

„Sicherheit bei der Mensch-Roboter-Kollaboration“

1 Einleitung

Die Möglichkeit der Zusammenarbeit zwischen Menschen und Robotern an gemeinsamen Arbeitsplätzen ohne trennende Schutzeinrichtungen erschließt neue Möglichkeiten und Konzepte in der Industrie und Produktion. Die Normen- und Rechtslage erlaubt die Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) in vorgegebenen Grenzen.

Dieses Dokument soll Herstellern, Inverkehrbringern und Integratoren als Orientierung dienen und auf relevante Vorschriften und Normen verweisen. Für Endkunden (Betreiber) sollen dieses Dokument und die darin genannten Normen als Informationsgrundlage dienen.

Bei der individuellen Umsetzung solcher Arbeitsplätze ist es erforderlich, dass sich die Verantwortlichen intensiv mit Maschinenrichtlinie (Gesetz) und Normen auseinander setzen. Für jede Applikation muss eine anwendungsspezifische Risikobeurteilung erstellt werden.

Das vorliegende Positionspapier wurde von Mitgliedsunternehmen der VDMA-Fachabteilung Robotik in Kooperation mit der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Montage, Handhabung und Industrierobotik (MHI e.V.) erarbeitet.

2 Grundlagen der Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK)

Unter dem Begriff „Kollaboration“ (lat. con- = „mit-“, laborare = „arbeiten“) wird in der Robotik die Zusammenarbeit zwischen Mensch und Roboter verstanden. Diese Zusammenarbeit beschränkt sich auf einen genau definierten gemeinsamen Arbeitsbereich.

Nachfolgend werden die vier verschiedenen, grundsätzlichen Schutzprinzipien der MRK benannt:

- 1. Sicherheitsgerichteter überwachter Stillstand**
Roboter hält an, wenn der Mitarbeiter den gemeinsamen Arbeitsraum betritt und fährt weiter, wenn der Mitarbeiter den gemeinsamen Arbeitsraum wieder verlassen hat.
- 2. Handführung**
Roboterbewegung wird vom Mitarbeiter aktiv mit geeigneter Ausrüstung gesteuert.
- 3. Geschwindigkeits- und Abstandsüberwachung**
Kontakt zwischen Mitarbeiter und in Bewegung befindlichem Roboter wird vom Roboter verhindert.
- 4. Leistungs- und Kraftbegrenzung**
Kontaktkräfte zwischen Mitarbeiter und Roboter werden technisch auf ein ungefährliches Maß begrenzt.

Diese vier grundsätzlichen Schutzprinzipien der MRK sind in den Normen EN ISO 10218 „Industrieroboter – Sicherheitsanforderungen“ Teil 1 **[1]** und 2 **[2]** sowie in der ISO/TS 15066 „Robots and robotic devices – Collaborative robots“ **[3]** detailliert beschrieben.

In allen Fällen einer MRK müssen Gefährdungen des Menschen durch Sicherheitsmaßnahmen ausgeschlossen werden. Dabei muss die eingesetzte Technik bestimmten Sicherheitsanforderungen genügen. Gemäß der Risikobeurteilung werden die geltenden Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen ermittelt und entsprechende Maßnahmen getroffen.

3 Maschinenrichtlinie (MRL)

Die Maschinenrichtlinie (2006/42/EG) **[4]** des europäischen Parlaments regelt ein einheitliches Niveau zum Sicherheits- und Gesundheitsschutz für Maschinen beim Inverkehrbringen innerhalb des europäischen Wirtschaftsraumes (EWR). Jedes Mitglied der EU muss die Maschinenrichtlinie in nationales Recht überführen. In Deutschland geschieht dies über das Produktsicherheitsgesetz.

Mit der EG-Konformitätserklärung erklärt der Hersteller oder der EU-Importeur (in der Regel der Systemintegrator), dass das Produkt den geltenden Anforderungen genügt, die in den Harmonisierungsrechtsvorschriften der Gemeinschaft festgelegt sind. Im Anschluss wird das CE-Kennzeichen vergeben.

Eine der wichtigsten Voraussetzungen für die CE-Kennzeichnung einer (vollständigen) Maschine, d.h. der kompletten Roboterapplikation, ist die Risikobeurteilung und die Umsetzung von notwendigen Sicherheitsmaßnahmen. Diese Schritte werden in EN ISO 10218-2 **[2]** und hinsichtlich der konzeptionellen Grundlagen in EN ISO 12100 „Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsleitsätze – Risikobeurteilung und Risikominderung“ **[5]** beschrieben. Sind die risikomindernden Maßnahmen steuerungstechnischer Natur, sind die Vorgaben von EN ISO 10218-2 **[2]** und EN ISO 13849-1 „Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze“ **[6]** zu erfüllen. Im Sinne der MRL sind Industrieroboter sogenannte „unvollständige Maschinen“ und erhalten daher keine CE-Kennzeichnung; sie müssen mit einer sogenannten „Einbauerklärung“ geliefert werden. Die installierte Anwendung mit Roboter, Werkzeug und Vorrichtungen muss jedoch alle Anforderungen der MRL erfüllen und erhält dann auch eine CE-Kennzeichnung.

4 Risikobeurteilung

Grundsätzlich wird zunächst die Applikation inklusive aller Randbedingungen und Bestandteile genau spezifiziert. Die Risikobeurteilung muss dann die erforderlichen sicherheitstechnischen Anforderungen bestimmen. Sie ermittelt u.a., ob eine Risikominderung erforderlich ist und ob Gefährdungen auszuschalten oder

durch Anwendung von Schutzmaßnahmen zu reduzieren sind. Ein Beispiel für eine solche Maßnahme wäre beim Robotersystem die sicher reduzierte Geschwindigkeit in Kombination mit einer sicheren Kollisionserkennung. Nur wenn die abschließende Risikobeurteilung bestätigt, dass das erforderliche Sicherheitsniveau erreicht ist, kann eine CE-Kennzeichnung erfolgen.

Die Risikobeurteilung muss die verschiedenen Aspekte der MRK berücksichtigen. Dabei muss sowohl die sogenannte „bestimmungsgemäße Verwendung“ wie auch die „vorhersehbare Fehlanwendung“ durch Personen im Einflussbereich des kollaborierenden Roboters betrachtet werden.

Die Vorgehensweise bei der Beurteilung der Applikation wie auch die Beschreibung der sicherheitsbezogenen Anforderungen sind im Detail in EN ISO 10218-1 und -2 **[1]** **[2]** beschrieben.

Im Folgenden wird der Fokus auf die Leistungs- und Kraftbegrenzung gelegt.

Da in dieser Kollaborationsart Kontakte zwischen Mensch und Roboter vorkommen können, sind hier die bisherigen Schutzmechanismen (z.B. Schutzzäune) durch Anprallschutz (Geschwindigkeitsbegrenzung für den transienten Kontakt) und Einklemmschutz (Kraftbegrenzung für den quasistatischen Kontakt) ersetzt. Neben den konstruktiven Möglichkeiten, Risiken dieser Anwendungen zu reduzieren, sind daher die steuerungstechnische Begrenzung der Geschwindigkeit und der Kraft mögliche Maßnahmen. Die Einhaltung der biomechanischen Belastungsgrenzwerte in ISO/TS 15066 **[3]** muss in sicherer Technik erfolgen. Ein Leitfaden zur Umsetzung der Anforderungen in der Praxis befindet sich in der DGUV-Information „Kollaborierende Robotersysteme“ **[7]**.

Da Kontakte zwischen Mensch und Roboter in diesen Anwendungen immer dann entstehen, wenn der Mensch in die Bahn des Roboters eingreift, sollen Anwendungen aus ergonomischer Sicht so gestaltet werden, dass Kontakte zwischen Mensch und Roboter leicht durch den Menschen vermeidbar sind.

- Fazit**
- Ohne Risikobeurteilung kann keine Mensch-Roboter-Kollaboration stattfinden.
 - Es ist immer die gesamte Applikation zu betrachten (Prozess, Spanner, Greiftechnik, Roboter), d.h. nicht **nur** der Roboter.
 - Die Sicherheitsfunktionen müssen entsprechend den ermittelten Anforderungen mit geeigneten Komponenten umgesetzt werden.

5 Wie helfen Normen?

Der Hersteller, Inverkehrbringer, Integrator und der Endnutzer können zur Erfüllung der Maschinenrichtlinie mit einschlägigen europäisch harmonisierten Normen arbeiten. Die Befolgung dieser Normen entfaltet die sog. „Vermutungswirkung“, d.h. wird die Norm befolgt, darf man daraus die Konformität mit der Maschinenrichtlinie „vermuten“ und muss diese nicht getrennt nachweisen. Weicht man von den normativen sicherheitstechnischen Anforderungen ab, so ergibt sich eine eigene Nachweispflicht dafür, dass man einen gleichwertigen oder höheren Sicherheitslevel des Gesamtsystems erreicht.

Bei den Normen ist die jeweils aktuell gültige Fassung anzuwenden. Somit sind z.B. die maximale Leistung von 80 W bzw. die Kontaktkraft von 150 N der EN ISO 10218-1:2006 nicht mehr gültig.

Rechtlicher Hinweis

Das Positionspapier dient als Anhaltspunkt und bietet Herstellern von Roboteranlagen einen Überblick über relevante Normen, Gesetze und Anforderungen bzgl. der Sicherheit bei der Kollaboration zwischen Mensch und Industrieroboter.

Es erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit oder auf die exakte Auslegung der bestehenden Rechtsvorschriften. Auch weitere Konstellationen sind denkbar.

Es ersetzt nicht das Studium der relevanten Richtlinien, Gesetze und Verordnungen. Weiter sind die Besonderheiten der jeweiligen Produkte, sowie deren unterschiedliche Einsatzmöglichkeiten zu berücksichtigen.

Da die europäisch harmonisierten Normen oftmals auf internationale Normen der ISO oder der IEC beruhen bzw. direkte Übernahmen hiervon sind, hat die Befolgung der Normen bei der Konstruktion von Robotern wie auch beim Entwurf von Applikationen den Vorteil, dass so auch über die Grenzen Europas hinaus konforme Lösungen angeboten werden können.

6 Sicherheitstechnische Anforderungen

Damit auch bei einem Fehler im System keine Gefährdung des Menschen auftritt, wird gefordert, dass die steuerungstechnischen Maßnahmen zum Einhalten der Grenzwerte in sicherer Technik ausgeführt werden müssen. Der Begriff „Sichere Technik“ wird in EN ISO 13849-1 [6] anhand von Kategorien und Performance Level beschrieben, der für alle sicherheitsrelevanten Komponenten angewendet werden muss.

In der Robotersicherheitsnorm EN ISO 10218-1 [1] wird für die Sicherheitsfunktionen der Robotersteuerung die Kategorie auf „3“ und der Performance Level auf „d“ festgelegt, außer die Risikobeurteilung ergibt einen höheren oder niedrigeren Wert.

Die Kategorie 3 bedeutet ein sich gegenseitig überwachendes System in zweikanaliger Ausführung. Es genügt dabei z.B. nicht, lediglich zwei gleichartige Komponenten einzusetzen. Der Performance Level (PL) legt u.a. die Ausfallwahrscheinlichkeit/Zuverlässigkeit fest.

Die Risikobeurteilung der spezifischen Gesamtapplikation ergibt den erforderlichen Performance Level. Der Systemintegrator ist dafür verantwortlich, dass alle verwendeten Sicherheitsfunktionen (z.B. Überwachung der Roboter- geschwindigkeit und Kontaktkraft) diesen erforderlichen Performance Level auch erfüllen, damit die Applikation in Betrieb genommen

werden darf. Bei der Auswahl des Roboters und der anderen Komponenten ist demnach darauf zu achten, dass die erforderlichen Sicherheitsfunktionen im erforderlichen Performance Level bereitgestellt werden.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass für die Einhaltung der Sicherheit der jeweiligen Anlage bzw. Applikation der Hersteller in der Verantwortung ist (Eigenzertifizierung). Er kann sich dabei durch externe Dritte beraten und unterstützen lassen. Gleiches gilt für den Roboter und dessen Hersteller – auch hier gilt die Eigenzertifizierung für die enthaltenen Sicherheitsfunktionen.

7 Verweise

- [1] EN ISO 10218-1:2011 „Industrieroboter - Sicherheitsanforderungen - Teil 1: Roboter“ (ISO 10218-1:2011).
- [2] EN ISO 10218-2:2011 „Industrieroboter - Sicherheitsanforderungen - Teil 2: Robotersysteme und Integration“ (ISO 10218-2:2011).
- [3] ISO/TS 15066:2016 „Robots and robotic devices - Collaborative robots“.
- [4] Maschinenrichtlinie 2006/42/EG.
- [5] EN ISO 12100:2010 „Sicherheit von Maschinen - Allgemeine Gestaltungsleitsätze - Risikobeurteilung und Risikominderung“ (ISO 12100:2010).
- [6] EN ISO 13849-1:2008 „Sicherheit von Maschinen - Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen - Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze“ (ISO 13849-1:2006).
- [7] DGUV-Information „Kollaborierende Robotersysteme“ (www.bghm.de).

Stand: Mai 2016

VDMA
Robotik + Automation

Lyoner Straße 18
60528 Frankfurt

Kontakte

VDMA Robotik + Automation
Telefon +49 69 6603-1501
E-Mail rua@vdma.org
Internet www.vdma.org/r+a

Wissenschaftliche Gesellschaft für Montage,
Handhabung und Industrierobotik – MHI e.V.
Telefon +49 231 9700-570
E-Mail info@wgmhi.de
Internet www.wgmhi.de

www.vdma.org/r+a

Robotik + Automation



Aktualisierte Fassung: Mai 2016

VDMA-Positionspapier „Sicherheit bei der Mensch-Roboter-Kollaboration“

Titelbild: Schunk

DesignStudio

