

DIN EN ISO 13482

ICS 25.040.30

Einsprüche bis 2011-12-17

Entwurf

**Roboter und Robotikgeräte –
Sicherheitsanforderungen für nicht-industrielle Roboter –
Nicht-medizinische Haushalts- und Assistenzroboter
(ISO/DIS 13482:2011);
Deutsche Fassung prEN ISO 13482:2011**

Robots and robotic devices –
Safety requirements for non-industrial robots –
Non-medical personal care robot (ISO/DIS 13482:2011);
German version prEN ISO 13482:2011

Robots et appareils robotisés –
Exigences de sécurité pour robots non-industriels –
Robots d'assistance à la personne non médicaux (ISO/DIS 13482:2011);
Version allemande prEN ISO 13482:2011

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2011-10-17 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

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

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

Gesamtumfang 101 Seiten

Normenausschuss Maschinenbau (NAM) im DIN

Nationales Vorwort

Dieser Norm- Entwurf enthält sicherheitstechnische Festlegungen.

Er beinhaltet die Deutsche Fassung der vom Technischen Komitees ISO/TC 184 „Automation systems and integration“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 310 „Fortgeschrittene Fertigungstechnologien“ (Sekretariat: BSI, Vereinigtes Königreich) im Europäischen Komitee für Normung (CEN) ausgearbeiteten prEN ISO 8373:2011

Die nationalen Interessen bei der Erarbeitung werden vom Ausschuss NA 060-30-02 AA „Roboter und Robotikgeräte“ im Fachbereich „Automation und Integration“ des Normenausschusses Maschinenbau (NAM) im DIN wahrgenommen. Vertreter der Hersteller von nichtmedizinischen Haushalts- und Assistenzrobotern sowie Forschungsinstitute sind an der Erarbeitung beteiligt.

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

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

Roboter und Robotikgeräte — Sicherheitsanforderungen für nicht-industrielle Roboter — Nichtmedizinische Haushalts- und Assistenzroboter (ISO/DIS 13482:2011)

Robots et appareils robotisés — Exigences de sécurité pour robots non-industriels — Robots d'assistance à la personne non médicaux (ISO/DIS 13482:2011)

Robots and robotic devices — Safety requirements for non-industrial robots — Non-medical personal care robot (ISO/DIS 13482:2011)

ICS:

Deskriptoren:

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokumentstufe: parallele Umfrage
Dokumentsprache: D
STD Version 2.4c

Inhalt

Seite

Vorwort	3
Einleitung.....	4
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	8
4 Risikobeurteilung.....	15
4.1 Allgemeines	15
4.2 Identifizierung von Gefährdungen	15
4.3 Risikobewertung	16
5 Sicherheitsanforderungen und/oder Schutzmaßnahmen	16
5.1 Allgemeines	16
5.2 Gefährdungen im Zusammenhang mit dem Laden der Batterie.....	17
5.3 Energiespeicherung und -versorgung.....	18
5.4 Gefährdungen aufgrund der Form des Roboters.....	21
5.5 Emissionen.....	22
5.6 Elektromagnetische Störung.....	26
5.7 Gefährdungen durch Stress, Körperhaltung und Benutzung.....	27
5.8 Gefährdungen durch die Bewegung des Roboters.....	28
5.9 Unzureichende Dauerhaftigkeit.....	36
5.10 Falsche autonome Handlungen	37
5.11 Kontakt mit beweglichen Bauteilen	38
6 Sicherheitsbezogene Steuerungsanforderungen	39
6.1 Allgemeines	39
6.2 Anhalten des Roboters	40
6.3 Softwaregesteuerte Grenzen des Roboterarbeitsraums	42
6.4 Schutz gegen Singularitäten	42
6.5 Geschwindigkeitsbeschränkung und sicherheitsbezogene Geschwindigkeitsregelung	43
6.6 Sicherheitsbezogene Detektion der Umgebung.....	43
6.7 Kraftbeschränkung und sicherheitsbezogene Kraftregelung.....	44
6.8 Bedienelemente	45
6.9 Befehlsgerät	47
7 Verifizierung und Validierung.....	48
8 Benutzerinformation.....	49
8.1 Allgemeines	49
8.2 Betriebsanleitung.....	49
8.3 Kennzeichnung	53
Anhang A (informativ) Liste der von einem Haushalts- und Assistenzroboter ausgehenden signifikanten Gefährdungen	54
Anhang B (informativ) Sicherheitskriterien für Haushalts- und Assistenzroboter	64
Anhang C (informativ) Beispiele für die funktionalen Aufgaben eines Haushalts- und Assistenzroboters.....	65
Anhang D (informativ) Beispiele für die Risikobeurteilung bei Haushalts- und Assistenzrobotern	68
Anhang E (informativ) Äquivalente Validierungsverfahren	93
Literaturhinweise	96
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 2006/42/EC	99

Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 13482:2011) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 184 „Automation systems and integration“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 310 „Fortgeschrittene Fertigungstechnologien“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

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

Zum Zusammenhang mit der(n) EU-Richtlinie(n), siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

Die vorliegende Internationale Norm ergänzt ISO 10218:2006, welche Roboter nur in der industriellen Umgebung behandelt. Diese neue Internationale Norm enthält zusätzliche Informationen in Übereinstimmung mit ISO 12100 und greift den in ISO 13849 und IEC 62061 vorgeschlagenen Ansatz auf, eine Sicherheitsnorm für Roboter und Robotikgeräte im Haushalt und zu Assistenzzwecken zu erstellen, um die Bedingungen für den physischen Kontakt zwischen Mensch und Roboter festzulegen.

Diese Internationale Norm enthält fünf informative Anhänge.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 13482:2011 wurde vom CEN als prEN ISO 13482:2011 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Einleitung

Diese Internationale Norm wurde in Anbetracht der besonderen Gefährdungen erarbeitet, die von den neu aufkommenden Robotern und Robotikgeräten für neue Anwendungen in nichtindustrieller Umgebung ausgehen, also von Robotern und Robotikgeräten, die nicht in der Fertigung in der Industrie eingesetzt werden, sondern Dienstleistungen erbringen sollen. Diese Norm konzentriert sich vor allem auf die Sicherheitsanforderungen an Haushalts- und Assistenzroboter.

Dieses Dokument ist eine Typ-C-Norm nach ISO 12100. Die betreffenden Maschinen und das Ausmaß, in dem Gefährdungen, Gefährdungssituationen bzw. Gefährdungsereignisse abgedeckt sind, sind im Anwendungsbereich dieses Dokuments angegeben. Weichen die Anforderungen dieser Typ-C-Norm von den Anforderungen in Typ-A-Normen oder Typ-B-Normen ab, haben für Maschinen, die nach den Anforderungen der vorliegenden Typ-C-Norm konstruiert und gebaut wurden, die Anforderungen dieser Typ-C-Norm Vorrang vor den Anforderungen der übrigen Normen.

Roboter und Robotikgeräte für Haushalts- und Assistenzanwendungen machen ein enges Zusammenwirken sowie auch einen physischen Kontakt zwischen Mensch und Roboter erforderlich. Haushalts- und Assistenzroboter sind in nichtmedizinische und medizinische Anwendungen unterteilt. Diese Norm behandelt Haushalts- und Assistenzroboter in nichtmedizinischen Anwendungen.

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 dieser Internationalen Norm identifizierten Gefährdungen gelten für jeden Haushalts- und Assistenzroboter, 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 dieser Norm abweichen. Um zu ermitteln, welche Schutzmaßnahmen in Abweichung von den in dieser Internationalen Norm festgelegten Sicherheitsanforderungen und/oder Schutzmaßnahmen für die betreffende Anwendung angewendet werden sollten, ist eine Risikobeurteilung durchzuführen.

Um die Anforderungen dieser Internationalen Norm besser verständlich zu machen, wird eine Wortsyntax-Konvention verwendet, um zwingende Anforderungen von empfohlenen Praktiken oder vorgeschlagenen Handlungen abzugrenzen. Das Wort „müssen“ wird bei Anforderungen verwendet, die für die Übereinstimmung mit dieser Norm erforderlich sind. Anforderungen dieser Art sind zu erfüllen, sofern keine alternative Anweisung vorliegt oder durch einen Risikobeurteilungsprozess keine geeignete Alternative ermittelt wurde. Das Wort „sollte“ wird bei Vorschlägen, empfohlenen Handlungen oder möglichen Lösungen zur Erfüllung von Anforderungen verwendet, wobei jedoch Alternativen möglich sind und die vorgeschlagene Handlungsweise nicht zwingend ist.

Angesichts der sich aus den Anwendungen der Haushalts- und Assistenzroboter ergebenden unterschiedlichen Gefährdungsarten bietet diese Internationale Norm eine Anleitung, wie die Sicherheit bei der Konstruktion und dem Bau der nichtmedizinischen Haushalts- und Assistenzroboter sowie bei deren Integration, Einbau und Anwendung über den gesamten Lebenszyklus sichergestellt werden kann. Da die Sicherheit bei der Anwendung von Haushalts- und Assistenzrobotern von der Konstruktion des jeweiligen Robotersystems beeinflusst wird, besteht ein zusätzlicher, jedoch gleichermaßen wichtiger Zweck darin, Anleitungen für die Benutzerinformation für Haushalts- und Assistenzroboter und -robotikgeräte bereitzustellen.

Diese Internationale Norm gilt nicht für Roboter für industrielle Umgebungen und ebenfalls nicht für Roboter, die vor dem Veröffentlichungsdatum dieser Norm hergestellt wurden.

Die Bereitstellung eines sicheren Haushalts- und Assistenzrobotersystems erfordert die Zusammenarbeit verschiedener „Interessenvertreter“, d. h. all jener Organisationen, die für die Sicherheit des Robotersystems insgesamt verantwortlich sind. Interessenvertreter können Hersteller, Lieferanten, Integratoren, Zertifizierer und Anwender sein, und die Anforderungen treffen möglicherweise nur auf einen der Interessenvertreter zu, sich überschneidende Verantwortungsbereiche bei den gleichen Anforderungen können jedoch verschiedene Interessenvertreter gleichzeitig betreffen. Bei Anwendung dieser Internationalen Norm sei der Leser darauf hingewiesen, dass alle angegebenen Anforderungen auf ihn zutreffen können, auch wenn sie nicht explizit dem Aufgabenbereich eines Interessenvertreters „zugeordnet“ sind. Bei zukünftigen Überarbeitungen dieser Internationalen Norm werden möglicherweise spezifischere Anforderungen an bestimmte Arten von Haushalts- und Assistenzrobotern sowie ausführlichere numerische Daten für unterschiedliche Personengruppen (Kinder, Senioren, Schwangere usw.) mit aufgenommen.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt Anforderungen und Anleitungen für eine inhärent sichere Konstruktion, für Schutzmaßnahmen und die Benutzerinformation zur Anwendung der in 3.1 definierten Haushalts- und Assistenzroboter fest, wobei ein besonderer Fokus auf den drei Arten der Haushalts- und Assistenzroboter liegt, dem „mobilen Serviceroboter“ (definiert in 3.3), dem „bewegungsunterstützenden Roboter“ (definiert in 3.4) und dem „Personentrageroboter“ (definiert in 3.5). Diese Roboter führen typischerweise die in Anhang C beispielhaft angegebenen Aufgaben aus. Die Norm beschreibt die Gefährdungen, die mit der Anwendung dieser Roboter verbunden sind und enthält Anforderungen dahingehend, wie die mit diesen Gefährdungen zusammenhängenden Risiken beseitigt oder auf angemessene Weise verringert werden können.

Alle signifikanten Gefährdungen sind in Anhang A (Liste signifikanter Gefährdungen im Zusammenhang mit Haushalts- und Assistenzrobotern) angegeben; diese Norm beschreibt, wie mit diesen Gefährdungen bei jedem der drei Haushalts- und Assistenzrobotertypen umzugehen ist.

Haushalts- und Assistenzrobotikgeräte sind von dieser Norm ebenfalls abgedeckt und sollten wie Haushalts- und Assistenzroboter behandelt werden.

Für die Haushalts- und Assistenzroboter gelten möglicherweise zusätzliche Normen und Regelungen, zum Beispiel Kraftfahrzeugregelungen, wenn Personentrageroboter auf öffentlichen Straßen benutzt werden.

Diese Internationale Norm deckt Anwendungen ab, bei denen es zu einem physischen Kontakt zwischen Mensch und Roboter kommt. Diese Anwendungen beschränken sich jedoch auf erdgebundene Roboter.

Diese Internationale Norm gilt nicht für:

- Marineroboter und Flugroboter;
- Industrieroboter; diese sind in ISO 10218 behandelt;
- medizinische Anwendungen;
- militärische Anwendungen;
- Anwendungen zur Wahrung der öffentlichen Ruhe und Ordnung.

Der Anwendungsbereich dieser Internationalen Norm beschränkt sich vorwiegend auf Gefährdungen im Zusammenhang mit der Pflege von Personen, erstreckt sich gegebenenfalls auch auf Haustiere und Gegenstände, wenn der Haushalts- und Assistenzroboter ordnungsgemäß installiert ist und instand gehalten wird und für den vorgesehenen Zweck verwendet oder unter Bedingungen eingesetzt wird, die vernünftigerweise vorhersehbar sind.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

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

ISO 2631-2, *Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration — Part 2: Vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz)*

ISO 2631-4, *Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration — Part 4: Guidelines for the evaluation of the effects of vibration and rotational motion on passenger and crew comfort in fixed-guideway transport systems*

ISO 2631-5, *Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration — Part 5: Method for evaluation of vibration containing multiple shocks*

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

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

ISO 4126-1, *Safety devices for protection against excessive pressure — Part 1: Safety valves*

ISO 4126-2, *Safety devices for protection against excessive pressure — Part 2: Bursting disc safety devices*

ISO 4126-3, *Safety devices for protection against excessive pressure — Part 3: Safety valves and bursting disc safety devices in combination*

ISO 4126-4, *Safety devices for protection against excessive pressure — Part 4: Pilot-operated safety valves*

ISO 4126-5, *Safety devices for protection against excessive pressure — Part 5: Controlled safety pressure relief systems*

ISO 4126-6, *Safety devices for protection against excessive pressure — Part 6: Application, selection and installation of bursting disc safety devices*

ISO 4126-7, *Safety devices for protection against excessive pressure — Part 7: Common data*

ISO 4126-9, *Safety devices for protection against excessive pressure — Part 9: Application and installation of safety devices excluding stand-alone bursting disc safety devices*

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

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

ISO 7000, *Graphical symbols for use on equipment — Index and synopsis*

ISO 8373, *Robots and robotic devices — Vocabulary*

ISO 11202, *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, *Safety of machinery — General principles for design — Risk assessment and risk reduction*

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

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

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

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

ISO 15534-2, *Ergonomic design for the safety of machinery — Part 2: Principles for determining the dimensions required for access openings*

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

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

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

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

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

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

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

EN 1525, *Sicherheit von Flurförderzeugen — Fahrerlose Flurförderzeuge und ihre Systeme*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 12100, ISO 8373 und die folgenden Begriffe.

3.1

Haushalts- und Assistenzroboter

Serviceroboter, der einen physischen Kontakt mit dem Menschen zulässt, um Handlungen zu unterstützen oder auszuführen, die unmittelbar zu einer Verbesserung der Lebensqualität von Personen beitragen, ausgenommen jedoch medizinische Anwendungen

ANMERKUNG Typische Arten von Haushalts- und Assistenzrobotern sind der mobile Serviceroboter (Definition 3.3.), der bewegungsunterstützende Roboter (Definition 3.4) und der Personentrageroboter (Definition 3.5).

3.2

medizinischer Roboter

Roboter oder Robotikgerät, der/das zur Verwendung als medizinisches Gerät vorgesehen ist

3.3

mobiler Serviceroboter

Haushalts- und Assistenzroboter, der in der Lage ist, sich frei zu bewegen, um eine vorgesehene Aufgabe auszuführen und/oder Gegenstände zu handhaben (mit oder ohne Manipulator)

3.4

bewegungsunterstützender Roboter

Haushalts- und Assistenzroboter, der eine Person bei der Ausführung einer bestimmten Aufgabe unterstützt, indem er bestimmte Fähigkeiten ergänzt oder verstärkt. Ein bewegungsunterstützender Roboter ist so konstruiert, dass er die körperlichen Funktionen einer schwachen oder älteren Person auf das Niveau einer körperlich nicht beeinträchtigten Person bringt und die Leistung eines körperlich nicht beeinträchtigten Benutzers erhöht.

ANMERKUNG 1 Es kann unterschieden werden zwischen körperlich einschränkenden und körperlich nicht einschränkenden bewegungsunterstützenden Robotern („restrained type“ bzw. „restraint-free type“). Körperlich einschränkende bewegungsunterstützende Roboter sichern die Person während des Roboterbetriebs, während körperlich nicht einschränkende bewegungsunterstützende Roboter der Person erlauben, sich frei zu bewegen.

ANMERKUNG 2 Bewegungsunterstützender Roboter (körperlich einschränkend): Haushalts- und Assistenzroboter, der typischerweise von einer Person getragen wird oder an dieser befestigt ist, um je nach physischer Situation oder Beeinträchtigungsgrad die körperlichen Fähigkeiten dieser Person zu ergänzen oder zu verstärken. Beispiele sind unter anderem tragbare Anzüge oder Exoskelette für Arbeiter zur Überwindung von körperlicher Ermüdung oder Mobilitätsroboter für Senioren.

3.5

Personentrageroboter

Haushalts- und Assistenzroboter mit dem Zweck, Personen mittels autonomer Navigation, Führung und Fortbewegung an einen anderen Ort zu befördern

ANMERKUNG Der Roboter kann eine Kabine aufweisen oder mit einem Sitz oder Trittbrett ausgestattet sein.

3.6

kontrollierter Halt

Art der Betriebsunterbrechung, die ein geordnetes Beenden der Bewegung aus Schutzgründen ermöglicht und die Programmlogik beibehält, um eine Wiederaufnahme des Betriebs zu erleichtern

3.7

sicherheitsrelevantes Hindernis

Person, Tier oder sonstiges Objekt in der Umgebung des Haushalts- und Assistenzroboters, für das die Wahrscheinlichkeit eines Zusammenstoßes besteht, wodurch sich eine Gefährdungssituation ergibt

3.8 Begriffe im Zusammenhang mit der Nähe zu einem Haushalts- und Assistenzroboter

3.8.1

Nähe

Abstand zwischen den Oberflächen eines Haushalts- und Assistenzroboters und einem weiteren Objekt in dessen äußerer Umgebung (einschließlich Personen). Für die Nähe zwischen einem Roboter und einem externen Objekt sind drei Bereiche definiert: nah, weit entfernt und nicht erreichbar.

3.8.2

Arbeitsraum

dreidimensionales Volumen, das die Bewegungen aller Roboterteile um deren Achsen während des normalen vorgesehenen Betriebs umfasst

3.8.3

maximaler Raum

Volumen, das von den beweglichen Teilen des Roboters entsprechend der Herstellerdefinition erreicht werden kann, zuzüglich des Volumens, das vom Endeffektor und dem Werkstück erreicht werden kann. Bei mobilen Plattformen kann dieses Volumen als gleich dem vollen Volumen angesehen werden, das theoretisch durch die Fortbewegung erreicht werden könnte.

3.8.4

eingeschränkter Raum (inhärente Sicherheit)

Anteil des durch Begrenzungseinrichtungen umschlossenen maximalen Volumens, wobei durch die Begrenzungseinrichtungen Grenzen vorgegeben werden, die nicht überschritten werden

BEISPIEL Bei mobilen Plattformen kann dieses Volumen begrenzt werden durch besondere Markierungen auf Fußböden und Wänden oder durch in der internen Karte definierte Softwaregrenzen.

ANMERKUNG Nach ISO 8373, Definition 4.8.2.

3.8.5

geschützter Bereich (funktionale Sicherheit)

durch die äußeren technischen Schutzmaßnahmen definiertes Volumen bzw. das Volumen, das zu einem sicheren Zustand führt, wenn innerhalb dieses Volumens ein Hindernis erkannt wird

ANMERKUNG Ein sicherer Zustand kann auch ein Halt, die Bewegung bei reduzierter Geschwindigkeit usw. sein.

3.9

Kontakt

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

ANMERKUNG Für x als Mindestabstand zwischen dem Haushalts- und Assistenzroboter und dem sich am nächsten an diesem befindlichen Hindernis gilt folgende Klassifizierung:

Kontakt:	$x = 0$, mit oder ohne Kraft
nah:	$x < \text{geschützter Bereich}$
weit entfernt:	$\text{geschützter Bereich} < x < \text{eingeschränkter Raum}$
nicht erreichbar:	$x > \text{eingeschränkter Raum}$

3.9.1

kontaktfreie Detektion

Detektionsfähigkeit, die keinen Kontakt mit Objekten (einschließlich Personen) in der Umgebung erfordert

3.9.2

kontaktempfindliche Detektion

Detektionsfähigkeit, die den Kontakt mit Objekten (einschließlich Personen) in der Umgebung erfordert

3.9.3

beabsichtigter Kontakt

geplante Berührung zwischen einem Objekt und dem Haushalts- und Assistenzroboter im Rahmen der Ausführung einer bestimmten Aufgabe durch den Roboter

3.9.4

zulässiger Kontakt

jede Berührung mit einem Haushalts- und Assistenzroboter, die keine Verletzungen oder Schäden verursacht

3.10

Relativgeschwindigkeit

absolute Geschwindigkeit, gegeben als Vektorsumme der Geschwindigkeiten des Roboters mit seinen beweglichen Teilen sowie der Objekte in der äußeren Umgebung (einschließlich Personen), die sich ebenfalls bewegen können

ANMERKUNG 1 In Bezug auf die Sicherheit ist die Mindest-Relativgeschwindigkeit zwischen den auf Roboter- und auf Objektseite einander am nächsten liegenden Punkten am wichtigsten.

ANMERKUNG 2 Bei einem mobilen Serviceroboter ist die absolute Relativgeschwindigkeit die Vektorsumme des Roboterkörpers, des Roboter manipulators und des zu berührenden Objektes, die zu der jeweils betrachteten Relativgeschwindigkeit führt.

3.11

sicherheitsgerichtete Geschwindigkeit

eine Begrenzung, die entweder für die Geschwindigkeit eines auf den Haushalts- und Assistenzroboter bezogenen Punktes oder für die Geschwindigkeit einer oder mehrerer Achsen mit einer festgelegten ausreichenden sicherheitsbezogenen Leistung gilt

3.11.1

sicherheitsgerichtete reduzierte Geschwindigkeitsbegrenzung

sicherheitsgerichtete Geschwindigkeit, bei der die Geschwindigkeitsbegrenzung auf den für eine reduzierte Geschwindigkeit festgelegten Wert eingestellt ist

3.11.2

Steuerung mit reduzierter Geschwindigkeit

Steuerung der Roboterbewegung, bei der die Geschwindigkeit auf einen in einer Risikobeurteilung ermittelten ausreichend niedrigen Wert begrenzt ist

ANMERKUNG Die reduzierte Geschwindigkeit soll entweder Personen ausreichend Zeit lassen, sich von der gefährlichen Bewegung zurückzuziehen oder dem Haushalts- und Assistenzroboter einen Halt ermöglichen, ohne Verletzungen oder Schäden zu verursachen.

3.12

sicherheitsrelevante Oberflächenbedingungen

ungünstige, mit der Sicherheit von Personen zusammenhängende Zustände von Fahrflächen für mobile Roboter

BEISPIEL Oberflächenbedingungen, die ein Umfallen oder Ausrutschen von Personentragerobotern verursachen können, wodurch Verletzungen oder Schäden auftreten können.

3.13

Verifizierung

Bestätigung durch objektiven Nachweis, dass die festgelegten Anforderungen an den Haushalts- und Assistenzroboter erfüllt sind

ANMERKUNG Nach ISO 9000:2005, Definition 3.8.4.

3.14

Validierung

Bestätigung durch objektiven Nachweis, dass die Anforderungen der bestimmten vorgesehenen Verwendung oder Anwendung des Haushalts- und Assistenzroboters erfüllt sind

ANMERKUNG Nach ISO 9000:2005, Definition 3.8.5.

3.15

Befehlsgerät

Gerät, das dem Bediener oder einem Benutzer die Steuerung des Roboters ermöglicht

ANMERKUNG Hierbei kann es sich um einen Programmierhandgerät, eine Fernbedienstation sowie um Kraftsensoren am Roboter sowie um jede andere Einrichtung handeln, die die Übermittlung von Befehlen an den Roboter ermöglicht.

3.16 Begriffe zu Betriebsarten

3.16.1

manueller Betrieb

Betriebsart, in der der Roboter durch direktes Eingreifen einer Person, z. B. über Drucktasten oder einen Steuerhebel (Joystick), bedient wird und die einen Automatikbetrieb ausschließt

3.16.2

autonomer Betrieb

Betriebsart, in der der Roboter ohne äußere Steuerung arbeitet

3.17

Bedienperson

Person, die bestimmt ist, Parameter- und Programmänderungen am Haushalts- und Assistenzroboters vorzunehmen und dessen beabsichtigten Einsatz zu starten, zu überwachen und zu stoppen

ANMERKUNG Nach ISO 8373, Definition 2.16.

3.18

Benutzer

entweder die Person, die den Haushalts- und Assistenzroboter bedient, oder die Person, für die der Roboter die Dienstleistungen erbringt

ANMERKUNG Bei einigen Anwendungen kann ein Benutzer sowohl die Bedienperson sein als auch die Person, der die Dienstleistung zugute kommt.

3.19

Softwaregrenzen

Einschränkungen des Roboterbetriebs, die in der Logik des Steuersystems definiert sind

3.20

Singularität

Ereignis, das immer dann eintritt, wenn der Rang der Jacobi-Matrix kleiner wird als der volle Rang

ANMERKUNG Mathematisch gesehen 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 festgelegt sind und in der Nähe von Singularitäten ablaufen, hohe Achsengeschwindigkeiten erzeugen, die zu Gefährdungssituationen führen können.

[ISO 10218-1, Definition 3.23]

3.21

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

[IEC 61496-1:2004, Definition 3.5]

ANMERKUNG BWS beziehen sich nur auf berührungslos wirkende Sensorelemente.

3.22

druckempfindliche Schutzausrüstung

Anordnung von Geräten und Komponenten, die nach dem Verfahren der „mechanisch betätigten Schutzeinrichtung mit Annäherungsreaktion“ ausgelöst werden, um in Gefährdungssituationen Schutz zu bieten

ANMERKUNG Druckempfindliche Schutzausrüstung ist die Sammelbezeichnung für eine Vielzahl druckempfindlicher Komponenten, die der Definition in diesem Abschnitt entsprechen.

3.22.1

Schaltleiste

Schutzeinrichtung der Art „mechanisch betätigte Schutzeinrichtung mit Annäherungsreaktion“, die die Berührung durch eine Person oder durch deren Körperteil erkennen soll und Folgendes aufweist:

- a) einen oder mehrere Signalgeber, der (die) bei einwirkendem Druck auf einen Teil seiner (ihrer) Oberfläche ein Signal erzeugt (erzeugen), wobei
 - 1) die Länge größer als die Breite ist;
 - 2) der Querschnitt über die gesamte druckempfindliche Fläche konstant ist;
 - 3) die Breite des Querschnitts größer als 8 mm ist;
 - 4) sich die wirksame Betätigungsfläche lokal verformt, um den bzw. die Signalgeber zu betätigen
- b) Signalverarbeitung, die auf ein vom Signalgeber ausgehendes Signal anspricht und ein Ausgangssignal bzw. mehrere Ausgangssignale erzeugt, das (die) sie an die Maschinensteuerung gibt

Siehe Bild 1.



3.22.2

Schaltstange

Schutzeinrichtung, die Folgendes aufweist:

- a) einen oder mehrere Signalgeber, der (die) bei einwirkendem Druck auf einen Teil seiner (ihrer) Oberfläche ein Signal erzeugt (erzeugen), wobei
 - 1) die Länge größer als die Breite ist;
 - 2) der Querschnitt über die gesamte druckempfindliche Fläche konstant ist;
 - 3) die Breite des Querschnitts größer als 8 mm ist;
 - 4) sich die wirksame Betätigungsfläche lokal verformt, um den bzw. die Signalgeber zu betätigen
- b) Signalverarbeitung, die auf ein vom Signalgeber ausgehendes Signal anspricht und ein Ausgangssignal bzw. mehrere Ausgangssignale erzeugt, das (die) sie an die Maschinensteuerung gibt

Siehe Bild 1.

ANMERKUNG 1 Die Breite des Querschnitts des Signalgebers ist in der Regel ≤ 80 mm.

ANMERKUNG 2 Die Oberfläche einer Schaltstange kann sich auch lokal verformen, jedoch wird (werden) der (die) Signalgeber durch die Verformung nicht betätigt.

[ISO 13856-2:2005, Definition 3.2]

3.22.3

druckempfindliche Schutzeinrichtung

Schutzeinrichtung der Art „mechanisch betätigte Schutzeinrichtung mit Annäherungsreaktion“, die auch als abweisende Schutzeinrichtung wirken kann und die Berührung durch eine Person oder eines Körperteils derselben erkennen soll

ANMERKUNG 1 Eine druckempfindliche Schutzeinrichtung besteht aus:

- einem oder mehreren Signalgebern, der (die) bei einwirkendem Druck auf einen Teil seiner (ihrer) äußeren Oberfläche ein Signal erzeugt (erzeugen), und
- einer Signalverarbeitung, die auf ein vom Signalgeber ausgehendes Signal anspricht und ein oder mehrere Ausgangssignale erzeugt, das (die) sie an die Maschinensteuerung gibt.

ANMERKUNG 2 Abweisende Schutzeinrichtungen sind in ISO 12100:2010, 3.29, definiert.

ANMERKUNG 3 Druckempfindliche Schutzeinrichtungen können als (Schutz-)Einrichtung mit Annäherungsreaktion ebenso wie als Anwesenheitsmeldeeinrichtung nach ISO 12100:2010, 3.28.5, verwendet werden.

ANMERKUNG 4 Nach ISO 13856-3:2006, Definition 3.1.

3.22.4

Schaltpuffer

druckempfindliche Schutzeinrichtung mit einem Signalgeber, der folgende Eigenschaften aufweist:

- der Querschnitt ist über die druckempfindliche Fläche regelmäßig oder unregelmäßig;
- die Breite des Querschnitts ist in der Regel größer als 80 mm;
- die wirksame Betätigungsfläche wird lokal verformt oder kann sich als Ganzes bewegen.

[ISO 13856-3:2006, Definition 3.1.1]

3.22.5

Schaltfläche

druckempfindliche Schutzeinrichtung mit einem Signalgeber, der folgende Eigenschaften aufweist:

- die wirksame Betätigungsfläche ist in der Regel, jedoch nicht notwendigerweise, eben;
- die Breite der wirksamen Betätigungsfläche ist in der Regel größer als 80 mm;
- die wirksame Betätigungsfläche bewegt sich als Ganzes.

ANMERKUNG Nach ISO 13856-3:2006, Definition 3.1.2.

3.22.6

Schaltleine

druckempfindliche Schutzeinrichtung mit einem Signalgeber, der folgende Eigenschaften aufweist:

- ein Draht, eine Kordel, eine Leine (Seil) oder ein Kabel, der/die/das vorgespannt ist;
- eine Veränderung in der Spannung wird erkannt und erzeugt ein Ausgangssignal

[ISO 13856-3:2006, Definition 3.1.3]

4 Risikobeurteilung

4.1 Allgemeines

ISO 12100 enthält Anforderungen an und Anleitungen für die Durchführung einer Risikobeurteilung, einschließlich einer Risikoanalyse, deren Mittelpunkt die Identifizierung der Gefährdung bildet. Bei einer Risikobeurteilung hängt die Entscheidung, ob ein Risiko annehmbar ist oder nicht, von der Anwendung und der vorgesehenen Verwendung des Haushalts- und Assistenzroboters ab.

Die Anforderungen in Abschnitt 5 leiten sich ab aus dem iterativen Prozess der Anwendung von Sicherheitsmaßnahmen entsprechend den allgemeinen Konstruktionsgrundsätzen für Haushalts- und Assistenzroboter nach ISO 12100 auf die in Anhang A identifizierten Gefährdungen.

4.2 Identifizierung von Gefährdungen

Anhang A enthält Listen typischer Gefährdungen, die auf die drei in dieser Norm behandelten Arten von Haushalts- und Assistenzrobotern zutreffen können. Diese Listen sind nicht als abschließend anzusehen; Haushalts- und Assistenzrobotersysteme können durch ihre spezielle Konstruktion noch weitere Gefährdungen darstellen. Bei der Gefährdungsidentifizierung sollte vor allem auf Folgendes geachtet werden:

- a) unerwartete Bedingungen der Fahrflächen von mobilen Robotern;
- b) Unsicherheit von zu handhabenden Objekten im Fall von mobilen Servicerobotern;
- c) Anpassung an die menschliche Anatomie und deren Veränderlichkeit im Fall von bewegungsunterstützenden Robotern;
- d) normale, aber unerwartete Bewegung des Haushalts- und Assistenzroboters;
- e) unerwartete Bewegung von Personen, Tieren oder sonstigen Objekten;
- f) unbeabsichtigte Bewegung des Haushalts- und Assistenzroboters.

Bei der Risikobeurteilung müssen vor allem Manipulatoren und Endeffektoren des Haushalts- und Assistenzroboters berücksichtigt werden; für diese müssen die gleichen Anforderungen gelten wie für die Roboter. Falls erforderlich

- muss die Manipulatorgeschwindigkeit nach Abschnitt 6.5 beschränkt oder geregelt werden;
- der sichere Zustand der Endeffektoren übernommen werden, wenn ein sicherer Zustand des Haushalts- und Assistenzroboters erforderlich ist.

4.3 Risikobewertung

Eine Risikobewertung ist für die nach Abschnitt 4.2 identifizierten Risiken durchzuführen, wobei besonders auf die verschiedenen Situationen zu achten ist, bei denen es zu einem Kontakt zwischen Mensch und Roboter kommt. Zur Identifizierung weiterer Gefährdungen, die ein bestimmter Haushalts- und Assistenzroboter darstellen kann, ist die Risikoanalyse durchzuführen.

Das Restrisiko, das von dem Haushalts- und Assistenzroboter ausgeht, nachdem zur Abhilfe sämtliche Schutzmaßnahmen getroffen wurden, ist zu bewerten, und es ist nachzuweisen, dass dieses Restrisiko ausreichend gering ist.

Es kann auf die Ergebnisse aus Experimenten zurückgegriffen werden, um nachzuweisen, dass der zulässige Kontakt in ausreichendem Maße berücksichtigt wurde. Falls für spezielle Anwendungen numerische Werte verwendet werden, muss eine geeignete Validierung mitgeliefert werden.

ANMERKUNG 1 Zur Untersuchung signifikanter Verletzungsmechanismen wurden Studien¹⁾ zur Schmerztoleranz Erwachsener und zu Zusammenstößen zwischen Mensch und Robotern unter Beteiligung verschiedener Körperteile durchgeführt.

ANMERKUNG 2 Ausführlichere numerische Daten für unterschiedliche Personengruppen (Kinder, Senioren, Schwangere usw.) und Haushalts- und Assistenzroboteranwendungen (mobiler Serviceroboter, bewegungsunterstützender Roboter, Personentrageroboter usw.) werden derzeit noch ermittelt und in einer zukünftigen Überarbeitung dieser Norm mit aufgenommen.

5 Sicherheitsanforderungen und/oder Schutzmaßnahmen

5.1 Allgemeines

Haushalts- und Assistenzroboter müssen den Sicherheitsanforderungen nach diesem Abschnitt entsprechen und/oder es müssen die hier festgelegten Schutzmaßnahmen getroffen werden. Nachdem die mit einer Haushalts- und Assistenzroboteranwendung verbundenen Gefährdungen mit Hilfe der in Abschnitt 4 beschriebenen Verfahren identifiziert wurden, muss der Roboter so konstruiert werden, dass sichergestellt ist, dass das von diesen Gefährdungen ausgehende Risiko so gering wie praktisch möglich ist.

Ein Haushalts- und Assistenzroboter ist im Hinblick auf alle für seine Anwendung identifizierten Risiken nach den Grundsätzen von ISO 12100 zu konstruieren. Werden diese Gefährdungen durch in dieser Norm definierte Maßnahmen abgeschwächt, sind die Anforderungen dieser Norm einzuhalten. Werden Gefährdungen durch Maßnahmen abgeschwächt, die nicht in diesem Dokument beschrieben sind, sind andere, während der Risikobeurteilung ermittelte Anforderungen anzuwenden, wobei mit diesen Maßnahmen eine Risikominderung in mindestens dem gleichen Umfang erzielt werden muss wie mit den in dieser Norm beschriebenen Maßnahmen.

Es sind alle geeigneten und praktisch umsetzbaren Maßnahmen zu treffen, um Personen, Tiere oder sonstige Objekte in der Nähe des Roboters gegen Gefährdungen zu schützen und die Sicherheit des Benutzers bei kontinuierlicher Benutzung des Haushalts- und Assistenzroboters soweit sicherzustellen, wie praktisch umsetzbar.

1) Forschungsarbeiten zur Mensch-Roboter-Kooperation und zu den entsprechenden Auswirkungen:

- Y. Yamada, K. Suita, K. Imaia, H. Ikeda and N. Sugimoto, A failure-to-safety robot system for human-robot coexistence, Robotics and Autonomous Systems, Volume 18, Issues 1-2, S. 283-291, 1996
- Y. Yamada, Y. Hirasawa, S. Y. Huang, Y. Umetani, K. Suita, Human-Robot Contact in the Safeguarding Space, IEEE/ASME Trans. on Mechatronics, Vol.2, No.4, S. 230-236, 1997
- S. Haddadin, A. Albu-Schäffer, M. Frommberger, J. Rossmann, and G. Hirzinger, The DLR Crash Report: Towards a Standard Crash-Testing Protocol, for Robot Safety - Part I: Results, 2009 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Kobe International Conference Center, Kobe, Japan, May 12-17, 2009
- S. Haddadin, A. Albu-Schäffer, and G. Hirzinger, Soft-tissue injury in robotics, ICRA 2010
- S. Haddadin, A. Albu-Schäffer, F. Haddadin, Jürgen Rossmann and G. Hirzinger, Experimental safety study on soft-tissue injury in robotics, RAM, 2011

Inhärent sichere konstruktive Maßnahmen sind der erste und wichtigste Schritt im Risikominderungsprozess, da diese inhärenten Merkmale der Maschine aller Wahrscheinlichkeit nach wirksam bleiben werden, wohingegen die Erfahrung gezeigt hat, dass selbst gut konzipierte Schutzmaßnahmen versagen oder umgangen werden können und Benutzerinformationen möglicherweise nicht beachtet werden.

Inhärent sichere Konstruktionen vermeiden Gefährdungen, indem durch eine geeignete Auswahl von Konstruktionsmerkmalen des Haushalts- und Assistenzroboters selbst und/oder Wechselwirkungen zwischen den gefährdeten Personen und dem Roboter Risiken vermindert oder beseitigt werden.

Zusätzliche Schutzeinrichtungen und/oder Schutzmaßnahmen stehen an zweiter Stelle im Prozess der Risikominderung. Da sich aufgrund der dynamischen Kooperation zwischen Mensch und Haushalts- und Assistenzroboter eine große Anzahl von Risiken ergibt, können Schutzsteuerungsfunktionen des Roboters bestimmte Risikoarten signifikant mindern.

Wenn durch Verwendung sicherheitsbezogener Steuerungsfunktionen eine Minderung eines bestimmten Risikos erreicht wird, gelten die in Abschnitt 6 dieser Norm enthaltenen ausführlicheren Anforderungen.

Die Restrisiken, die nach einer inhärent sicheren Konstruktion und nach Anwendung von Schutzmaßnahmen verbleiben, müssen in der Betriebsanleitung aufgeführt werden. Die Benutzerinformationen zu jeder Gefährdung sind jeweils in den Unterabschnitten 5.x.4 bzw. 5.x.x.4 der Abschnitte 5.x bzw. 5.x.x angegeben, während allgemeine Informationen zur Anwendung in Abschnitt 8 enthalten sind.

Die Erfüllung der Sicherheitsanforderungen dieses Abschnittes kann durch ein oder mehrere Verfahren verifiziert werden, zum Beispiel:

- A: Sichtprüfung;
- B: Praktische Prüfungen;
- C: Messungen;
- D: Beobachtung während des Betriebs;
- E: Prüfung von Schaltplänen;
- F: Prüfung von Software-Funktionsblöcken und/oder Softwaredokumentation;
- G: Überprüfung der aufgabenbasierten Risikobeurteilung;
- H: Prüfung der Auslegungspläne und relevanten Dokumente.

Empfohlene Verfahren zur Verifizierung und Validierung verschiedener Anforderungen hinsichtlich der signifikanten Gefährdungen sind in 5.x.5 bzw. 5.x.x.5 von 5.x bzw. 5.x.x, jeweils am Ende des Abschnitts, angegeben, wobei das jeweils zutreffende Verfahren A, B usw. genannt ist.

5.2 Gefährdungen im Zusammenhang mit dem Laden der Batterie

5.2.1 Allgemeines

Ist ein Haushalts- und Assistenzroboter mit einem Batterieladesystem ausgestattet, müssen Personen gegen Gefährdungen durch unbeabsichtigten Kontakt mit den Ladeanschlüssen am Roboter und dessen Ladesystemen geschützt werden, wobei diese IEC 60204-1, IEC 60529, IEC 60335-2-29 bzw. EN 50272-1 bis EN 50272-4 entsprechen sollten.

Außerdem muss das Ladesystem Gefährdungen durch Überladen oder das Laden tiefentladener Batterien verhindern.

5.2.2 Inhärent sichere Konstruktion

Sofern vorhanden, müssen die Ladekontakte so angeordnet sein, dass sie nicht versehentlich berührt werden können. Weiterhin sollten Ladekontakte und Stecker so konstruiert sein, dass ein versehentliches Berühren stromführender Teile verhindert wird (z. B. Kappen für Stecker und Steckdosen).

Batteriespannungen und Ladeströme sind so gering wie praktisch möglich zu wählen.

Ladesysteme müssen so konstruiert sein, dass das ordnungsgemäße Laden der Batterie automatisch überwacht wird und so Gefährdungen durch Überladen oder das Laden tiefentladener Batterien verhindert werden.

5.2.3 Technische und ergänzende Schutzmaßnahmen

Folgende Maßnahmen sind anzuwenden:

- a) die Ladesysteme müssen so ausgelegt sein, dass die Ladeanschlüsse nur aktiviert werden, wenn der Haushalts- und Assistenzroboter mit ihnen verbunden ist;
- b) Anzeige des Ladezustands oder Abgabe eines Signals bei vollständig geladener Batterie.

5.2.4 Benutzerinformation

Die Benutzerinformation muss Anleitungen zum Laden der Batterie enthalten.

5.2.5 Verifizierung und Validierung

Für Verifizierung und Validierung gelten die folgenden Verfahren: B, C, D, E.

5.3 Energiespeicherung und -versorgung

5.3.1 Kontakt mit hochenergetischen Teilen

5.3.1.1 Allgemeines

Es ist ein Mittel zur Isolierung gefährlicher Energiequellen (z. B. elektrische, mechanische, hydraulische, pneumatische, chemische und thermische) vorzusehen. Gefährliche Energiequellen dieser Art müssen eindeutig identifiziert sein, und Trennglieder müssen verriegelbar sein, wenn eine erneute Verbindung Personen gefährden könnte. Die Trennglieder müssen außerdem verriegelbar sein, wenn eine Bedienperson von dort aus, wo sie Zugang hat, nicht überprüfen kann, ob die Energie noch abgeschaltet ist.

Die elektrischen Einrichtungen des Roboters müssen nach den zutreffenden Anforderungen von IEC 60204-1 konstruiert und ausgeführt sein.

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

5.3.1.2 Inhärent sichere Konstruktion

Eines der beiden oder beide der folgenden Verfahren sind anzuwenden:

- a) Verwendung von Schutzkleinspannungsquellen für elektrische Einrichtungen;
- b) Verwendung von Niederdrücken für pneumatische/hydraulische Einrichtungen.

5.3.1.3 Technische und ergänzende Schutzmaßnahmen

Die Anforderungen in IEC 60204-1 (für elektrische Einrichtungen) ISO 4414 (für pneumatische Einrichtungen) und ISO 4413 (für hydraulische Einrichtungen) müssen erfüllt sein.

Es ist die zutreffende IP-Schutzklasse nach IEC 60529 zu verwenden, um in sämtlichen Betriebsphasen des Haushalts- und Assistenzroboters zu verhindern, dass Personen mit den elektrischen Einrichtungen in Kontakt kommen.

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

5.3.1.4 Benutzerinformation

Am Haushalts- und Assistenzroboter sind Warnhinweise nach IEC 61310 (Teil 1 bis Teil 3) anzubringen, siehe Tabelle 1. Die Benutzerinformation muss das in Bezug auf die hochenergetischen Teile vorhandene Restrisiko beschreiben.

Tabelle 1 — Warnhinweise

Verweisung und Symbol	Bezeichnung	Funktion
ISO 7010-W012 	Warnung; Elektrizität	Warnung vor einer Gefährdung durch Elektrizität
ISO 7010-W001 	Allgemeines Warnzeichen	Hinweis auf eine allgemeine Warnung
ISO 7010-W017 	Warnung; Heiße Oberfläche	Warnung vor eine Gefährdung durch eine heiße Oberfläche

5.3.1.5 Verifizierung und Validierung

Für Verifizierung und Validierung gelten die folgenden Verfahren: A, B, C, E, H.

5.3.2 Unkontrollierte Freisetzung gespeicherter Energie

5.3.2.1 Allgemeines

Es ist eine Einrichtung zur kontrollierten Freisetzung von gespeicherter gefährlicher Energie vorzusehen.

ANMERKUNG Gespeicherte Energie kann in Luft- und Wasserdruckspeichern, in Kondensatoren, Batterien, Federn, Gegengewichten, Schwungrädern usw. auftreten.

5.3.2.2 Inhärent sichere Konstruktion

Folgende Maßnahmen sind anzuwenden:

- Energieoptimierung zur Minimierung des Energiebedarfs des Roboters;
- gespeicherte Energie so gering wie praktisch möglich halten, um die Gefährdung auf ein Mindestmaß zu beschränken.

5.3.2.3 Technische und ergänzende Schutzmaßnahmen

Die Konstruktion und der Einbau von trennenden Schutzeinrichtungen/Abdeckungen müssen basierend auf der Risikobeurteilung erfolgen, um das Risiko einer Verletzung von Personen während der Freisetzung von Energie zu minimieren.

Der Roboter ist mit Mitteln zur Regelung seiner Energieversorgung zu versehen, um Überhitzen oder Überströme aufgrund von Überlastung, Kurzschlüssen, Stoffen, die die Wärmequelle des Roboters umhüllen, oder eine Funktionsstörung der Vorrichtung zu verhindern.

5.3.2.4 Benutzerinformation

Warnschilder sind anzubringen, die alle Gefährdungen durch gespeicherte Energie sowie deren Orte benennen.

5.3.2.5 Verifizierung und Validierung

Für Verifizierung und Validierung gelten die folgenden Verfahren: B, D, E, H.

5.3.3 Ausfall der Stromversorgung oder Stromabschaltung

5.3.3.1 Allgemeines

Ein Ausfall oder eine Abschaltung der Stromversorgung eines Haushalts- und Assistenzroboters darf nicht zu einem unzulässigen Risiko führen, und eine Wiederaufnahme der Stromversorgung darf nicht zu einer gefährlichen Bewegung führen. Sofern aufgrund der Risikobeurteilung (siehe Abschnitt 8.2.5) als notwendig erachtet, können nach derartigen Ausfällen oder Abschaltungen zwangsweise Wartungsprozeduren durchgeführt werden. Besonders sicherzustellen ist Folgendes:

- a) Haushalts- und Assistenzroboter mit Manipulatoren müssen so konstruiert sein, dass sichergestellt ist, dass durch die Manipulatorbewegung oder durch fallen gelassene Lasten bei Ausfall oder Abschaltung der Stromversorgung keine Verletzungen verursacht werden. Dies gilt unabhängig von der Versorgungsart (z. B. elektrisch, hydraulisch, pneumatisch, Vakuum usw.);
- b) Haushalts- und Assistenzroboter mit mobilen Plattformen müssen so konstruiert sein, dass sichergestellt ist, dass sie nach Ausfall oder Abschaltung der Stromversorgung keine Verletzungen aufgrund der Roboterfortbewegung verursachen (z. B. sich unkontrolliert bewegender Roboter). Dies gilt unabhängig von der Art des Fortbewegungsmechanismus (z. B. Räder, Schienen, Beine);
- c) Haushalts- und Assistenzroboter, die in der Lage sind, die für ihre Betätigung erforderliche Leistung vorübergehend abzuschalten, müssen so konstruiert sein, dass sichergestellt ist, dass dies nicht dadurch zu einem unzulässigen Risiko führt, dass Roboterteile oder -komponenten bei einem Leistungsverlust oder -wechsel fallen gelassen werden;
- d) Bewegung ohne Antriebsleistung: Haushalts- und Assistenzroboter oder Teile derselben müssen mit Mitteln versehen sein, die einer einzelnen Person die Bewegung des Roboters ohne Antriebsleistung zu Flucht- oder Rettungszwecken entsprechend der Risikobeurteilung gestatten.

ANMERKUNG Zu den Anforderungen an die Versorgung mit elektrischer Leistung siehe IEC 60204-1.

5.3.3.2 Inhärent sichere Konstruktion

Eines der beiden oder beide der folgenden Verfahren sind anzuwenden:

- a) bei allen beweglichen Teilen Anwendung des Grundsatzes „zum Anlegen von Stromquelle trennen“ (en: de-energize to apply) bei der Konstruktion der Bremsmechanismen;
- b) interne Speicherung von ausreichend Energie, um das Wiederherstellen eines sicheren Zustands nach einem Ausfall/einer Abschaltung der Stromversorgung zu ermöglichen.

Maßnahmen zur Vermeidung eines unerwarteten Anlaufs sind ISO 14118 zu entnehmen.

5.3.3.3 Technische und ergänzende Schutzmaßnahmen

Wo zutreffend, sind Maßnahmen zur Bereitstellung einer nicht unterbrechbaren Stromquelle zu treffen.

5.3.3.4 Benutzerinformation

Die Benutzerinformation muss das mit einem Ausfall oder einer Abschaltung der Stromversorgung verbundene Restrisiko beschreiben.

5.3.3.5 Verifizierung und Validierung

Für Verifizierung und Validierung gelten die folgenden Verfahren: B, D, E, H.

5.4 Gefährdungen aufgrund der Form des Roboters

5.4.1 Allgemeines

Die folgenden Anforderungen müssen erfüllt sein:

- a) der Haushalts- und Assistenzroboter und seine Teile müssen so konstruiert sein, dass die Möglichkeit von Unfällen, die Quetschungen, Schnittwunden oder ähnliche Verletzungen verursachen könnten, vermieden wird;

BEISPIEL Die Riemen eines Exoskeletts sind so auszulegen, dass sie keine Verletzungen wie Schnitte oder Abschürfungen verursachen.

- b) der Haushalts- und Assistenzroboter muss so konstruiert sein, dass sichergestellt ist, dass Roboterteile nicht auf eine gefährdende Art und Weise abfallen. Zusammenstöße mit anderen Objekten sind ebenfalls zu berücksichtigen.

5.4.2 Inhärent sichere Konstruktion

Scharfe Kanten und Stellen müssen bei der Konstruktion des Haushalts- und Assistenzroboters nach ISO 12100 vermieden werden.

Öffnungen oder Zwischenräume im zugänglichen Teil des Roboters sind so auszulegen, dass das Einschieben menschlicher Körperteile gemäß ISO 13854 und ISO 15534-2 verhindert wird, was auch die Verwendung fester/beweglicher trennender Schutzeinrichtungen um die Räder umfasst.

Die Robotergelenke (z. B. im Manipulator) sind so zu konstruieren, dass bei Bewegung der Gelenke keine menschlichen Körperteile gequetscht werden können. Dies kann durch Änderung der Geometrie des Roboters sowie durch Beschränkung der Gelenkgrenzen erfolgen.

5.4.3 Technische und ergänzende Schutzmaßnahmen

Eine oder mehrere der folgenden Anforderungen müssen erfüllt sein:

- a) Druckempfindliche Schutzausrüstung, z. B. Schaltleisten, -stangen, -elemente, -puffer, -flächen, -leinen usw. müssen verwendet werden, um gefährdende Stoßeinwirkungen zu vermeiden. Diese kontaktempfindlichen Einrichtungen müssen je nach Risikobeurteilung Abschnitt 6.6.3 entsprechen. Werden sie zur Objekterkennung verwendet, müssen sie Abschnitt 6.1 entsprechen und wie in EN 1525 beschrieben montiert sein;
- b) berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen (BWS): Werden diese als primäres Detektionselement verwendet, müssen sie eine entsprechende Zuverlässigkeit im Hinblick auf ihren Betrieb und ihre Montage aufweisen und je nach Risikobeurteilung Abschnitt 6.6.2 entsprechen. Werden Personen, Tiere oder sonstige Objekte innerhalb des Detektionsfeldes in der Hauptbewegungsrichtung eines Haushalts- und Assistenzroboters erkannt, muss dies den Roboter zum Anhalten veranlassen (in Übereinstimmung mit Abschnitt 6.1 und Abschnitt 6.2), bevor es zum Kontakt zwischen der Roboterstruktur und der Person oder dem Objekt kommt;
- c) um die Gefährdung durch Abscheren, Stechen oder Schneiden zu eliminieren und die Gefährdung durch Stöße zu reduzieren, sind scharfe Kanten und Stellen zu polstern; siehe Anmerkung unter Abschnitt 5.8.5.1;

- d) da sich die zutreffenden Normen wie ISO 13856 nicht auf Kleinkinder oder Säuglinge beziehen, sind strengere (anspruchsvollere) Anforderungen an die Erkennung (geringerer Druck bei Pufferbetätigung, kleinere Auflösung der BWS, um die kleineren Gliedmaßen von Kindern zu erkennen) in Betracht zu ziehen, wenn sich dies in der Risikobeurteilung als notwendig erweisen sollte.

ANMERKUNG ISO 13855 stellt Beispiele dafür vor, wie die Anwesenheit von Kindern berücksichtigt werden kann.

5.4.4 Benutzerinformation

Die Restrisiken der Form eines Haushalts- und Assistenzroboters, die nach einer inhärent sicheren Konstruktion und der Integration von Schutzmaßnahmen verbleiben, sind in der Betriebsanleitung anzugeben.

Warnhinweise und Anleitungen zur Minderung der formbedingten Risiken müssen ISO 12100 und ISO 7000 entsprechen.

Die Benutzerinformation muss Anleitungen bezüglich der Schutzausrüstung (z. B. Handschuhe usw.) enthalten, die für die Handhabung, Benutzung, Bedienung usw. des Haushalts- und Assistenzroboters notwendig ist.

5.4.5 Verifizierung und Validierung

Für Verifizierung und Validierung gelten die folgenden Verfahren: A, G, H.

5.5 Emissionen

5.5.1 Gefährdender Lärm

5.5.1.1 Allgemeines

Personen, die sich in der Nähe des Haushalts- und Assistenzroboters aufhalten, müssen gegen Lärm geschützt sein, der unmittelbar zu einer Gehörschädigung, zu Stress, Unbehaglichkeit, Gleichgewichtsverlust oder Bewusstlosigkeit des Benutzers oder zu ähnlichen auf den Roboterbetrieb zurückzuführenden Störungen führen könnte.

Der vom Haushalts- und Assistenzroboter ausgehende Geräuschpegel muss so niedrig sein, dass keine besondere Schutzausrüstung getragen werden muss.

Der Haushalts- und Assistenzroboter muss den für seine vorgesehene Verwendung relevanten Geräuschemissionsnormen entsprechen (siehe zum Beispiel ISO 1996, ISO 3740, ISO 11200, ISO/TS 15666, ISO 15667).

ANMERKUNG Zur Beurteilung von Umgebungslärm siehe ISO 1996, Teil 1 und Teil 2.

5.5.1.2 Inhärent sichere Konstruktion

Eine oder mehrere der folgenden Anforderungen müssen erfüllt sein:

- a) geräuscharme Bauteile – der Roboter kann mit Bauteilen ausgeführt werden, die während des Betriebs von Natur aus ruhig sind;
- b) geeignetes Betriebsverhalten – die Handlungen und/oder Bewegungen des Roboters können so ausgelegt sein, dass sie für die jeweiligen Aufgaben des Roboters so ruhig ablaufen wie praktisch möglich;
- c) schallabsorbierende Werkstoffe – für den Roboter können Werkstoffe verwendet werden, die Geräusche absorbieren und deren Abstrahlung nach außen verhindern.

5.5.1.3 Technische und ergänzende Schutzmaßnahmen

Eine der beiden oder beide der folgenden Maßnahmen sind anzuwenden:

- a) zusätzliche schallabsorbierende Werkstoffe, zum Beispiel Schaum, Schallwände, Vorhänge, Beschichtungen zur Verhinderung einer Geräuschemission;
- b) Anwendung aktiver Geräuschunterdrückungsmechanismen.

5.5.1.4 Benutzerinformation

Die Benutzerinformation muss geeignete Anleitungen enthalten, und am Haushalts- und Assistenzroboter müssen sichtbare Warnschilder angebracht sein, um das Gehör von Personen innerhalb eines festgelegten Bereichs zu schützen, falls der Roboter intensive Schallenergien abstrahlt.

5.5.1.5 Verifizierung und Validierung

Für Verifizierung und Validierung gelten die folgenden Verfahren: B, H.

Die Messung, Angabe und Verifizierung der Geräuschemissionswerte muss nach ISO 3746 bzw. ISO 11202 erfolgen.

5.5.2 Gefährdende Vibration

5.5.2.1 Allgemeines

Benutzer von Haushalts- und Assistenzrobotern müssen gegen vom Roboter während dessen Betrieb ausgehende schädliche indirekte oder direkte Vibrationen so geschützt sein, dass beim Roboterbetrieb auf den körperlichen Zustand des Benutzers geachtet wird:

- a) Benutzer sind gegen schädliche Vibrationen zu schützen, die Verletzungen wie Sehnenentzündungen, Rückenschmerzen, Unbehaglichkeit, Neurosen, Arthritis oder ähnliche Störungen jeglicher Art aufgrund der kontinuierlichen Benutzung des Roboters verursachen könnten;
- b) unbeabsichtigte Vibrationen zwischen 0,5 Hz und 80 Hz können gesundheitliche Probleme, Unbehaglichkeit und Wahrnehmungsprobleme verursachen. Vibrationen zwischen 0,1 Hz und 0,5 Hz können Bewegungskrankheit verursachen; daher muss die Konstruktion von Haushalts- und Assistenzrobotern allen zutreffenden Teilen von ISO 2631 entsprechen.

5.5.2.2 Inhärent sichere Konstruktion

Dazu können unter anderem folgende Maßnahmen gehören:

- a) der Roboter kann so konstruiert sein, dass die von seinen mechanischen Bauteilen verursachten Vibrationen auf ein Mindestmaß beschränkt sind;
- b) Sitzflächen auf dem Roboter können mit Mechanismen zur Vibrationsabsorption konstruiert sein;
- c) Auswahl und Verwendung vibrationsabsorbierender Werkstoffe in der Konstruktion, um das Ausmaß zu beschränken, in dem Personen den sich im Roboter befindlichen Vibrationsquellen ausgesetzt sind;
- d) Einschränkung der Bewegung des Roboters auf angemessene Geschwindigkeiten, die keine oder nur minimale Vibrationen verursachen.

5.5.2.3 Technische und ergänzende Schutzmaßnahmen

Insbesondere werden zusätzliche Gegenmaßnahmen (z. B. Stoßdämpfer) empfohlen, wenn die Bedienperson eines Haushalts- und Assistenzroboters in direkten Kontakt mit dem Roboter kommt (z. B. Personentrageroboter und/oder bewegungsunterstützender Roboter).

5.5.2.4 Benutzerinformation

Die Benutzerinformation muss die vibrierenden Bauteile angeben und festlegen, welche Schutzausrüstung vom Benutzer zu tragen ist.

5.5.2.5 Verifizierung und Validierung

Für Verifizierung und Validierung gelten die folgenden Verfahren: C, D.

5.5.3 Gefährdende Stoffe und Flüssigkeiten

5.5.3.1 Allgemeines

Benutzer von Haushalts- und Assistenzrobotern müssen geschützt werden gegen die Emission giftiger oder schädlicher Materialien oder Lösemittel, die sich auf der Roboter Oberfläche, bzw. bei hochflüchtigen Lösemitteln auch im Roboterinneren, befinden und Verbrennungen oder Reizungen jeglicher Art verursachen können (siehe zum Beispiel ISO 14123-1).

Allgemein sollten Haushalts- und Assistenzroboter so konstruiert sein, dass keine besonderen Schutzausrüstungen gegen gefährdende Stoffe und Flüssigkeiten vom Benutzer getragen werden müssen.

Materialien, die Allergien verursachen können, sollten auf der Oberfläche, die bei normaler Anwendung des Roboters in Kontakt mit der Haut kommt, nicht verwendet werden.

ANMERKUNG Nickel, Chrom sowie einige Gummiarten können allergische Reaktionen hervorrufen.

5.5.3.2 Inhärent sichere Konstruktion

Dazu können unter anderem folgende Maßnahmen gehören:

- a) Beseitigung oder Vermeidung potentiell gefährdender Stoffe und Flüssigkeiten wie Öl, Kühlflüssigkeit und Staub, der durch den Bremsabrieb im Inneren des Roboters entsteht;
- b) Konstruktion des Roboters, die vorsieht, dass Stoffe nicht in die Umgebung freigesetzt werden, sondern im Roboterinneren eingeschlossen werden.

5.5.3.3 Technische und ergänzende Schutzmaßnahmen

Dazu können unter anderem gehören:

- a) Maßnahmen zur Erkennung des Verlustes von gefährdenden Stoffen und Flüssigkeiten (z. B. Öl usw.), falls diese für den Betrieb erforderlich sind;
- b) Absperrventile oder Sicherungen zum Abdichten undichter Leitungen.

5.5.3.4 Verifizierung und Validierung

Für Verifizierung und Validierung gelten die folgenden Verfahren: G, H.

5.5.4 Extremtemperaturen

5.5.4.1 Allgemeines

Roboterbenutzer müssen geschützt werden gegen vom Roboter oder seinen Komponenten ausgehende Temperaturen (hohe oder niedrige Temperaturen), die Verbrennungen, Frostbeulen, Stress, Unbehaglichkeit oder ähnliche Störungen jeglicher Art verursachen können. Die Oberflächentemperaturen von Teilen, die berührt werden können, sollten im Bereich von 10 °C bis 43 °C bleiben, wie in ISO 13732, Teil 1 bis Teil 3 festgelegt. Weiterhin sollte berücksichtigt werden, welcher Körperteil mit der Roboter Oberfläche in Kontakt kommt (z. B. Hand, Fuß oder Gesicht), die Art der Oberfläche (z. B. Metall, Holz oder Kunststoff) sowie die Struktur der Oberfläche.

5.5.4.2 Inhärent sichere Konstruktion

Dazu können unter anderem folgende Maßnahmen gehören:

- a) Beseitigung oder Vermeidung extremer Temperaturquellen im Roboter;
- b) Verwendung von Werkstoffen und Werkstofftexturen mit geeigneter Wärmeleitfähigkeit.

5.5.4.3 Technische und ergänzende Schutzmaßnahmen

Dazu können unter anderem gehören:

- a) Reduzierung (oder Erhöhung) der Oberflächentemperatur mittels eines geeigneten Kühlsystems (oder Heizsystems);
- b) Isolierung oder Verwendung trennender Schutzeinrichtungen (siehe ISO 14119).

5.5.4.4 Benutzerinformation

Die Benutzerinformation muss auf den extrem heißen/kalten Teilen Warnhinweise und Kennzeichnungen nach ISO 3864-1 umfassen. Erforderlichenfalls sind Anleitungen zu Schutzvorkehrungen bei Anwendung, Handhabung, Instandhaltung und Demontage des Haushalts- und Assistenzroboters zu geben.

5.5.4.5 Verifizierung und Validierung

Für Verifizierung und Validierung gelten die folgenden Verfahren: C, D.

5.5.5 Gefährdende nichtionisierende Strahlung

5.5.5.1 Allgemeines

Emissionen durch gefährdende Ultraschall-, Laser- und Lichtquellen sind zu verhindern. Lichtquellen, bei denen es sich nicht um Laser handelt, müssen so konstruiert sein, dass die Expositionsgrenzen für die Benutzer nach IEC 62471 nicht überschritten werden.

5.5.5.2 Inhärent sichere Konstruktion

Bei Verwendung von Lasern darf Klasse 1 nach IEC 60825-1 nicht überschritten werden, es sei denn, eine höhere Klasse ist erforderlich und die Ergebnisse der Risikobeurteilung zeigen, dass eine alternative Klasse geeignet ist.

5.5.5.3 Technische und ergänzende Schutzmaßnahmen

Haushalts- und Assistenzroboter sind so zu konstruieren, dass sie Schutzblenden und/oder abnehmbare trennende Schutzeinrichtungen aufweisen, wenn sich dies in einer Risikobeurteilung als erforderlich herausstellt. Außerdem sollten zum Beispiel Laserstrahlen, wenn diese zur Detektion eingesetzt werden, nicht in eine Richtung strahlen, in der sich wahrscheinlich Augen befinden. Funktionen, die laserbasierte Messwertgeber steuern, müssen je nach Risikobewertung des Roboters Abschnitt 6.1 entsprechen.

5.5.5.4 Benutzerinformation

Die Benutzerinformation muss Einzelheiten zu potentiell gefährdenden Emissionen enthalten, denen Personen und eventuell Haustiere oder Gegenstände in der Betriebsumgebung des Roboters wahrscheinlich ausgesetzt sind. Die Benutzerinformation muss empfehlen, nicht direkt ins Licht zu schauen und Hinweise zu persönlicher Schutzausrüstung oder sonstigen besonderen Verhaltensweisen geben. Auf dem Roboter sind entsprechende Kennzeichnungen anzubringen, deren Bedeutung in den Benutzerinformationen zu beschreiben ist.

5.5.5.5 Verifizierung und Validierung

Für Verifizierung und Validierung gelten die folgenden Verfahren: C, D, G.

5.5.6 Gefährdende ionisierende Strahlung

5.5.6.1 Allgemeines

Die Benutzer von Haushalts- und Assistenzrobotern sowie Dritte müssen gegen vom Roboter oder dessen Komponenten ausgehende ionisierende Strahlung geschützt werden. Die Exposition ist auf ein Mindestmaß zu beschränken, um gefährliche Verletzungen oder Störungen zu vermeiden.

Mechanismen, die eine ionisierende Strahlung erzeugen, sollten in der Regel in keinem (nichtmedizinischen) Haushalts- und Assistenzroboter verwendet werden. Sind derartige Mechanismen für die Roboteranwendung von wesentlicher Bedeutung (d. h. wenn es kein alternatives Verfahren gibt, mit dem die Anwendungsziele erreicht werden können), dann müssen besondere Schutzanforderungen erarbeitet werden (z. B. Leitlinien, siehe ISO 2919, ISO 3925, ISO 14152).

5.5.6.2 Inhärent sichere Konstruktion

Durch Verstärkung der Dicke der tragenden und mechanischen Teile, Wände und Platten muss für eine Abschirmung gesorgt werden (zum Beispiel Leitlinien, siehe ISO 6385 und ISO 7212).

Die Leistung der Strahlungsquelle sollte auf das geringste Maß begrenzt werden, bei dem der Roboter noch ordnungsgemäß funktioniert.

Die Quelle ist so zu konstruieren, dass der Strahl nur auf das Ziel gebündelt ist.

5.5.6.3 Technische und ergänzende Schutzmaßnahmen

Zu dieser Gefährdung gibt es keine Empfehlungen hinsichtlich technischer Schutzmaßnahmen.

5.5.6.4 Benutzerinformation

Die Benutzerinformation muss die vom Roboter erzeugte Emission angeben.

Strahlungsquellen müssen mit Warnhinweisen zu der Art der Gefährdung, die durch die Quelle entstehen kann, gekennzeichnet sein, wobei technische Schutzmaßnahmen zu berücksichtigen sind.

5.5.6.5 Verifizierung und Validierung

Für Verifizierung und Validierung gelten die folgenden Verfahren: C, H.

5.6 Elektromagnetische Störung

5.6.1 Allgemeines

Für alle vernünftigerweise vorhersehbaren elektromagnetischen Störungen sind gefährdende Roboterbewegungen und unsichere Systemzustände, die durch eine gestörte Sicherheitsfunktion verursacht werden, zu verhindern.

Haushalts- und Assistenzroboter sollten allen maßgebenden EMV-Normen entsprechen, zum Beispiel IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3, IEC 61000-6-4 und IEC 60204-1. Abweichungen sind zulässig, wenn eine Risikobeurteilung dies ergeben hat und die getroffenen Entscheidungen dokumentiert sind. Außerdem kann IEC/TS 61000-1-2 nützlich sein für Verfahren zum Erreichen der funktionalen Sicherheit von elektrischen und elektronischen Systemen einschließlich Einrichtungen im Hinblick auf elektromagnetische Phänomene.

Haushalts- und Assistenzroboter müssen mit allen geltenden spektrumbezogenen Regelungen übereinstimmen.

5.6.2 Inhärent sichere Konstruktion

Die in Abschnitt 6.1 angegebenen Funktionen, die unmittelbar zur Sicherheit beitragen, müssen so konstruiert sein, dass sie den in IEC 62061, 6.4.3, festgelegten Anforderungen an die elektromagnetische Störfestigkeit entsprechen.

Funktionen des Robotersystems, die nicht sicherheitskritisch sind, sollten je nach vorgesehener Betriebsumgebung IEC 61000-6-1 oder IEC 61000-6-2 entsprechen.

5.6.3 Technische und ergänzende Sicherheitsmaßnahmen

Durch elektromagnetische Abschirmung ist das Risiko auf ein annehmbares Maß zu senken.

ANMERKUNG Alle Mechanismen, die als Quelle elektromagnetischer Strahlung wirken, können im Hinblick auf ihre Gesamtleistungsaufnahme (Strom/Spannung) oder auf aktive Emissionen (zum Beispiel Wickelsensoren) überwacht werden; wenn die elektromagnetischen Emissionen die Auslegungsgrenzen überschreiten, sind ein oder mehrere Mechanismen abzuschalten (von der Stromquelle zu trennen, zu isolieren), bis die Werte wieder eingehalten werden.

5.6.4 Benutzerinformation

Die Benutzerinformation muss die erforderlichen Angaben zur Eigenschaft der strahlenden elektromagnetischen Wellen sowie zur Eigenschaft der elektromagnetischen Wellen, die möglicherweise Störungen verursachen können, enthalten.

5.6.5 Verifizierung und Validierung

Für Verifizierung und Validierung gilt das folgende Verfahren: C.

5.7 Gefährdungen durch Stress, Körperhaltung und Benutzung

5.7.1 Allgemeines

In der Risikobeurteilung sind Gefährdungen durch Stress, Körperhaltung und Benutzung zu identifizieren, und die Konstruktion des Haushalts- und Assistenzroboters muss sicherstellen, dass das Risiko derartiger Gefährdungen auf einem Mindestmaß gehalten wird. Dies kann durch folgende Anforderungen erreicht werden, wobei jedoch noch weitere Anforderungen erforderlich sein können:

- a) ein Roboter muss so konstruiert sein, dass psychische(r) oder körperliche(r) Stress oder Belastung des Benutzers bei dauerhafter Anwendung vermieden werden, einschließlich unter anderem unbequeme Verwendung oder Körperhaltung, Betriebsumgebungen, die unmittelbar zu körperlicher Ermüdung, Sehnenentzündungen, psychischer oder nervlicher Belastung oder ähnlichen Erkrankungen oder Störungen führen können;
- b) bei der Konstruktion des Roboters müssen typische Körpergrößen der vorgesehenen Benutzergruppen berücksichtigt werden, um körperlich anstrengende Haltungen zu vermeiden bzw. um eine einfache Bedienung sicherzustellen. ISO 14738 beschreibt, wie ergonomische Grundsätze bei der Gestaltung von Maschinenarbeitsplätzen angewendet werden sollten. Dies sollte beim Bau eines Haushalts- und Assistenzroboters berücksichtigt werden, bei dem jemand auf dem Roboter sitzt oder vor diesem steht;
- c) Benutzerschnittstellen wie Steuereinrichtungen oder Elemente zum Signalisieren oder zur Anzeige von Daten müssen so gestaltet sein, dass sie leicht verstanden werden, damit eine klare und eindeutige Kooperation zwischen Mensch und Roboter möglich ist;
- d) der Roboter muss den Ergonomienormen entsprechen, die für seine vorgesehene Verwendung gelten (siehe ISO 9241-100, ISO 9241-210, ISO 9241-400, ISO 9241-920, ISO 11228-1 bis ISO 11228-3).

5.7.2 Inhärent sichere Konstruktion

Dazu können unter anderem gehören:

- a) die Auslegung und Anordnung von Bedienelementen, die sicherstellen sollte, dass diese Elemente betätigt werden können, ohne dass körperlicher Stress oder Unbehaglichkeit verursacht werden;
- b) die ordnungsgemäße ergonomische Auslegung und Anordnung des Sitzes, die sicherstellen sollte, dass während des Roboterbetriebs eine gute Körperhaltung beibehalten werden kann;
- c) Befehlsgeräte, die abnehmbar oder in der Hand zu halten sind, anstatt in einer ungeeigneten Position dauerhaft am Roboter befestigt zu sein;
- d) Verminderung von Lärm und einförmiger akustischer Reizung;
- e) Bereitstellung einer angemessenen Beleuchtung;
- f) Vermeidung der Notwendigkeit eines ständigen oder länger andauernden Achtgebens auf kritische Signale, soweit praktisch möglich;
- g) angemessene Gestaltung der Anzeigen;
- h) Verminderung von Signalunsicherheiten und Verbesserung der Erkennbarkeit.

5.7.3 Technische und ergänzende Schutzmaßnahmen

Eine der beiden oder beide der folgenden Maßnahmen sollten angewendet werden:

- a) Verwendung von Stoßdämpfungsmechanismen (Aufhängungen);
- b) Verwendung von Stützen für eine gesunde Körperhaltung.

5.7.4 Benutzerinformation

Die Benutzerinformation muss Anleitungen zur korrekten Betätigung der Bedienelemente enthalten und dazu, wie der Haushalts- und Assistenzroboter zu benutzen ist. Darüber hinaus muss die Benutzerinformation auf die Notwendigkeit einer Schulung zur Vermeidung des Überschreitens der empfohlenen Benutzungszeit hinweisen.

5.7.5 Verifizierung und Validierung

Für Verifizierung und Validierung gelten die folgenden Verfahren: A, C, D, H.

5.8 Gefährdungen durch die Bewegung des Roboters

5.8.1 Allgemeines

Das Gefährdungsrisiko, das von der Bewegung eines Haushalts- und Assistenzroboters ausgeht, muss auf ein annehmbares Maß gesenkt werden. Roboterbauteile müssen so konstruiert, ausgeführt, gesichert oder umschlossen sein, dass die Risiken einer Gefährdung durch ein Abbrechen oder Lösen der Bauteile oder durch Freisetzung gespeicherter Energie auf ein annehmbares Maß gesenkt werden.

Gefährdete Personen müssen gegen gefährdende Bewegungen des Roboters wie Umfallen und unkontrolliertes Bewegen bei normaler Verwendung und normalem Betrieb, in Kurven und auf geneigten Flächen und unter ähnlichen Betriebsbedingungen im Arbeitsbereich des Roboters geschützt werden.

5.8.2 Mechanische Instabilität

5.8.2.1 Allgemeines

Die folgenden Anforderungen müssen erfüllt sein:

- a) Haushalts- und Assistenzroboter müssen so konstruiert sein, dass mechanische Instabilität (wie Umkippen, Umfallen oder übermäßiges Neigen in Bewegung) minimiert wird. Die Roboter müssen ausreichend standsicher sein, um bei ihren festgelegten Anwendungsbedingungen genutzt werden zu können. Besondere Anforderungen an die Standsicherheit bestimmter Roboterarten in bestimmten Situationen sind in 5.8.3 bis 5.8.6 festgelegt;
- b) Haushalts- und Assistenzroboter müssen so konstruiert sein, dass zur Wahrung der mechanischen Stabilität keine außergewöhnlichen Handlungen oder Prozeduren seitens des Benutzers erforderlich sind;
- c) die mechanische Stabilität darf in keiner Phase des Lebenszyklus des Roboters beeinträchtigt werden (einschließlich Handhabung, Transport, Installation, Anwendung, Außerbetriebnahme und Demontage);
- d) die Roboter müssen den für die jeweils vorgesehene Verwendung geltenden Normen zur mechanischen Stabilität entsprechen (siehe z. B. ISO 7176-1 für mobile Haushalts- und Assistenzroboter und ISO 7176-2 zur statischen und dynamischen Stabilität von Rollstühlen);
- e) die Standsicherheit ist auch bei Einwirkung statischer und dynamischer Kräfte durch bewegliche Teile und Lasten des Roboters (z. B. ausfahrbare Manipulatoren) zu wahren.

5.8.2.2 Inhärent sichere Konstruktion

Dazu können unter anderem gehören:

- a) eine geeignete leichte Konstruktionsweise und leichte Werkstoffe für die Ausführung des Roboters, soweit praktisch möglich;
- b) Auslegung der Standfläche so groß wie praktisch möglich;
- c) Roboterschwerpunkt so niedrig wie praktisch möglich wählen;
- d) Sicherstellung durch die Konstruktion, dass mechanische Resonanzeffekte nicht zu einer Instabilität führen;
- e) Anwendung der in ISO 12100 beschriebenen Maßnahmen;
- f) Massen der beweglichen Teile, vor allem des Manipulators, so gering wie möglich halten.

5.8.2.3 Technische und ergänzende Schutzmaßnahmen

Schutzmaßnahmen können eine oder mehrere der folgenden Maßnahmen umfassen:

- a) Mittel zur Verhinderung des Einsetzens von Instabilität;
- b) Mittel zur Überwachung des Einsetzens von Instabilität und zum Handeln (oder nicht Handeln) zwecks Vermeidung von Verletzungen;
- c) Mittel zur Vermeidung von Verletzungen bei Umkippen oder Fallen;
- d) Mittel zur Begrenzung der Geschwindigkeit oder der Reichweite des Manipulators;
- e) Mittel zur Vermeidung von Überlastung.

BEISPIEL Kippsensoren, Gurte, Überrollbügel, Rückführregelung

Steuerungen, die die oben genannten Funktionen ausführen, müssen je nach Risikobeurteilung des Roboters Abschnitt 6.1 entsprechen.

5.8.2.4 Benutzerinformation

Die Benutzerinformation muss die Grenzwerte angeben, die bei Anwendung in Bezug auf die Neigung der Fahrfläche, die Geschwindigkeit, die Nutzlast usw. zu beachten sind.