

# Sicherheitstechnik für Industrieroboter

Schutzmaßnahmen für verschiedene  
Roboteranwendungen



 **SCHMERSAL**  
Safe solutions for your industry

WHITEPAPER

## Einleitung

Industrieroboter boomen: Der weltweite Absatz erreicht immer neue Rekordmarken. Im Jahr 2020 sollen – so wird prognostiziert – über 3 Millionen Industrieroboter im Einsatz sein. Der Grund für das rasante Wachstum: Roboter eignen sich für die flexible Produktion. Sie sind mehr und mehr in der Lage, auch Produktvarianten und kleine Losgrößen wirtschaftlich herzustellen. Dank Innovationen, verbesserter Sensorik und Programmierbarkeit können für Roboter viele neue Einsatzgebiete erschlossen werden. Zudem sehen viele Unternehmen vor dem Hintergrund der demografischen Entwicklung Roboter als einen Ausweg aus dem Fachkräftemangel. Und dort, wo Roboter die Beschäftigten von monotonen und körperlich belastenden Tätigkeiten befreien, tragen sie zur Verbesserung der Ergonomie am Arbeitsplatz bei. Die Möglichkeit zu Kostensenkungen, Produktivitätssteigerungen und verbesserter Wettbewerbsfähigkeit macht Roboter zunehmend auch für kleine und mittelständische Unternehmen interessant.

Der zunehmende Einsatz und die Variantenvielfalt bei den Roboteranwendungen stellt die Sicherheitstechnik vor neue Herausforderungen, denn Roboter bergen zum Teil ein anderes Gefahrenpotenzial als herkömmliche Maschinen. Auch unter Wirtschaftlichkeitsaspekten erfordern die unterschiedlichen Robotersysteme ein individuell angepasstes Sicherheitskonzept. Und die direkte Interaktion von Robotern und Menschen setzt nicht nur neue technische Lösungen voraus, sondern auch veränderte gesetzliche Rahmenbedingungen.

Dieses Whitepaper gibt einen Überblick über rechtliche Rahmenbedingungen und Schutzeinrichtungen für die Absicherung unterschiedlicher Industrieroboter und Roboteranlagen.

# Inhalt

1. Rahmenbedingungen _____	Seite 4
1.1. Globaler Wachstumsmarkt Robotik _____	Seite 4
1.2. Robotertypen und Einsatzgebiete _____	Seite 5
1.3. Unfälle an Roboteranlagen _____	Seite 6
1.4. Rechtliche Rahmenbedingungen für die Absicherung von Roboteranlagen _____	Seite 7
2. Schutzeinrichtungen für Roboter _____	Seite 8
2.1. Not-Halt-Befehlsgeräte _____	Seite 8
2.2. Sicherheitslösungen für verschiedene Betriebsarten _____	Seite 8
2.3. Trennende Schutzeinrichtungen und Sicherheitszuhaltungen _____	Seite 9
2.3.1. Sicherheitszuhaltung AZM200D für den Einrichtbetrieb _____	Seite 10
2.3.2. Sicherheitszuhaltung AZM201 / Bedienfeld BDF200-SD _____	Seite 11
2.4. Optoelektronische Schutzeinrichtungen _____	Seite 12
2.4.1. Fallbeispiel: Absicherung einer mobilen Schweißroboterzelle _____	Seite 13
2.5. Sicherheitsschaltmatten _____	Seite 14
2.6. Sichere Signalauswertung _____	Seite 15
2.7. Der Safety Controller für die Mensch-Roboter-Kollaboration _____	Seite 16
3. Safety Services _____	Seite 17
3.1. tec.nicum – Beratung und Schulung zur Robotik _____	Seite 17

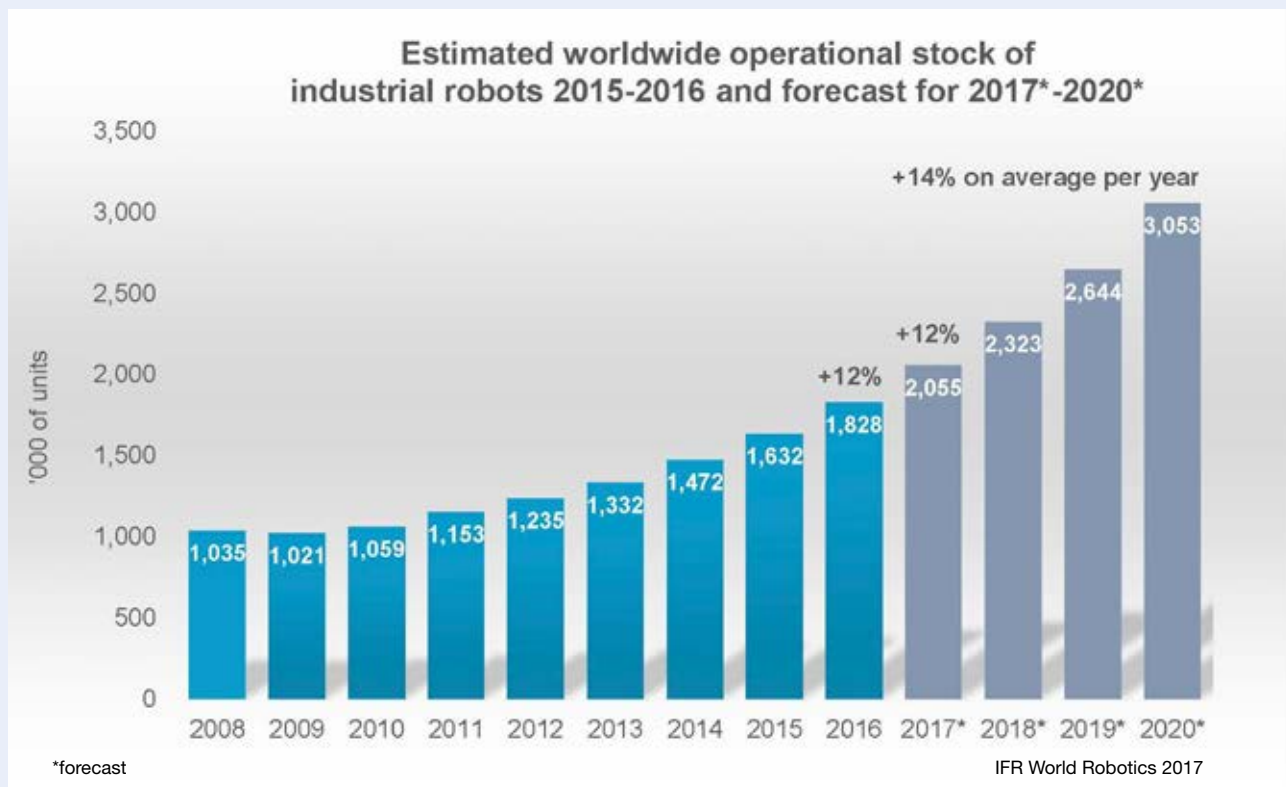
# 1. Rahmenbedingungen

## 1.1. Globaler Wachstumsmarkt Robotik

Die fortschreitende Automatisierung treibt das Wachstum im Markt für Industrieroboter an. So hat der weltweite Absatz von Industrierobotern 2017 die neue Rekordmarke von 380.550 Einheiten erreicht und ist damit im Vergleich zum Vorjahr (2016: 294.300 Einheiten) um 29 Prozent gestiegen. Laut der jüngsten Statistik der International Federation of Robotics (IFR) verzeichnete China mit einem Plus von 58 Prozent das größte Nachfragewachstum für Industrieroboter. In den USA stieg der Absatz um 6 Prozent, in Deutschland um 8 Prozent im Vergleich zum Vorjahr. Die Automobilindustrie ist nach Volumen die wichtigste Branche für Industrieroboter, die mit 21 Prozent weiterhin hohe Wachstumsraten aufweist. Stärkste

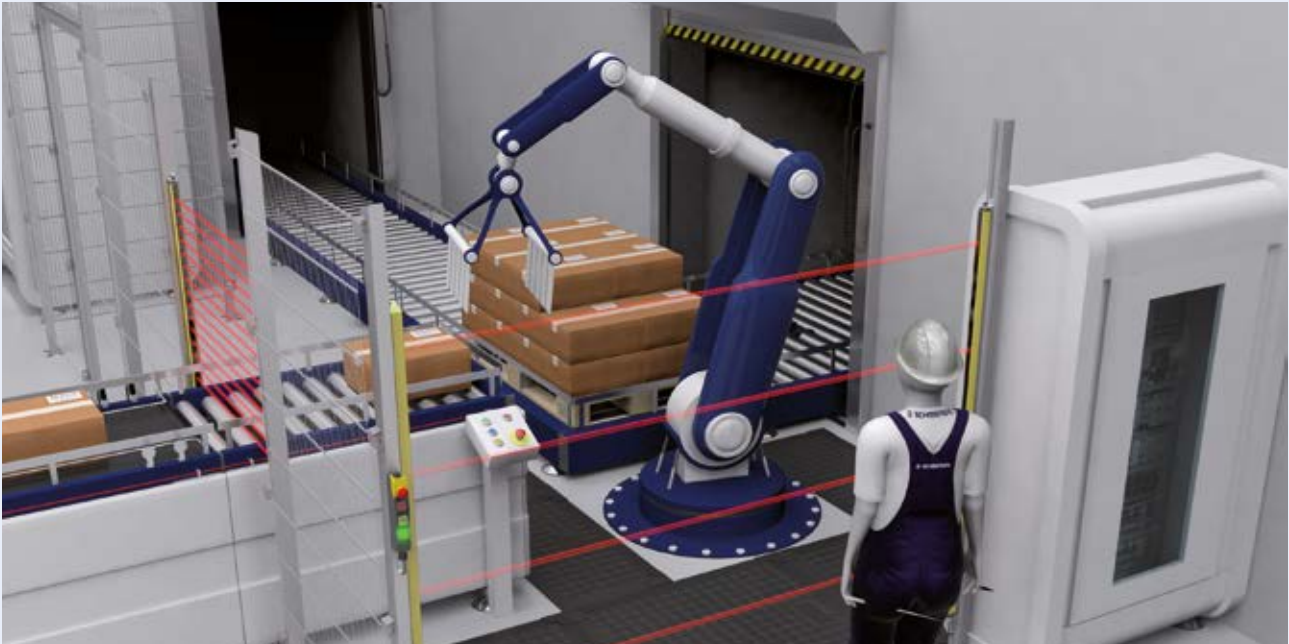
Wachstumsbranchen sind 2017 die Metallindustrie (+54 Prozent), die Elektronikindustrie (+27 Prozent) sowie die Nahrungsmittelindustrie (+19 Prozent).

Bis 2020 werden nach Schätzungen des IFR rund um den Globus circa 3,05 Millionen Industrieroboter im Einsatz sein. In Deutschland kommen auf 10.000 Beschäftigte 309 Industrieroboter, das bedeutet Rang 3 weltweit. Mehr Roboter setzen nur noch Südkorea (631) und Singapur (488) ein. Danach folgen Japan, Schweden, Dänemark und die USA. Auch die Europäische Union besetzt einen Spitzenplatz in dieser Rangliste, sie liegt mit durchschnittlich 99 Robotern pro 10.000 Beschäftigte deutlich über dem globalen Durchschnitt von 74.



# 1. Rahmenbedingungen

## 1.2. Robotertypen und Einsatzgebiete



Nach der Norm ISO 10218-1 ist ein Roboter ein automatisch gesteuertes, wiederprogrammierbares, vielfach einsetzbares Handhabungsgerät mit mehreren Freiheitsgraden, das entweder ortsfest oder beweglich in automatisierten Fertigungssystemen eingesetzt wird.

Ein Industrieroboter ist ein System, bestehend aus:

- Manipulator
- Steuerung
- Programmierhandgerät.

Anhand der Bewegungsgeometrie der Achsen lassen sich die folgenden Arten unterscheiden:

- Knickarmroboter zeichnen sich durch geringen Platzbedarf und universelle Einsatzmöglichkeiten aus. Sie werden für flexible Aufgabenbereiche in der Industrie verwendet, am häufigsten in der Automobilbranche.

- Scara-Roboter sind zu sehr schnellen Bewegungen fähig und werden vor allem für Pick-and-Place-Anwendungen eingesetzt.
- Portalroboter weisen mehrere Linearachsen auf und eignen sich für Transportaufgaben über große Strecken.
- Palettierroboter setzen automatisch Paletten und Packstücke auf Ladungsträger.
- Deltaroboter sind leicht und schnell und werden häufig zum Verpacken, in der Montage sowie im High-Speed-Bereich eingesetzt.

Darüber hinaus gibt es kollaborative Roboter (kurz Cobots), die mit Menschen gemeinsam arbeiten und im Produktionsprozess nicht durch Schutzvorrichtungen von diesen getrennt sind.

Grundsätzlich sind Roboter vielseitig einsetzbar, etwa zum Be- und Entladen von Maschinen, zur Oberflächenbehandlung, zum Schweißen, Laserschneiden u. v. m.

# 1. Rahmenbedingungen

## 1.3. Unfälle an Roboteranlagen

Nach Erhebungen der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) ereigneten sich 2015 bundesweit 183 meldepflichtige Arbeitsunfälle an Robotern bzw. 304 Unfälle, wenn man roboterähnliche Anlagen hinzurechnet. Das erscheint zunächst wenig, denn im gesamten Bereich der gewerblichen Wirtschaft und der öffentlichen Hand ereigneten sich im selben Jahr in Deutschland 835.102 meldepflichtige Arbeitsunfälle, davon 43.791 beim Bedienen einer Maschine. Dennoch darf die Einhaltung von Sicherheitsanforderungen auch bei Roboteranlagen nicht vernachlässigt werden – insbesondere auch im Hinblick auf den stark wachsenden Einsatz von Robotern in der Industrie.

Verglichen mit anderen Maschinen muss bei Industrierobotern neben bekannten Gefahren, z. B. Einquetschen zwischen festen und beweglichen Teilen, auch mit Gefahren gerechnet werden, die für andere Maschinen

untypisch sind. Dazu zählt vor allem die Komplexität des Fertigungsablaufs, dessen Gefahren allein durch Beobachtung nicht eingeschätzt werden können.

Laut der DGUV zeigen sich Gefahren aufgrund der Komplexität der Fertigung vor allem durch:

- Eine hohe Anzahl von miteinander verketteten Robotern und Maschinen
- Komplexe Bewegungsabläufe
- Unvorhersehbare Veränderung von Position und Geschwindigkeit
- Wartepositionen und unerwartetes Anlaufen

Insgesamt ist der Verlust der Maschinenkontrolle inklusive unerwarteten Anlaufs der häufigste Grund für Unfälle mit Robotern, gefolgt von unkoordinierten, unpassenden Bewegungen des Menschen bei der Arbeit an und mit dem Roboter.

# 1. Rahmenbedingungen

## 1.4. Rechtliche Rahmenbedingungen für die Absicherung von Roboteranlagen

Wie jede Maschine im industriellen Umfeld ist auch jede Roboteranlage gemäß der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG zu behandeln und in Verkehr zu bringen, damit sie vom Betreiber nicht nur sicher, sondern auch rechtskonform verwendet werden kann.

Darüber hinaus gibt es Normen, die die grundsätzlichen Anforderungen von EG-Richtlinien konkretisieren. Für Industrieroboter ist die zweiteilige ISO 10218-1 und 10218-2 ausschlaggebend. Wird diese Norm eingehalten, dann wird automatisch von der Erfüllung der EG-Maschinenrichtlinie ausgegangen.

Die ISO 10218-1 gibt Anleitungen für Schutzmaßnahmen. Sie beschreibt grundlegende Gefährdungen durch Roboter und die Beseitigung oder hinreichende Verringerung der damit verbundenen Risiken.

Die ISO 10218-2 gibt eine Anleitung, wie die Sicherheit bei der Integration und dem Einbau von Robotern sichergestellt werden kann und ist als Ergänzung zur ISO 10218-1 zu verstehen. Die Norm leitet dazu an, die besonderen Gefährdungen, die mit der Integration, dem Einbau und den Anforderungen an die Verwendung von Industrierobotern einhergehen, zu identifizieren und auf diese einzugehen. Die Norm beinhaltet die Schutzmaßnahmen für die Roboterintegration einschließlich der Risiken, die aus Applikation, Werkzeug und Werkstück resultieren (Quelle: DGUV).

Auch für die Mensch-Roboter-Kollaboration sind die ISO 10218-1 und 10218-2 die maßgeblichen Normen. Da jedoch zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Normen im Jahr 2011 kollaborierende Roboter eine wenig

verbreitete Technologie waren, sind diese Normen zurzeit noch unvollständig. Deshalb veröffentlichte die Internationale Organisation für Normung (ISO) im Februar 2016 mit der technischen Spezifikation ISO/TS 15066 neue Leitsätze, die Sicherheitsaspekte bei der Mensch-Roboter-Kollaboration behandeln und 2019 in die ISO 10218 integriert werden sollen.

Die ISO/TS 15066 unterscheidet vier unterschiedliche Kollaborationsarten:

- Stopp bei Zutritt zum Kollaborationsraum
- Bewegung des Roboters durch Handführen mit reduzierter Geschwindigkeit
- Überwachter Abstand zwischen Mensch und Roboter bei reduzierter Geschwindigkeit
- Beschränkung der vom Roboter ausgeübten Kraft

Die vierte Art der Kollaboration, also die Leistungs- und Kraftbegrenzung, erlaubt den schutzzaunlosen Betrieb der Roboter. Die Robotersysteme sind dabei so gestaltet, dass bei einem Kontakt z. B. zwischen Teilen des Roboters oder Roboterwerkzeugs und Personen biomechanische Grenzwerte nicht überschritten werden (Kraft, Druck). Diese Grenzwerte entstammen neuesten Forschungen zur Bestimmung von Schmerzeintrittsschwellen und sind im Anhang A der ISO/TS 15066 aufgeführt. Es ist im Rahmen einer Risikobeurteilung zu messen, ob diese eingehalten werden, wofür inzwischen auch spezielle Messsysteme zur Verfügung stehen. Falls Grenzwerte überschritten werden, müssen Schutzmaßnahmen ergriffen werden, etwa durch geänderte Konstruktion beim Cobot wie z. B. Polsterung an Roboterarmen oder federnd gelagerte Greifer.

## 2. Schutzeinrichtungen für Roboter

### 2.1. Not-Halt-Befehlsgeräte

Laut ISO 10218-2 muss jeder Industrieroboter bzw. jede Roboterzelle über eine Sicherheitshalt-Funktion und eine unabhängige Not-Halt-Funktion verfügen. Auch jedes Programmierhandgerät muss mit einer Not-Halt-Einrichtung versehen sein. Das Auslösen einer Not-Halt-Funktion muss alle Roboterbewegungen und andere gefährdende Funktionen in der Zelle oder an der Schnittstelle zwischen Zellen und anderen Bereichen des Arbeitsraums stillsetzen. Die Not-Halt-Einrichtungen müssen leicht erreichbar, gut sichtbar und leicht erkennbar sein.



Daher wird diese Funktion in den Farben Rot auf Gelb ausgeführt. Da Not-Halt-Befehlsgeräte zu den am häufigsten eingesetzten Sicherheitsschaltern gehören, stehen dafür umfangreiche Produktsortimente zur Verfügung. Spezielle Baureihen von Schmersal sind dezidiert für den Einsatz in bestimmten Umgebungen vorgesehen, wie z. B. Industrieanwendungen oder hygienesensible Bereiche.

### 2.2. Sicherheitslösungen für verschiedene Betriebsarten

Häufig ist es erforderlich, dass bestimmte Arbeiten an Robotern nicht nur von außerhalb, sondern auch innerhalb des von Schutzeinrichtungen umgebenen Bereichs vorgenommen werden müssen. Deshalb sind für jeden Industrieroboter verschiedene Betriebsarten, etwa zum Einrichten oder Programmieren, vorzusehen.

Beispielsweise erfolgt die Produktion im Automatikbetrieb bei geschlossener Schutzeinrichtung. Für Einstell- und

Justierarbeiten nach einem Werkstückwechsel oder einer Formatverstellung gibt es den Einrichtbetrieb. Hier kann der Bediener bei geöffneter Schutztür, deutlich verlangsamer Geschwindigkeit der Maschine und weiteren Sicherheitsmaßnahmen in den Prozess eingreifen, um die Maschine für den Automatikbetrieb vorzubereiten. Zum Umschalten der Betriebsarten sind abschließbare Betriebsartenwahlschalter sowie Zustimmschalter nach ISO 10218-1 obligatorische Sicherheitsfunktionen.



## 2. Schutzeinrichtungen für Roboter

### 2.3. Trennende Schutzeinrichtungen und Sicherheitszuhaltungen

Durch die Bewegungen des Roboters entstehen Gefährdungen durch Quetschen und Stoßen für das Bedienpersonal. Deshalb werden Roboteranlagen – mit Ausnahme von Cobots – mit trennenden Schutzeinrichtungen abgesichert, etwa in Form eines Schutzzaunes oder einer festen Verkleidung. Sie dienen dazu, Personen am Betreten des Gefahrenbereiches zu hindern. Der Schutzzaun muss „roboterfest“ sein und darf sich bei einem Robotereinschlag nicht oder nur minimal verformen.

Die Schutzzäune sind mit Schutztüren versehen, die den Zugang zur Anlage für Reinigungs- und Wartungsarbeiten oder andere Arbeiten ermöglichen. Sicherheitszuhaltungen stellen sicher, dass Schutztüren so lange nicht geöffnet werden können, bis die gefahrbringenden Zustände – z. B. Nachlaufbewegungen – zum Stillstand gekommen

sind. Diese Aufgabe erfüllen Sicherheitszuhaltungen im Zusammenwirken mit einer entsprechenden Sicherheitslogik. Sie schützen jedoch nicht nur das Bedienpersonal, sondern auch den Produktionsprozess, indem die Freigabe erst dann erfolgt, wenn der Prozessablauf dies zulässt. Die Schmersal Gruppe bietet mit den Baureihen AZM und MZM sowohl elektromechanisch als auch berührungslos wirkende Sicherheitszuhaltungen an. Sicherheitszuhaltungen mit integrierter RFID-Technologie bieten u. a. den Vorteil, dass sie dem Maschinenbetreiber zusätzliche Diagnoseinformationen, z. B. für die vorausschauende Instandhaltung, zur Verfügung stellen. Außerdem ist bei den RFID-basierten Geräten eine individuelle Codierung möglich, sodass die Codierstufe „Hoch“ gemäß ISO 14119 und mithin ein erhöhter Manipulationsschutz erreicht wird.

## 2. Schutzeinrichtungen für Roboter

### 2.3.1. Sicherheitszuhaltung AZM200D

#### für den Einrichtbetrieb

Die Sicherheitszuhaltung AZM200D zur Absicherung von Schutztüren für begehbare Gefahrenbereiche an Roboterarbeitsplätzen bietet u. a. den Vorteil, dass man keinen zweiten, prinzipverschiedenen Sicherheitsschalter benötigt, um ein hohes Sicherheitsniveau zu erreichen. Sie eignet sich für den Einrichtbetrieb von Roboterarbeitsplätzen. Bei der AZM200D werden zwei Targets separat ausgewertet. Jedem Target sind zwei Sicherheitsausgänge zugeordnet. Im Einrichtbetrieb wird nur das Türtarget abgefragt, sodass die Anlage bei angelehnter Tür eingerichtet werden kann. Im Normalbetrieb werden beide Targets, Türerkennung und Betätiger, ausgewertet. Durch diese Änderung lassen sich zwei Sicherheitsfunktionen mit einem Sicherheitsschaltgerät realisieren. Die AZM200D verfügt über ein zusätzliches Target im Betätigergehäuse, das der Sicherheitslogik eine zwar geschlossene bzw. angelehnte, aber nicht verriegelte Tür signalisiert. Der Bediener kann den Gefahrenbereich jederzeit verlassen. Gleichzeitig kann sich kein zweiter Monteur Zugang zu dem Gefahrenbereich verschaffen.

Bei der AZM200D handelt es sich um ein bewährtes Sicherheitssystem, das zum Beispiel ein namhafter deutscher Hersteller von Automatisierungstechnik und Laseranlagen an seinen Roboterarbeitsplätzen einsetzt.



## 2. Schutzeinrichtungen für Roboter

### 2.3.2. Sicherheitszuhaltung AZM201 / Bedienfeld BDF200-SD

Mit der Sicherheitszuhaltung AZM201 in Kombination mit dem Bedienfeld BDF200-SD lassen sich individuelle Sicherheitslösungen für Schutztüren vormontieren. Das BDF200-SD ist mit einer NOT-HALT-Funktion mit elektronischen OSSD-Ausgängen ausgestattet und kann mit bis zu drei betriebsmäßigen Befehls- und Meldegeräten, wie beispielsweise Leuchttastern, Leuchtmeldern, Wahlschaltern oder Schlüsselschaltern, bestückt werden. Die Basis der Baureihe ist ein schlankes Gehäuse aus schlagfestem Kunststoff, welches auf einem 40mm-Profil montiert werden kann. Die Platzierung der Taster auf dem Bedienfeld ist frei wählbar. Kennzeichnungsfelder erlauben die individuelle Markierung der Funktionen. So kann der Maschinenbauer die gebräuchlichen Bedienfunktionen (NOT-HALT, Ein / Aus, Vor / Zurück, Betriebsartenwahl, Anzeige von Betriebszuständen oder Fehlermeldungen etc.) mit der Baureihe BDF200 darstellen.

Dank des integrierten SD-Interface im BDF200-SD können auch die nicht-sicheren Diagnosesignale der Geräte über ein SD-Gateway an eine übergeordnete Steuerung übertragen werden. Dabei kann es sich beispielsweise um Zustandsdaten der Schutzeinrichtung oder um Fehlermeldungen eines Gerätes handeln. Die Einzeldiagnose der angeschlossenen Sicherheitsschaltgeräte ist möglich. Das bedeutet, es ist für den Bediener genau erkennbar, welcher Schalter in der Reihe ein Signal ausgelöst hat.



Dies trägt zu einer schnelleren Störungsbeseitigung bei, ermöglicht eine vorausschauende Instandhaltung und erhöht damit die Maschinenverfügbarkeit.

## 2. Schutzeinrichtungen für Roboter

### 2.4. Optoelektronische Schutzeinrichtungen

Eine andere Möglichkeit der Zugangssicherung von Roboterzellen sind optoelektronische Schutzeinrichtungen. Unterbricht eine Person das Schutzfeld aus Infrarot-Strahlen, indem sie den Gefahrenbereich betritt, wird ein Stopp-Signal ausgelöst, um die Bewegung des Roboters zum Stillstand zu bringen. Ein Vorteil dieser berührungslos wirkenden Schutzeinrichtungen ist, dass sie eine freie Sicht auf den Prozess ermöglichen. Schmersal hat mit der Produktserie SLC/SLG440-445 drei Baureihen entwickelt, die unterschiedliche Anforderungen erfüllen und eine wirtschaftliche Bereichs- und Gefahrenstellenabsicherung für Roboterarbeitsplätze bei geringstem Platzbedarf gewährleisten. Sicherheitslichtgitter und Sicherheitslichtvorhänge der Produktserie SLC/SLG445, eignen sich aufgrund einer integrierten Mehrfachscan-Funktion für anspruchsvolle Umgebungsbedingungen und insbesondere auch für Schweißroboter. Denn kurzzeitige Unterbrechungen einzelner Strahlen im Schutzfeld – wie z. B. durch kleine Partikel, Späne oder bei Schweißrobotern durch Glühfunken oder den Einfluss hoher Lichtenergie – führen nicht automatisch zum Abschalten der Schutzeinrichtung. Der Mehrfachscan trägt so auch zu einer erhöhten Maschinenverfügbarkeit bei.

Begehbare Roboteranlagen haben gelegentlich unübersichtliche Produktionsbereiche, die nur teilweise einsehbar sind. Hier besteht die Gefahr des Hintertretens oder

eines unbeabsichtigten Wiederanlaufs der Maschine durch Quittieren von Dritten. Die Serie SLC/SLG440-445 bietet daher die integrierte Funktion der „doppelten Quittierung“, die einen unbeabsichtigten Wiederanlauf verhindert. Dabei wird die Gefahrensituation durch die Einbindung von je einem Befehlsgerät innerhalb und außerhalb des Gefahrenbereichs gemeistert: Mit dem Betreten des Gefahrenbereichs wird die gefährliche Bewegung stillgesetzt. Beim Verlassen wird zunächst ein Befehlsgerät innerhalb des Gefahrenbereichs betätigt und nach dem Durchqueren des Schutzfeldes ein zweites Befehlsgerät außerhalb des Gefahrenbereichs. Erst danach ist der Wiederanlauf freigegeben.



## 2. Schutzeinrichtungen für Roboter

### 2.4.1. Fallbeispiel: Absicherung einer mobilen Schweißroboterzelle

Die Unternehmensgruppe Gutfrohn bietet mobile Schweißroboterzellen an. Die Zelle umhüllt einen Schweißroboter und bildet eine vollständig abgeschlossene und abgesicherte Einheit. In der Zelle kann der Roboter Bauteile mit einer Größe von bis zu 130 cm Breite, 50 cm Tiefe und 50 cm Höhe und mit einem Maximalgewicht von 250 kg bearbeiten. Die Bestückung und Entnahme erfolgt über einen Wendetisch, der sich um 180° über eine fensterähnliche Öffnung aus der Zelle heraus- und hereindreht. Während der Roboter in der Zelle in Betrieb ist, bleibt die Öffnung geschlossen. Der Bediener kann jedoch bereits während des Betriebs den außenliegenden Teil des Wendetisches bestücken. Sobald sich das Fenster öffnet und fertige Teile zur Entnahme bereitgestellt werden, ist der Bereich um den Wendetisch mit einem Sicherheitslichtvorhang des Typs SLC420 von Schmersal abgesichert. Die optoelektronischen Sicherheitssysteme der Serie SLC420 sind sehr robust, da Sender und Empfänger in zwei geschlossene Sensorprofile integriert sind. Die Mehrfachabtastung der Infrarot-Strahlen bietet eine hohe Verfügbarkeit bei Störlicht und gegenüber dem sehr intensiven UV-Schweißlicht. Bei der Schweißzelle von Gutfrohn werden die Infrarot-Strahlen über zwei Umlenkspiegel so zum Empfänger weitergeleitet, dass sich ein karreeförmiges Schutzfeld um den Wendetisch bildet. Unterbricht eine Person das Schutzfeld, wird sofort ein Stopp-Signal ausgelöst, um den Roboter anzuhalten. Die Auswertung der Sicherheitssignale erfolgt direkt über die Steuerung des Roboters. Durch diese optoelektronische Sicherheitslösung entfällt die Notwendigkeit, einen festen Schutzzaun um den Wendetisch zu errichten. Das hat den Vorteil, dass der Wendetisch, wenn der Roboter in Betrieb und die Zelle geschlossen ist, zur Beladung und Entnahme von allen Seiten für den Bediener zugänglich ist. Schwere Bauteile können beispielsweise über einen Kran von allen drei Seiten auf den Wendetisch gehievt werden. Für den Bediener ermöglicht die seitliche Beladung kürzere Arbeitswege. Während Sender und Empfänger des SLC420 fest an der Zelle installiert sind, han-



delt es sich bei den Umlenkspiegeln um tragbare Modelle, die bei einem Umzug der Zelle neu positioniert werden können, um das quadratförmige Schutzfeld einzurichten.

Zugänglich ist die Schweißzelle nur über eine Tür, die während des Betriebs mit der Sicherheitszuhaltung AZM300 von Schmersal verriegelt ist. Zu den besonderen Merkmalen der AZM300 gehört das patentierte Wirkprinzip mit Drehwelle und Drehkreuz. Es bietet den Vorteil, dass die Schutztür beim Schließen in die Endlage gezogen und nahezu spielfrei zugehalten wird. Dabei dient die Sicherheitszuhaltung als Türanschlag, was den Einsatz eines separaten Türanschlags unnötig macht. Die integrierte Rastung sorgt dafür, dass die Tür nach dem Entsperren der Zuhaltung in der geschlossenen Stellung verbleibt und nicht selbsttätig aufspringt. Die Rastkraft lässt sich einfach durch Drehen des Drehkreuzes um 180° von 25 N auf 50 N erhöhen. Optional kann die Sicherheitszuhaltung auch mit Fluchtentriegelung geliefert werden.

Zur sicheren Identifizierung des Betätigers kommt ein RFID-Sensor zum Einsatz, der höchsten Manipulationsschutz gemäß ISO 14119 ermöglicht.

## 2. Schutzeinrichtungen für Roboter

### 2.5. Sicherheitsschaltmatten



Sicherheitsschaltmatten der Baureihe SMS4/5 werden zur Bereichsabsicherung innerhalb einer Roboterzelle eingesetzt. Betritt eine Person die Sicherheitsschaltmatten schaltet der angeschlossene Sicherheitsrelaisbaustein die gefahrbringende Bewegung ab. Bei Verwendung von Sicherheitslichtgittern dient sie auch als Hintertretschutz: Solange sich Personen im Schutzfeld befinden, verhindert die Sicherheitsschaltmatte ein ungewolltes Wiederanlaufen des Roboters.

Die Schaltmatte besteht aus zwei voneinander getrennten stromführenden Stahlplatten. Isolierende Trennstreifen halten die Platten auf Abstand. Wird die druckempfindliche Schaltmatte betätigt, wird zwischen den Stahlplatten ein elektrischer Querschluss hergestellt. Der angeschlossene Sicherheitsrelaisbaustein wertet dieses Signal aus und schaltet die gefahrbringende Bewegung ab.

Die Schaltmatten erfüllen in Verbindung mit den Sicherheitsrelaisbausteinen SRB301HC/R bzw. SRB301HC/T die Anforderungen des Performance Levels PL d nach ISO 13849-1.

Durch Aneinanderreihen von Sicherheitsschaltmatten können Gefahrenbereiche einfach und schnell abgesichert werden. Die richtige Anordnung der Schaltmatte in Bezug auf die nächstliegende Gefahrenstelle ist hauptsächlich abhängig von der Nachlaufzeit der Maschine und der Annäherungsgeschwindigkeit des Bedienpersonals. Dieser Zusammenhang wird in der Norm ISO 13855 (Sicherheit von Maschinen, Annäherungsgeschwindigkeit von Körperteilen) in einer Berechnungsformel für den Sicherheitsabstand umgesetzt.

## 2. Schutzeinrichtungen für Roboter

### 2.6. Sichere Signalauswertung



Für die sichere Signalauswertung stellt Schmersal je nach Komplexität und Verknüpfungstiefe der Sicherheitskreise Lösungen auf der Basis von Sicherheitsrelaisbausteinen und Sicherheitssteuerungen mit einer Vielzahl von Visualisierungs- und Diagnosemöglichkeiten bereit.

Für kleinere Roboteranlagen bieten sich die multifunktionalen Sicherheitsrelaisbausteine der Reihe PROTECT SRB-E an, die unterschiedliche Anwendungen abdecken und einfach zu konfigurieren sind. Die Ausführungen mit sicherer Stillstands- oder Zeitüberwachung sind optional auch mit zusätzlicher Schutztürüberwachung erhältlich.

Für komplexere, individuelle Sicherheitslösungen und größere Roboteranlagen empfiehlt sich der Einsatz der modularen, programmierbaren Sicherheitssteuerung PROTECT PSC1.

Dabei wertet die PROTECT PSC1 nicht nur die sicheren Signale der angeschlossenen Sensorik aus, sie kann außerdem nichtsichere Diagnosesignale via Feldbus an eine Automatisierungssteuerung oder in die IT-Umgebung weiterleiten. Damit können beispielsweise Signale ausgewertet werden, die für die Vermeidung von Stillstandszeiten bzw. die Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit relevant sind. Über ein universelles Kommunikationsinterface kann der Anwender einfach per Software verschiedene Feldbusprotokolle auswählen und einstellen.

Zudem ist zwischen verschiedenen PSC1-Steuerungen eine sichere Querkommunikation via Ethernet SMMC (Safety Master to Master-Communication) möglich. Dies vereinfacht den Aufbau komplexer, mehrteiliger Anlagen mit vernetzten Sicherheitssystemen.

## 2. Schutzeinrichtungen für Roboter

### 2.7. Der Safety Controller für die Mensch-Roboter-Kollaboration

Die Sicherheitssteuerung „Safety Controller“ wird inzwischen von vielen Roboterherstellern eingesetzt. Dabei ist der Schmersal Safety Controller keine Sicherheitslösung „von der Stange“, sondern wird an die jeweils spezifischen Anforderungen der Roboterhersteller individuell angepasst.

Beim Safety Controller handelt es sich um eine zweikanalige mikroprozessor-basierte Sicherheitselektronik, die zusätzlich zur betriebsmäßigen Steuerung arbeitet und ihr übergeordnet ist. Der Vorteil der übergeordneten Einbindung ist, dass die Elektronik im Wesentlichen Überwachungsfunktionen ausführt und ausschließlich im Fehlerfall einen eigenständigen Steuerbefehl erzeugt.

Der Safety Controller überwacht die Geschwindigkeit jeder einzelnen Maschinen- oder Peripherieachse, typischerweise in Abhängigkeit von einer Betriebsart, zum Beispiel der Betriebsart „Sicher reduzierte Geschwindigkeit“. Das Überschreiten einer sicherheitsrelevanten Geschwindigkeit, das Überfahren eines Positionsgrenzwerts oder das Verlassen eines sicheren Haltepunkts (Safe Position) wird erkannt und führt zu einem sofortigen sicheren Stillsetzen der Maschine. Die Grenzwerte – sie werden später in Abhängigkeit von der jeweiligen Betriebsart über sichere Eingänge aktiviert – werden dabei werksseitig und im Rahmen der Anlageninbetriebnahme voreingestellt. Die Funktion „Sichere Geschwindigkeit“ erlaubt die unmittelbare Kooperation von Mensch und Roboter bei reduzierter Arbeitsgeschwindigkeit des Roboters im Einrichtbetrieb.

Neben der achsspezifischen Überwachung wird vom Safety Controller darüber hinaus auch die resultierende Geschwindigkeit, zum Beispiel des Tool Center Points (TCP) überwacht, d. h. die Bewegung im Raum. Mit dem Safety Controller können u. a. sogenannte kartesische Nocken gebildet werden, d. h. virtuelle Arbeitsbereiche, innerhalb derer sich – je nach Definition – der Roboter oder das Roboterwerkzeug bewegen darf oder nicht. Die Funktionalität der kartesischen Nocken ermöglicht es darüber hinaus, Schutzumzäunungen kleiner und leichter zu bauen bzw. sie besser auszunutzen, weil die Nocken im Innenraum der Anlage eine Art von vorgelagertem virtuellem Schutzzaun bilden. Der Safety Controller überwacht die Bewegungen und schaltet die Maschine in den sicheren Zustand, sollte es durch einen Fehlerfall in der betriebsmäßigen Robotersteuerung oder durch eine andere Ursache zu einer Verletzung des virtuellen Arbeitsraums kommen. Damit dient der tatsächliche Schutzzaun nur noch dazu, Menschen daran zu hindern, in den Arbeitsbereich des Roboters einzudringen (aber nicht mehr umgekehrt).

Das sicherheitstechnische Konzept, das dem Safety Controller zugrunde liegt, entspricht dabei PL d nach ISO 13849-1.





## 3. Safety Services

### 3.1. tec.nicum – Beratung und Schulung zur Robotik



Jeder Hersteller, der Maschinen und Anlagen in Europa produziert oder dort auf den Markt bringen möchte, ist laut Maschinenrichtlinie verpflichtet, eine Risikobeurteilung vorzunehmen. Das gilt auch für Hersteller von Roboteranlagen. Die Risikobeurteilung ist ein Prozess, bei dem eine bestimmte Systematik unbedingt einzuhalten ist und der z. T. sehr komplex sein kann. Erschwerend kommt hinzu, dass sich die Anforderungen ändern können, z. B. aufgrund neuer Regelwerke oder technischer Innovationen. Dazu zählen im Bereich Robotik etwa die neuen Richtlinien, die die Internationale Organisation für Normung (ISO) im Februar 2016 für die Zusammenarbeit mit kollaborierenden Robotern veröffentlichte.

Das – punktuelle oder prozessbegleitende – Hinzuziehen von externen Spezialisten kann das Verfahren der Risikobeurteilung deutlich erleichtern. Diese Dienstleistung erbringt der Geschäftsbereich Safety Services von Schmersal, der unter dem Namen tec.nicum firmiert. Die Experten des tec.nicums führen für Kunden und auf Basis der ISO 12100:2010 Risikobeurteilungen und eine umfassende Bewertung aller Gefahren an neuen bzw. modifizierten Roboteranlagen durch.

Darüber hinaus analysieren sie Maschinen auf deren Konformität mit geltenden Gesetzen und Normen. Aus den Ergebnissen dieser Untersuchungen leiten sie Handlungsempfehlungen und Korrekturmaßnahmen ab und beraten bei der Auswahl geeigneter Schutzeinrichtungen. Sie gehen dabei nach dem Prinzip der herstellernerutralen Beratung vor, d.h. sie empfehlen Produkte, die fachlich geboten sind – unabhängig davon, wer sie hergestellt hat.

Darüber hinaus übernehmen die Experten des tec.nicums die Planung und Konzeption kompletter Sicherheitslösungen. Ziel ist es dabei, die notwendigen Schutzmaßnahmen kosteneffizient und produktivitätssteigernd in die Robotersysteme zu integrieren. Dabei zählt es sich aus, die Sicherheitsexperten des tec.nicums schon in der Konzeptionsphase neuer Roboteranlagen einzubeziehen – nicht nur im Hinblick auf die Sicherheit der Mitarbeiter, sondern auch unter betriebswirtschaftlichen Aspekten.

Die tec.nicum academy bietet außerdem ein umfassendes Schulungs- und Seminarprogramm zu allen Themen der Maschinen- und Anlagensicherheit an.

**Autor:**

Ulrich Bernhardt, Leitung Vertrieb und Steuerungen bei der Schmersal Gruppe

**Über die Schmersal Gruppe:**

Im anspruchsvollen Aufgabenfeld der Maschinensicherheit gehört die Schmersal Gruppe zu den internationalen Markt- und Kompetenzführern. Auf der Basis von über 25.000 verschiedenen Schaltgeräten bietet die Unternehmensgruppe Systemlösungen für die Sicherheit von Mensch und Maschine.

Das 1945 gegründete Unternehmen ist mit sieben Produktionsstandorten auf drei Kontinenten sowie eigenen Gesellschaften und Vertriebspartnern in mehr als 60 Nationen präsent. Die Schmersal Gruppe beschäftigt weltweit rd. 1.800 Mitarbeiter und erzielte 2017 einen Gruppenumsatz von rd. 235 Mio. Euro.

**Kontakt:**

K.A. Schmersal GmbH & Co. KG  
Telefon: +49 202 6474-0  
info@schmersal.com  
Möddinghofe 30  
42279 Wuppertal

**Quellen:**

International Federation of Robotics (IFR)  
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV)

[www.schmersal.com](http://www.schmersal.com)  
[www.tecnicum.com](http://www.tecnicum.com)

