

## 3.2.7 Nutzung von Robotern



■ **Stichwörter:** Assistenzroboter, Industrieroboter, Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK), Serviceroboter

### > Warum ist das Thema wichtig?

Im Industriebereich wird schon seit längerem mit Robotern gearbeitet. Diese sind in der Regel durch Schutzzäune vom Menschen getrennt. Die 4.0-Generation der Roboter agiert autonom und selbstlernend, gesteuert von intelligenter Software<sup>1</sup> mit ihren Modellen der künstlichen Intelligenz (KI). Sie treten direkt in Interaktion mit dem Menschen. Ohne Schutzzaun und Umwehrung (Mensch-Robo-

ter-Kollaboration, MRK). Diese Roboter sind nicht nur in der Industrie im Einsatz, sondern zunehmend auch in fast allen Branchen.

Die Steuerung und Vernetzung von Robotern über intelligente Software (inkl. KI) ermöglichen eine Zusammenarbeit und Kooperation von Mensch und Roboter in enger räumlicher Nähe. Dabei können die Roboter als Teil cyber-physischer Systeme

(CPS)<sup>2</sup> auf Bewegungen und Angaben der Menschen reagieren und mit ihnen interagieren. Gleichzeitig produzieren Roboter Daten, die für cyber-physische Systeme in 4.0-Prozessen<sup>3</sup> genutzt werden können. Damit Roboter produktiv, sicher und gesundheitsgerecht eingesetzt werden können, sollte der Betrieb einige Maßnahmen präventiver Arbeitsgestaltung berücksichtigen.

### > Worum geht es bei dem Thema?

#### **Begriff: Roboter**

(Industrie-)Roboter sind nach VDI-Richtlinie 2860 definiert als „universell einsetzbare Bewegungsautomaten mit mehreren Achsen, deren Bewegungen hinsichtlich Bewegungsfolge und Wegen beziehungsweise Winkeln frei (das heißt ohne mechanischen Eingriff) programmierbar und gegebenenfalls sensorgeführt sind. Sie sind mit Greifern, Werkzeugen oder anderen Fertigungs-

mitteln ausrüstbar und können Handhabungs- und/oder Fertigungsaufgaben ausführen.“<sup>4</sup>

Im Rahmen der digitalen Transformation werden autonome Roboter entwickelt, die sich in der Raumumgebung bewegen und unmittelbar mit dem Menschen interagieren – sogenannte kollaborierende Roboter.<sup>5</sup> Sie grenzen sich gegenüber kooperierenden Robotern sowie der bloßen Koexistenz von Mensch und Roboter dadurch ab, dass

Berührungen zwischen Mensch und Roboter nicht nur möglich, sondern teilweise sogar gewünscht sind, beispielsweise wenn der Roboter dem Menschen assistieren soll. Roboter, die über intelligente Software (inkl. KI) gesteuert werden, agieren und bewegen sich autonom. Dabei gibt es unterschiedliche Autonomiegrade (Informationsaufnahme, Informationsverarbeitung, Entscheidungsfindung und Handlungsausführung).<sup>6</sup>

Mit autonomen Robotern entsteht eine neue Form der Zusammenarbeit zwischen Mensch und Technik, in der der Roboter eine unterstützende oder assistierende Funktion einnimmt, beziehungsweise eigenständig Aufgaben übernimmt und sich selbst steuert. *Abbildung 1* zeigt mögliche Formen der Gestaltung von Arbeitsplätzen mit Robotern.

Die Kollaboration zwischen Mensch und Roboter bedeutet ein neues Gefährdungspotenzial für den Menschen. Grundlegende Gefährdungen in der Zu-

sammenarbeit mit dem Roboter, wie Kollisionen, Stoßen und Quetschen, müssen verhindert werden. Algorithmen und Sensoren zur Druckmessung können beispielsweise erkennen, wie stark ein Kontakt mit Hindernissen ist.

Neben dieser reaktiven Steuerung ermöglicht die intelligente Software (inkl. KI) eine proaktive Steuerung des Roboters durch 4.0-Technologien.<sup>7</sup> Diese ist beispielsweise durch den Einsatz eines Handgeräts, über berührungssensitive Flächen oder mittels kamerabasierter

Blick- oder Gestensteuerung möglich.<sup>8</sup> Eine weitere Form ist die Verwendung vernetzter Handschuhe, die beispielsweise Greifbewegungen des Menschen auf den Roboter übertragen. Außerdem kann der Roboterarm durch den Menschen geführt werden, wenn der Mensch durch leichte Druck- und Ziehbewegungen die Richtung vorgibt und der Roboter folgt.

Die Anwendungsbereiche und Interaktionsformen von Robotern sind vielfältig. Sie umfassen zum Beispiel die physische Entlastung, die Unterstützung

Diese Umsetzungshilfe gibt Experten und Interessierten Anregungen, wie Arbeit 4.0 zu gestalten ist. Die Empfehlungen sollten an die jeweilige konkrete betriebliche Situation angepasst werden.

<sup>1</sup> Intelligente Software steuert cyber-physische Systeme (CPS) und andere autonome technische Systeme (wie Messenger-Programme). Intelligente Software nutzt Modelle künstlicher Intelligenz zusammen mit anderen Basistechnologien wie zum Beispiel Algorithmen, semantischen Technologien, Data-Mining. Intelligente Software ist autonom und selbstlernend.

<sup>2</sup> Cyber-physische Systeme (CPS) verbinden und steuern als autonome technische Systeme Arbeitsmittel, Produkte, Räume, Prozesse und Menschen beinahe in Echtzeit. Die komplette oder teilweise Steuerung übernimmt intelligente Software auf Grundlage von Modellen der künstlichen Intelligenz. Genutzt werden dazu unter anderem auch Sensoren/Aktoren, Verwaltungsschalen, Plattformen/Clouds.

<sup>3</sup> Unter 4.0-Prozessen werden hier alle Arbeitsprozesse verstanden, in denen cyber-physische Systeme (CPS) oder andere autonome technische Systeme (wie Plattformen, Messenger-Programme) beteiligt sind. 4.0-Prozesse sind in den Arbeitsprozessen bisher selten vollständig, aber in Ansätzen in allen Betrieben umgesetzt.

<sup>4</sup> VDI-Richtlinie 2860

<sup>5</sup> Onnasch et al. 2016

<sup>6</sup> Onnasch et al. 2016

<sup>7</sup> 4.0-Technologie bezeichnet hier Hardware und technologische Produkte (wie Assistenzmittel/Smartphones, Sensoren/Aktoren in smarten Arbeitsmitteln, Fahrzeugen, Produkten, Räumen usw., smarte Dienstleistungen, Apps), die von intelligenter Software (inkl. KI) ganz oder teilweise gesteuert werden.

<sup>8</sup> Blume et al. 2014, S. 741

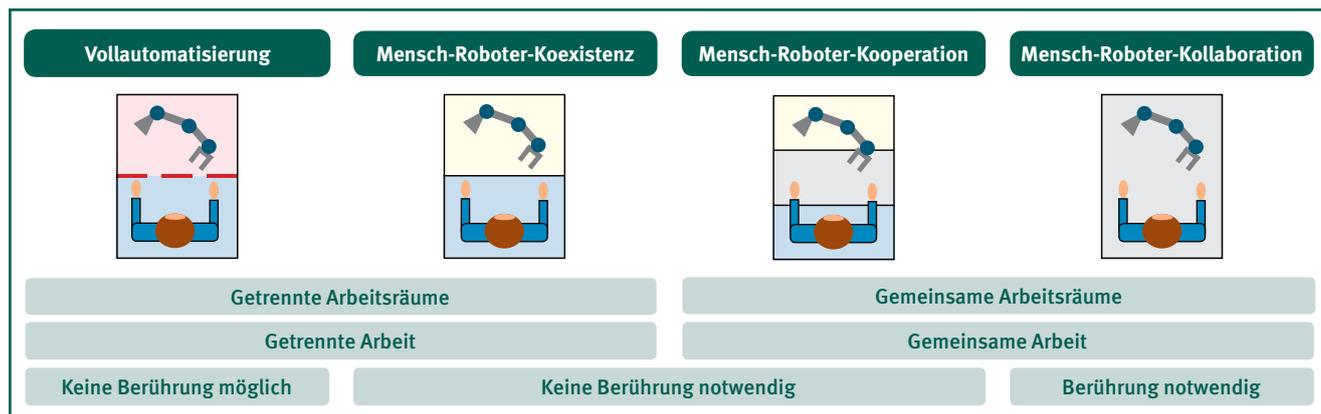


Abbildung 1: Möglichkeiten der Gestaltung von Arbeitsplätzen mit Robotern (in Anlehnung an Otto & Zunke 2015)

beim Transport, das Heben und Tragen, die Bearbeitung von Materialien, die Ausführung von Präzisionsarbeiten oder den Informationsaustausch.<sup>9</sup> Im Rahmen dessen sammeln und speichern die Roboter permanent Daten über ihren Einsatz oder Details über ihre Tätigkeit (wie Orte oder Dauer). Diese Daten können über CPS für weitere Prozesse intelligent kombiniert und ausgewertet werden.

Die Roboter können auch mit anderen Robotern kollaborieren. Hier sind die Maßnahmen zum betriebssicheren Einsatz zu beachten. ▶ Siehe Umsetzungshilfen 3.1.1 Betriebssicherheit der CPS und 3.1.5 Sicherheit autonom fahrender Fahrzeuge.

In der Praxis sind zahlreiche Robotervarianten im Einsatz beziehungsweise im Entwicklungsstadium vorhanden. Es gibt folgende Beispiele:

**Service- und Assistenzroboter:**

- Roboter für den persönlichen Service (Rasen mähen, Staub saugen, Transport von Gegenständen, Öffnen von Türen, Massage, Zubereitung von Kaffee)<sup>10</sup>
- Menschenähnlich gestalteter Roboter, der informiert und kommuniziert sowie Personen unterstützt (Begrüßung, Navigation, Information, Bedienung von Arbeitsmitteln)<sup>11</sup>
- Pflegeroboter (Patienten waschen oder heben/drehen, Treppensteigen und dabei Lasten tragen oder Türen öffnen)<sup>12</sup>

**Industrieroboter:**

- Zweiarmeroboter für die Montage von Kleinteilen mit flexiblen Greifarmen, Teilezuführungssystemen und kamera-basierter Erkennung<sup>13</sup>
- Leichtbauroboter für kleinteilige Montagetätigkeiten<sup>14</sup>

- Menschenähnlich gestalteter Roboter für Präzisionsaufgaben, auch in kleinen Räumen einsetzbar, zum Packen, Be- oder Entladen<sup>15</sup>
- Transportroboter mit 35 kg Traglast<sup>16</sup>

Industrieroboter können je nach Gestaltung auch im Servicebereich eingesetzt werden.

Die Morphologie oder Gestaltung von Robotern ist wesentlich für die Erwartungen der Nutzer über die Fähigkeiten des Roboters und über die Art der Interaktion.<sup>17</sup> Ist der Roboter menschenähnlich gestaltet, geht der Nutzer in der Regel davon aus, dass mit dem Roboter gesprochen werden kann und dieser diese Form der Interaktion versteht und entsprechend reagiert. Der Mensch kann dazu neigen, zu dieser Art von Robotern emotionale Beziehungen aufzubauen.<sup>18</sup>

▶ Welche Chancen und Gefahren gibt es?

Die Nutzung von Robotern bieten unter anderem folgende **Chancen**:

- Entlastung von Beschäftigten, zum Beispiel durch:
  - ▶ Abnahme von körperlich schwerer oder einseitiger Arbeit
  - ▶ Vereinfachung von Arbeitsabläufen durch Assistenz
  - ▶ Abnahme von gefährlicher oder unliebsamer Arbeit, zum Beispiel in kontaminierten oder schwer zugänglichen Bereichen sowie in

Arbeitsbereichen, in denen Explosionsgefahr besteht

- Effizienzsteigerungen durch Kombination der Stärken des Menschen (beispielsweise Intuition, Flexibilität, Entscheiden und Urteilen), mit den Vorteilen des Roboters (beispielsweise ausdauernde, reproduzierbare und präzise Bewegungen)
- Effizientere und effektivere Gestaltung von Arbeitsabläufen (zum Beispiel durch Pflegeroboter), durch bessere

Nutzung von Laufwegen über selbstlernende Roboter

- Nutzung von Möglichkeiten zur Verbesserung von Produktivität und Qualität manueller Arbeitsplätze, zum Beispiel durch Assistenzroboter beim Rasenmähen und in der Gebäudereinigung
- Verbesserung der menschlichen Leistung, zum Beispiel Durchführung von Präzisionsarbeiten in der Medizin
- Mehr Daten über den Arbeitsablauf und Korrektur beinahe in Echtzeit

<sup>9</sup> Onnasch et al. 2016, S. 7  
<sup>10</sup> zum Beispiel P-Rob  
<sup>11</sup> zum Beispiel Pepper  
<sup>12</sup> zum Beispiel Cody, Romeo  
<sup>13</sup> zum Beispiel YuMi  
<sup>14</sup> zum Beispiel LBR iiwa  
<sup>15</sup> zum Beispiel Sawyer (rethink robotics)  
<sup>16</sup> zum Beispiel CR 35 IA  
<sup>17</sup> Onnasch et al. 2016, S. 8  
<sup>18</sup> Kuz 2016

Die Nutzung von Robotern können unter anderem mit folgenden **Gefahren** verbunden sein:

- Defizitäres Sicherheitskonzept beziehungsweise Verletzungsgefahr durch Mensch-Roboter-Kollaboration unter anderem durch:
  - › Nicht bestimmungsgemäßen Gebrauch
  - › Defekte
  - › Störungen in Abläufen
  - › Zugriff von Dritten › *Siehe Umsetzungshilfe 2.3.1 Datensicherheit in 4.0-Prozessen.*

*zungshilfe 2.3.1 Datensicherheit in 4.0-Prozessen.*

- Akzeptanzschwierigkeiten (gefühlte Sicherheit, Bedienerfreundlichkeit, Bewegungsverhalten und Anpassungsfähigkeit des Roboters)
- Verlust von Innovationsfähigkeit und Erfahrungswissen von Führungskräften und Beschäftigten, weil Tätigkeiten von Robotern übernommen werden
- Unwirtschaftlichkeit durch suboptimale Prozessplanung

- Verlust von Autonomie und Freiheitsgraden des Menschen
- Wahrnehmung der Kollaboration als Bedrohung (zum Beispiel Bedrohung der Position im Unternehmen, Arbeitsplatzsicherheit)
- Sammlung und Weiterleitung von personenbezogenen Daten der Beschäftigten im Umfeld
- Mangelnde Verfügbarkeit durch Störungen (wie Angriffe von außen, Funktionsfehler, Softwarefehler)

## › Welche Maßnahmen sind zu empfehlen?

### Vorüberlegungen

- Führungskräfte sollten sich vor der Beschaffung von Robotern beispielsweise mit folgenden Fragen auseinandersetzen:
  - › Wofür soll der Roboter eingesetzt werden?
  - › Welchen Nutzen bringt der geplante Einsatz (neben Wirtschaftlichkeit auch Folgekosten, Qualifizierungen und Trainings berücksichtigen, Vor- und Nachteile gegenüber Führungskräften und Beschäftigten)?
  - › Welche Roboter eignen sich für den geplanten Einsatz und welche Vor- und Nachteile haben die Systeme?
  - › Welche Anforderungen bestehen an einen sicheren und gesundheitsgerechten Umgang mit Robotern?
  - › Wie sollen die Roboter in den Arbeitsprozess implementiert werden?
  - › Welche Daten liefert der Roboter und wie können/sollten diese genutzt werden (Datenschutz, Datenqualität)? › *Siehe Umsetzungshilfen 2.3.2 Datenschutz in 4.0-Prozessen und 2.3.3 Datenqualität in 4.0-Prozessen.*
  - › Vom Hersteller kurze und verständliche Informationen einfordern, welche Daten der Roboter erfasst, wie und wo sie gespeichert und verarbeitet werden und wer Zugriff auf die Daten hat. › *Siehe Umsetzungshilfe 1.1.7 Informationsblatt smartes Produkt.*

- › Welche Interventionsmöglichkeiten haben die Beschäftigten und wie sind diese zu beschreiben?
- › Wie können die Erfahrungen der Beschäftigten im Einsatzbereich mit dem Roboter berücksichtigt werden und wie können diese in die Einsatzplanung eingebunden werden?
- › Wie werden Experten im Daten-, Arbeits- und Gesundheitsschutz bei der Auswahl und beim Einsatz von Robotern eingebunden?
- › Welche Vereinbarungen mit den Interessenvertretungen, Führungskräften und Beschäftigten sind erforderlich? › *Siehe Umsetzungshilfe 2.3.4 Betriebsvereinbarungen und Dienstvereinbarungen zu 4.0-Prozessen.*

- Die Durchführung einer ganzheitlichen Gefährdungsbeurteilung zum Einsatz von Robotern › *Siehe Umsetzungshilfe 2.2.2 Gefährdungsbeurteilung 4.0* ist empfehlenswert. Zentral ist dabei die Berücksichtigung der Gefährdungen, wie Quetschen und Stoßen, die vermieden werden müssen. Einerseits können kollaborierende Roboter eine entsprechende Maßnahme zur Verringerung von Gefährdungen (zum Beispiel Ergonomie, physische Kraft) sein, andererseits stellen solche Roboter selbst eine Gefährdung dar, die beurteilt werden muss. Diese Überlegungen sollten in das Sicherheitskonzept einfließen. (Kollaborierende)

Robotersysteme fallen unter den Geltungsbereich der EG-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG. Damit sind für den Verkauf und die Verwendung auf dem europäischen Markt Konformitätserklärung und CE-Zeichen erforderlich. Zudem muss eine Risikobeurteilung erfolgen.

- Entsprechende Normen und Hinweise müssen eingehalten werden, wie zum Beispiel die Integration kollaborierender Industrieroboter und Robotersysteme (zum Beispiel Gefährdungen und Risikominimierungen)<sup>19</sup> beziehungsweise Anforderungen für die sichere Konstruktion sowie Schutzmaßnahmen.<sup>20</sup> Auch werden Sicherheitsanforderungen<sup>21</sup> und Anforderungen für den Beschaffungsprozess festgelegt.
- Maßnahmen zur Datensicherheit festlegen und umsetzen (zum Beispiel Schutz vor Hackerangriffen).
- Festlegen, wie die Zusammenarbeit und der Datenaustausch mit dem Hersteller gestaltet werden soll (wie zum Beispiel Prüfung, Wartung und Aktualisierung von Robotern, Zugriff auf Daten des Roboters).
- Welche Rechte und Pflichten haben der Hersteller und der Betreiber?

### Implementierung der Roboter

- Führungskräfte und Beschäftigte informieren, wie der Roboter eingesetzt werden soll, was mit dem Einsatz bezweckt wird, nach welchen Kriterien der Roboter lernt und sich weiterentwickelt.

<sup>19</sup> EN ISO 10218-2

<sup>20</sup> EN ISO 10218-1

<sup>21</sup> ISO TS 15066

- Es ist sinnvoll, die Belegschaft auf die Besonderheiten im Umgang mit dieser Technik im Rahmen präventiv wirkender Qualifizierungsmaßnahmen hinzuweisen. Hierbei sollen die Beschäftigten lernen, wie der Roboter zu steuern ist, welche Bewegungsbahnen er ausführt und in welcher Geschwindigkeit dies erfolgt. Insbesondere sollten Möglichkeiten zur kurzfristigen Unterbrechung und zum Stillstand der Robotertätigkeit eingeübt werden. Der Einsatz der Systeme in Pilotbereichen zum Sammeln eigener Erfahrungen ist dabei eine Möglichkeit zum Praxistransfer der zuvor in Schulungen gewonnenen theoretischen Erkenntnisse.
- Zugangs- und Zutrittsbeschränkungen festlegen (Wer soll wann und nach welchen Kriterien Zugang erhalten?).
- Führungskräfte und Beschäftigte informieren, welche personenbezogenen Daten der Roboter erfasst und wie diese benutzt werden (entsprechend einer betrieblichen Vereinbarung).
- Arbeitsmedizinische Prüfung der Eignung der Nutzer (arbeitsmedizinische Vorsorge, Einbindung des Betriebsarztes).

### Sicherheitskonzept

Die Eigensicherheit des Roboters als Maschine reicht nicht aus, vielmehr muss das Gesamtkonzept sicher sein. Dazu gehören auch Werkzeuge, Werkstücke, weitere Arbeitsmittel und die Umgebungsbedingungen. Das Sicherheitskonzept muss regelmäßig sowie nach Unfällen, etwa nach Kollisionen, angepasst werden.

Die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV)<sup>22</sup> unterscheidet folgende Sicherheitskonzepte bei kollaborierenden Robotern:

- Sicherheitsgerichteter überwachter Stillstand: Der Roboter hält an, wenn der Beschäftigte den gemeinsamen Arbeitsbereich betritt, und läuft wieder an, wenn dieser ihn wieder verlassen hat.
- Handführung: Die Roboterbewegung wird vom Beschäftigten aktiv mit entsprechender Ausrüstung gesteuert.

- Geschwindigkeits- und Abstandsüberwachung: Der physische Kontakt zwischen dem Beschäftigten und dem agierenden Roboter wird vom Roboter verhindert.
- Leistungs- und Kraftbegrenzung: Die Kontaktkräfte zwischen dem Beschäftigten und dem Roboter werden technisch auf ein ungefährliches Maß begrenzt. Die Verletzungsrisiken bei einer Kollision werden dabei auf einem niedrigen und tolerablen Niveau gehalten.

In der Schutzfunktion der Leistungs- und Kraftbegrenzung müssen die Roboter über folgende detaillierte Schutzeinrichtungen verfügen:<sup>23</sup>

- Sichere Überwachung/Begrenzung des Drehmoments, der Kraft beziehungsweise des Drucks an den Kontaktflächen
- Sichere Überwachung der Geschwindigkeit
- Sichere Überwachung der Position
- Betriebsartenwahl und Zustimmenschalter (im Sinne einer aktiven Steuerung der Roboterbewegung durch den Beschäftigten bei Sonderbetriebsarten)

An kollaborierende Roboter werden verschiedene Anforderungen zur Gestaltung von Arbeitstätigkeiten gestellt:

### Technologische Anforderungen

- „An Arbeitsplätzen mit kollaborierenden Robotern ist die Wahrscheinlichkeit einer Kollision zwischen Mensch und kollaborierendem Roboter mit geeigneten Maßnahmen zu minimieren, z. B. durch Begrenzung des potenziellen Kollisionsraumes.
- Bei einer möglichen Kollision zwischen Mensch und kollaborierendem Roboter dürfen sich im Kollisionsbereich keine scharfen, spitzen, scherenenden oder schneidenden Kanten und Konstruktionsteile oder raue Oberflächen befinden.
- Im Falle einer möglichen Kollision darf es nur zu flächenhaften Berührungsbereichen kommen. Hierfür können geeignete Gehäuse, Abdeckungen

oder Trennflächen eingesetzt werden. Die Distanz zwischen zwei gegenüberliegenden Punkten der Außenlinien der Kollisionsfläche sollte mindestens 5 mm betragen [...].

- Mögliche Kollisionsbereiche sind erkennbar (schwarz/gelb) zu gestalten.“<sup>24</sup>

Im Rahmen der technischen Anforderungen wird an Personenerkennungsmöglichkeiten geforscht, um Kollisionen zu vermeiden.<sup>25</sup>

### Medizinisch-biomechanische Anforderungen

Es werden Körpermodelle mit Haupt- und Einzelbereichen definiert, um relevante Verletzungskriterien mit ihren Grenzwerten und charakteristische Werte der Verformungskonstanten der Körpereinzelnbereiche abzugeben. Diese Grenzwerte müssen im Falle von Kollisionen mit kollaborierenden Robotern eingehalten werden (zum Beispiel hinsichtlich Verformung, Kompression von Körperbereichen, Beanspruchung von Haut sowie Binde- und Muskelgewebe, maximale Verletzungsschwere). Hier wird empfohlen, arbeitsmedizinische Eignungsuntersuchungen für die Beschäftigten zu entwickeln.

### Ergonomische Anforderungen

- „Der Arbeitsraum, in dem es zu einer Kollision zwischen Mensch und kollaborierendem Roboter kommen kann, muss so gestaltet sein, dass die Körperbeweglichkeit der Person ausreichend gewährleistet ist.
- Die Wahrnehmung, die Aufmerksamkeit und das Denken der Person darf durch die Arbeitsumgebung und den kollaborierenden Roboter nicht eingeschränkt oder gestört werden. Im Falle einer Kollision zwischen Mensch und kollaborierendem Roboter darf es nicht zu weiteren, nicht-mechanischen belastenden Beanspruchungen der Person kommen (z. B. durch strömende oder strahlende Expositionen, elektrische Durchflutung).“<sup>26</sup>

<sup>22</sup> DGUV 2017, S. 2

<sup>23</sup> DGUV 2017, S. 2

<sup>24</sup> BGIA 2011, S. 12

<sup>25</sup> Schmauder et al. 2016

<sup>26</sup> BGIA 2011, S. 16

## Quellen und weitere Informationsmöglichkeiten:

- BGIA (2011). *BG/BGIA-Empfehlungen für die Gefährdungsbeurteilung nach Maschinenrichtlinie – Gestaltung von Arbeitsplätzen mit kollaborierenden Robotern*. Sankt Augustin. [http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/bg\\_bgia\\_empf\\_u001d.pdf](http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/bg_bgia_empf_u001d.pdf). Zugegriffen: 21.07.2018.
- Blume, J., Rehl, T., & Rigoll, G. (2014). *Multimodale Interaktion auf einer sozialen Roboterplattform*. *at – Automatisierungstechnik*, 61(11), 737-748. <https://pdfs.semanticscholar.org/8bb2/1b1f8d-6952d77cae95b4e0b8964c9e0201b0.pdf>. Zugegriffen: 21.07.2018.
- DGUV Information FB HM-080 (2017). *Einsatz Kollaborierende Robotersysteme – Planung von Anlagen mit der Funktion „Leistungs- und Kraftbegrenzung“*. Berlin: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV).
- EN ISO 10218-1:2011 „*Industrieroboter – Sicherheitsanforderungen – Teil 1: Roboter*“.
- EN ISO 10218-2:2011 „*Industrieroboter – Sicherheitsanforderungen – Teil 2: Robotersysteme und Integration*“.
- ISO/TS 15066:2016 „*Robots and robotic devices – Collaborative robots*“.
- Koppenborg, M., & Naber, B. (2013). *Wie sollen Arbeitsplätze mit kollaborierenden Robotern gestaltet werden? Aus der Arbeit des IFA 04*, Nr. 0348. <http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/aifa0348.pdf>. Zugegriffen: 23.07.2018.
- Kuz, S. (2016). *Neuroergonomische Gestaltung der Mensch-Roboter-Interaktion in der Montage*. [https://www.baua.de/DE/Angebote/Veranstaltungen/Dokumentationen/Neue-Technologien/pdf/Mensch-Roboter-Zusammenarbeit-2016-1.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.baua.de/DE/Angebote/Veranstaltungen/Dokumentationen/Neue-Technologien/pdf/Mensch-Roboter-Zusammenarbeit-2016-1.pdf?__blob=publicationFile&v=2). Zugegriffen: 21.07.2018.
- Maschinenrichtlinie 2006/42/EG. 05.02.2013.
- Onnasch, L., Maier, X., & Jürgensohn, T. (2016). *Mensch-Roboter-Interaktion – Eine Taxonomie für alle Anwendungsfälle*. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (baua: Fokus). [https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Fokus/Mensch-Roboter-Interaktion.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Fokus/Mensch-Roboter-Interaktion.pdf?__blob=publicationFile&v=2). Zugegriffen: 21.07.2018.
- Otto, M., & Zunke, R. (2015). *Einsatzmöglichkeiten von Mensch-Roboter-Kooperationen und sensitiven Automatisierungslösungen. Zukunft der Arbeit – Die neuen Roboter kommen*, Berlin, 25.11.2015. [http://www.blog-zukunft-der-arbeit.de/wp-content/uploads/2015/03/03\\_2015-11-25\\_IGMetall\\_Robotik-Fachtagung\\_OttoZunke.pdf](http://www.blog-zukunft-der-arbeit.de/wp-content/uploads/2015/03/03_2015-11-25_IGMetall_Robotik-Fachtagung_OttoZunke.pdf). Zugegriffen: 21.07.2018.
- Schmauder, M., Höhn, K., Jung, P., Lehmann, K., Paritschkow, S., Westfeld, P., & Sardemann, H. (2016). *Sichere Personen-erkennung in der Mensch-Maschine-Interaktion*. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA). [https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Berichte/F2322.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Berichte/F2322.pdf?__blob=publicationFile&v=6). Zugegriffen: 21.07.2018.
- VDI-Richtlinie 2860 *Montage- und Handhabungstechnik; Handhabungsfunktionen, Handhabungseinrichtungen; Begriffe, Definitionen, Symbole*. 1990.

## Zu diesem Thema könnten Sie auch folgende weitere Umsetzungshilfen interessieren:

- 1.1.7 Informationsblatt smartes Produkt
- 2.1.2 Integration von intelligenter Software (inkl. KI) in die Organisation
- 2.1.5 Beschaffung digitaler Produkte
- 2.2.2 Gefährdungsbeurteilung 4.0
- 2.3.1 Datensicherheit in 4.0-Prozessen
- 2.3.2 Datenschutz in 4.0-Prozessen
- 2.3.3 Datenqualität in 4.0-Prozessen
- 2.3.4 Betriebsvereinbarungen und Dienstvereinbarungen zu 4.0-Prozessen
- 3.1.1 Betriebssicherheit der CPS
- 3.1.5 Sicherheit autonom fahrender Fahrzeuge
- 3.2.1 Technische Assistenzsysteme – allgemein



**OFFENSIVE  
MITTELSTAND**  
GUT FÜR DEUTSCHLAND

**Herausgeber:** „Offensive Mittelstand – Gut für Deutschland“ – Stiftung „Mittelstand – Gesellschaft – Verantwortung“ Kurfürsten-Anlage 62, 69115 Heidelberg, E-Mail: [info@offensive-mittelstand.de](mailto:info@offensive-mittelstand.de); Heidelberg 2019

© Stiftung „Mittelstand – Gesellschaft – Verantwortung“, 2019 Heidelberg. Gemeinsam erstellt von Verbundprojekt Prävention 4.0 durch BC GmbH Forschung, Institut für Betriebliche Gesundheitsförderung BGF GmbH, Forum Soziale Technikgestaltung, Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e.V. – ifaa, Institut für Mittelstandsforschung Bonn – IfM Bonn, itb – Institut für Technik der Betriebsführung im Deutschen Handwerksinstitut e.V., Sozialforschungsstelle Dortmund – sfs Technische Universität Dortmund, VDSI – Verband für Sicherheit, Gesundheit und Umweltschutz bei der Arbeit e.V. – gefördert vom BMBF – Projektträger Karlsruhe