.3, 8.4	
1.7.3. Marking of machinery or related products	8.2	
1.7.4. Instructions for use	8.3, 8.4	
1.7.4.1. General principles for the drafting of instructions for use	8.3, 8.4	
1.7.4.2. Contents of the instructions for use	8.3, 8.4	
2.2.1. General	4.10.6, 6.14.3, Annex B.2	
2.2.1.1. Instructions for use	4.10.6.4, 5.6.4, 8.3, 8.4	

- Entwurf -**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)****Table ZA.1 (continued)**

The relevant Essential Requirements of Regulation (EU) 2023/1230	Clause(s)/sub-clause(s) of this EN	Remarks/Notes
4.1.2.1 Risks due to lack of stability	4.10, 4.14, 5.7, 6.6, 7	
4.1.2.3. Mechanical strength	4.10.1, 4.10.2, 4.10.3, 4.10.4, 4.10.5.1, 4.11, 4.14	
4.1.3. Fitness for purpose	4.10, 4.11, 4.14	
4.2.1. Control of movements	4.10, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.11, 6.13	
4.3.3. Lifting machinery or related products	8.2	
4.4.2. Lifting machinery or related products	8.3	

WARNING 1 Presumption of conformity stays valid only as long as a reference to this European Standard is maintained in the list published in the Official Journal of the European Union. Users of this standard should consult frequently the latest list published in the Official Journal of the European Union.

WARNING 2 Other Union legislation may be applicable to the product(s) falling within the scope of this standard.

Bibliography

- [1] ISO 1996 (all parts), *Acoustics — Description, measurement and assessment of environmental noise*
- [2] ISO 1999, *Acoustics — Estimation of noise-induced hearing loss*
- [3] ISO 2919, *Radiological protection — Sealed radioactive sources — General requirements and classification*
- [4] ISO 3740, *Acoustics — Determination of sound power levels of noise sources — Guidelines for the use of basic standards*
- [5] ISO 3925, *Unsealed radioactive substances — Identification and documentation*
- [6] ISO 4629-1, *Binders for paints and varnishes — Determination of hydroxyl value — Part 1: Titrimetric method without using a catalyst*
- [7] ISO 6385, *Ergonomics principles in the design of work systems*
- [8] ISO 7176-21, *Wheelchairs — Part 21: Requirements and test methods for electromagnetic compatibility of electrically powered wheelchairs and scooters, and battery chargers*
- [9] ISO 9000, *Quality management systems — Fundamentals and vocabulary*
- [10] ISO 9241-100, *Ergonomics of human-system interaction — Part 100: Introduction to standards related to software ergonomics*
- [11] ISO 9241-210, *Ergonomics of human-system interaction — Part 210: Human-centred design for interactive systems*
- [12] ISO 9241-920, *Ergonomics of human-system interaction — Part 920: Guidance on tactile and haptic interactions*
- [13] ISO 10075-2, *Ergonomic principles related to mental workload — Part 2: Design principles*
- [14] ISO 10218-1, *Robots and robotic devices — Safety requirements for industrial robots — Part 1: Robots*
- [15] ISO 10218-2, *Robots and robotic devices — Safety requirements for industrial robots — Part 2: Robot systems and integration*
- [16] ISO 11200, *Acoustics — Noise emitted by machinery and equipment — Guidelines for the use of basic standards for the determination of emission sound pressure levels at a work station and at other specified positions*
- [17] ISO 11228-1, *Ergonomics — Manual handling — Part 1: Lifting, lowering and carrying*
- [18] ISO 13489-1, *Safety of machinery — Safety-related parts of control systems — Part 1: General principles for design*
- [19] ISO 13823, *General principles on the design of structures for durability*
- [20] ISO 14120, *Safety of machinery — Guards — General requirements for the design and construction of fixed and movable guards*
- [21] ISO 14123-1, *Safety of machinery — Reduction of risks to health resulting from hazardous substances emitted by machinery — Part 1: Principles and specifications for machinery manufacturers*
- [22] ISO 14152, *Neutron radiation protection shielding — Design principles and considerations for the choice of appropriate materials*
- [23] ISO 14738, *Safety of machinery — Anthropometric requirements for the design of workstations at machinery*

E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)

- [24] ISO 15118-1, *Road vehicles — Vehicle to grid communication interface — Part 1: General information and use-case definition*
- [25] ISO 15667, *Acoustics — Guidelines for noise control by enclosures and cabins*
- [26] ISO/TR 11688-1, *Acoustics — Recommended practice for the design of low-noise machinery and equipment — Part 1: Planning*
- [27] ISO/TR 11688-2, *Acoustics — Recommended practice for the design of low-noise machinery and equipment — Part 2: Introduction to the physics of low-noise design*
- [28] ISO 20643, *Mechanical vibration — Hand-held and hand-guided machinery — Principles for evaluation of vibration emission*
- [29] ISO/TR 22100-3, *Safety of machinery — Relationship with ISO 12100 — Part 3: Implementation of ergonomic principles in safety standards*
- [30] ISO/TR 22100-4, *Safety of machinery — Relationship with ISO 12100 — Part 4: Guidance to machinery manufacturers for consideration of related IT-security (cyber security) aspects*
- [31] ISO/TR 23482-1, *Robotics — Application of ISO 13482 — Part 1: Safety-related test methods*
- [32] ISO/TR 23482-2, *Robotics — Application of ISO 13482 — Part 2: Application guidelines*
- [33] ISO/TS 15066, *Robots and robotic devices — Collaborative robots*
- [34] ISO/TS 15666, *Acoustics — Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys*
- [35] IEC 60335-2-2, *Household and similar electrical appliances — Safety — Part 2-2: Particular requirements for vacuum cleaners and water-suction cleaning appliances*
- [36] IEC 60335-2-107, *Household and similar electrical appliances — Safety — Part 2-107: Particular requirements for robotic battery powered electrical lawnmowers*
- [37] IEC 61000-1-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 1-2: General — Methodology for the achievement of functional safety of electrical and electronic systems including equipment with regard to electromagnetic phenomena*
- [38] IEC 61000-4-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-2: Testing and measurement techniques — Electrostatic discharge immunity tests*
- [39] IEC 61000-6-1, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-1: Generic standards — Immunity for residential, commercial and light-industrial environments*
- [40] IEC 61000-6-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-2: Generic standards — Immunity for industrial environments*
- [41] IEC 61000-6-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-3: Generic standards — Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments*
- [42] IEC 61000-6-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-4: Generic standards — Emission standard for industrial environments*
- [43] IEC 61800-5-2, *Adjustable speed electrical power drive systems — Part 5-2: Safety requirements — Functional*
- [44] IEC 61851-1, *Electric vehicle conductive charging system — Part 1: General requirements*
- [45] IEC 62046, *Safety of machinery — Application of protective equipment to detect the presence of persons*
- [46] IEC 62443, *Consensus-based automation and control systems cybersecurity standards*
- [47] IEC 63281-2-1, *E-Transporters — Part 2-1: Safety requirements and test methods for personal e-Transporters*

**E DIN EN ISO 13482:2024-10
ISO/DIS 13482:2024(en)**

- [48] IEC/TR 63074, *Safety of machinery — Security aspects related to functional safety of safety-related control systems*
- [49] ETSI EN 303-417, *Wireless power transmission systems*
- [50] SAE J2954, *Wireless power transfer for light-duty plug-in/electric vehicles and alignment methodology*
- [51] CHOI S. J., LIM J-Y., NIBALDI E. G., PHILLIPS E.M., FRONTERA W.R., FIELDING R. A., WIDRICK J. J. Eccentric contraction-induced injury to type I, IIa, and IIa/IIx muscle fibers of elderly adults, Vol 34, No 1, pp. 215-226, 2012. doi – <https://doi.org/10.1007/s11357-011-9228-2>.
- [52] DRILLIS R., R. CONTINI. Body segment parameters. School of Engineering and Science, Research Division, New York University, USA, 1966.
- [53] KUDO N., YAMADA Y., ITO D. Age-related injury risk curves for the lumbar spine for use in low-back-pain prevention in manual handling tasks, ROBOMECH Journal, Vol 2, No 12, 2019. doi - <https://doi.org/10.1186/s40648-019-0139-9>.
- [54] MERRYWEATHER A. S. Model development for the estimation of back compressive force and subsequent low back disorder risk. MSc thesis, Department of Mechanical Engineering, The University of Utah, USA, 2007.