

Zentrales Produktbeispiel: **Industrieroboter**

Dokumentation

(IR_Zentrales_Produktbeispiel_Industrieroboter)



Dieses Werk ist lizenziert unter einer [Creative Commons Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

Urheber: TU Dresden im Auftrag der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	2
1 Einführung.....	3
2 Produktbeschreibung.....	4
2.1 Allgemeines.....	4
2.2 Aufbau und Funktion.....	5
3 Beispiele für festgelegte Grenzen der Maschine.....	7
3.1 Räumliche Grenzen.....	7
3.2 Zeitliche Grenzen.....	9
3.3 Verwendungsgrenzen.....	10
3.4 Weitere Grenzen.....	10
4 Beispiele für Gefährdungen.....	11
5 Beispielhafte Risikoeinschätzung und -bewertung.....	13
6 Beispiele für Schutzmaßnahmen.....	18
7 Beispielhafte Darstellung der drei Schritte der Risikominderung nach DIN EN ISO 12100	22
8 Relevante Normen.....	28
Anlage 1 Abbildungen eines Industrieroboters.....	29

1 Einführung

Hinweis

In dieser Dokumentation wird das zentrale Produktbeispiel des Industrieroboters beschrieben. In der vorliegenden Dokumentation befinden sich neben einer Produktbeschreibung mit allgemeinen Angaben zum Produkt und zu dessen Funktion auch technische Dokumentationen und Abbildungen zu diesem Produkt.

Übungsaufgaben zu diesem Produkt können separat durch die Lernbegleitenden zur Verfügung gestellt werden.

2 Produktbeschreibung

2.1 Allgemeines

Im Folgenden wird eine komplexe Maschine – ein Industrierobotersystem vorgestellt. Das Robotersystem beinhaltet alle Baugruppen eines Industrieroboters. Dazu zählen neben dem Manipulator (Robotermechanik mit Elektroinstallation) und dem Steuerschrank auch die Verbindungsleitungen, das am Manipulator angebrachte Werkzeug und die Ausrüstungsteile (Abb. 2.1). Das Industrierobotersystem umfasst folgende Komponenten:

- Manipulator,
- Robotersteuerung,
- Verbindungsleitungen,
- Programmierhandgerät,
- Software und
- (Optionales) Zubehör.

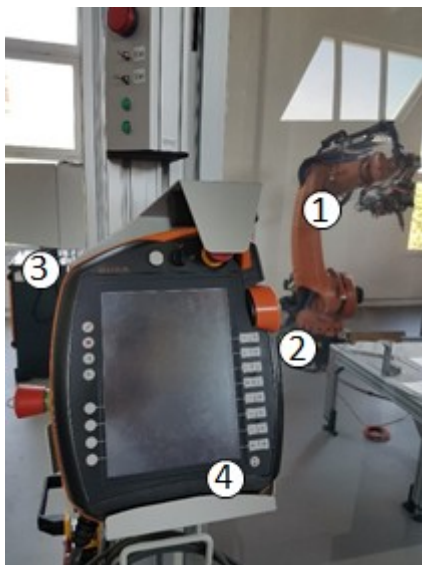


Abb. 2.1 Komponenten eines Robotersystems

- | | |
|------------------------|------------------------|
| 1 Manipulator | 3 Robotersteuerung |
| 2 Verbindungsleitungen | 4 Programmierhandgerät |

2.2 Aufbau und Funktion

Der Manipulator des Industrieroboters ist als 6-achsige Gelenkarmkinematik ausgelegt. Diese besteht aus folgenden Hauptbaugruppen (Abb. 2.2):

- Zentralhand (1),
- Arm (2),
- Schwinge (3),
- Karussell (4),
- Gewichtsausgleich (5),
- Elektroinstallation (6) und
- Grundgestell (7).

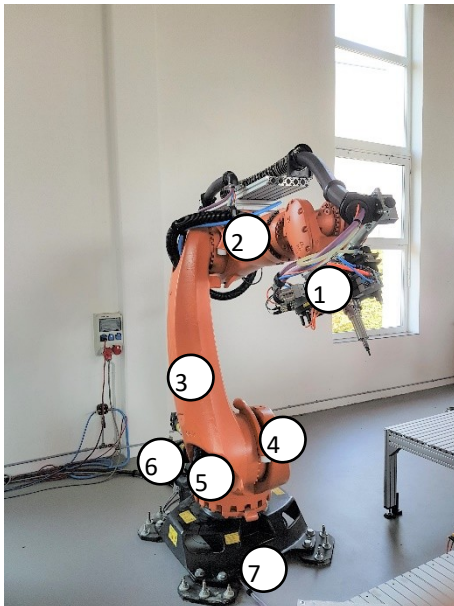


Abb. 2.2 Hauptgruppen des Manipulators

Zentralhand (1)

Die 3-achsige Zentralhand des Roboters enthält die Achsen 4, 5 und 6. Im Inneren des Arms befindet sich der Motor der Achse 6. Dieser treibt die Hand direkt an, während der Antrieb der Achsen 4 und 5 von der Rückseite des Arms über Verbindungswellen realisiert wird. Über einen Anbauflansch können Werkzeuge direkt an die Zentralhand montiert werden.

Arm (2)

Der Arm realisiert das Bindeglied zwischen Schwinge und Zentralhand. Er beherbergt die Motoren der Handachsen 4 und 5. Angetrieben wird der Arm durch den Motor der Achse 3. Durch zwei mechanische Anschläge mit den zugehörigen am Arm befindlichen Puffern, wird hierbei der maximal zulässige Schwenkwinkel des Arms in Plus- und Minusrichtung beschränkt. Eine Schnittstelle mit vier Bohrungen zu Befestigung von Zusatzlasten befindet sich ebenfalls am Arm.

Schwinge (3)

Die zwischen Arm und Karussell gelagerte Baugruppe nennt sich Schwinge. Diese besteht aus dem Schwingenkörper mit den Puffern für Achse 2. Drei unterschiedliche Schwinglängen stehen in Kombination mit dem Arm zum Erreichen der vorgesehenen Reichweite des Industrieroboters zur Verfügung.

Karussell (4)

Das Karussell ist das Verbindungsstück zwischen Grundgestell und Schwinge. Es ist über das Getriebe der Achse 1 mit dem Grundgestell verschraubt und führt die Drehbewegung dieser Achse aus. Sowohl der Motor der Achse 1 als auch der Motor der Achse 2 befinden sich im bzw. am Karussell.

Gewichtsausgleich (5)

Der Gewichtsausgleich ist eine zwischen Karussell und Schwinge eingebaute Baugruppe. Sie minimiert die bei Stillstand und Bewegung des Roboters auftretenden Momente um die Achse 2 durch ein geschlossenes hydropneumatisches System.

Elektroinstallation (6)

In der Elektroinstallation befinden sich alle Motor- und Datenleitungen der Motoren der Achsen 1 bis 6 und ein Schutzleitersystem.

Grundgestell (7)

Das Grundgestell stellt die Basis des Industrieroboters dar. Durch Verschraubungen verbindet es den Roboter mit dem Fundament und sorgt somit für eine feste Grundposition des Manipulators am Standort. Zusätzlich zum Schutzschlauch für die Elektroinstallation ist die Schnittstelle für Motor- und Datenleitungen und die Energiezuführung am Grundgestell untergebracht.

3 Beispiele für festgelegte Grenzen der Maschine

Für den Industrieroboter können unter anderem folgende Grenzen der Maschine festgelegt werden.

3.1 Räumliche Grenzen

Die räumlichen Grenzen einer Maschine umfassen deren **technisch und baulich bedingten Maße und Abmessungen**. Die Baugruppen des Industrieroboters sind solche räumlichen Grenzen. Dazu zählen der Manipulator, der Steuerschrank, die Verbindungsleitungen, das Werkzeug und die Ausrüstungsteile einschließlich des Programmierhandgerätes. Auch alle Hauptgruppen des Manipulators, einschließlich der 6-achsigen Gelenkarmkinematik sind räumliche Grenzen des Industrieroboters sind.

Die räumlichen Grenzen beinhalten ebenso das gesamte **Layout der Maschine, einschließlich aller Komponenten** sowie dem damit verbundenen **Flächen- und Raumbedarf**. Für den Industrieroboter gehören hierzu:

- die **Stell- und Funktionsflächen** der Maschine, ihrer Einbauten und Einrichtungen (z. B. dargestellt an der Draufsicht des Industrieroboters, Abb. 3.1),
- der **Bewegungsraum** der Maschine und ihrer Komponenten (z. B. die Bewegungsbereiche der Hauptachsen des Industrieroboter, Abb. 3.2),
- die **Schnittstellen von Mensch und Maschine** (z. B. Das Handbediengerät des Industrieroboters, Abb. 3.3),
- die **Schnittstellen der Maschine und ihrer Energieversorgung** (z. B. Die Anschlüsse für Elektro- und Druckluftleitungen, Abb. 3.4) und
- der **Platzbedarf von Personen**, die mit der Maschine umgehen (z. B. die Sicherheitsabstände für die Fluchtwege oder die Bewegungsflächen an den Betätigungselementen).

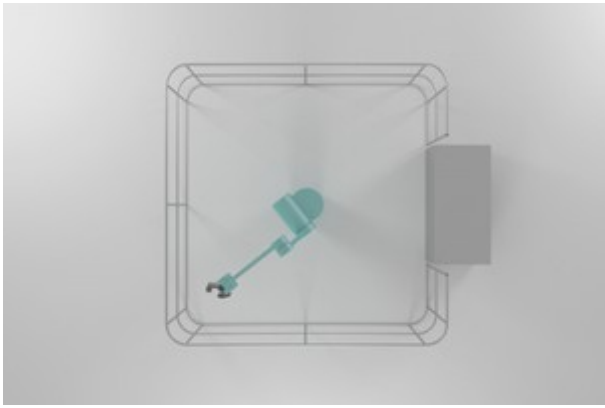


Abb. 3.1 Draufsicht auf den Industrieroboter mit Schutzzaun und Zuführbereich für Werkstücke



Abb. 3.2 Industrieroboter in Grundstellung und in senkrechter Ausstreckung
(Hersteller: KUKA AG)



Abb. 3.3 Handbediengerät des Industrieroboters
(Hersteller: KUKA AG)



Abb. 3.4 Anschlüsse des Industrieroboters an die Medienversorgung

3.2 Zeitliche Grenzen

Als zeitliche Grenzen für den Industrieroboter sind beispielhaft die folgenden Wartungsintervalle anführbar (Tab. 3.1):

Tab. 3.1 Wartungsintervalle des Industrieroboters

Maschinenteil	Maßnahme	Frist
Grundgestell	Schrauben prüfen	einmalig nach 100 h
Karussell	Lagerung der Schwinge schmieren, Schmiernippel durchschmieren	5.000 h spätestens 1 Jahr
Gewichtsausgleich	Druck prüfen	5.000 h
Kabelsatz und Energiezuführung	Kabel fetten	10.000 h
Getriebe	Ölwechsel durchführen	20.000 h spätestens 5 Jahre

3.3 Verwendungsgrenzen

Verwendungsgrenzen können für den Industrieroboter wie folgt festgelegt werden.

Die **bestimmungsgemäße Verwendung** ist solch eine Verwendungsgrenze. Für den Industrieroboter ist dies das Bearbeiten und Transportieren von Bauteilen oder Produkten. Hierzu gehört auch die übliche Verwendung, die sich aus der Bauart und Ausführung des Produktes ergibt. Für den Industrieroboter kann dies das Handhaben von Werkzeugen und Vorrichtungen sein.

Die Verwendungsgrenzen beinhalten außerdem die **vorhersehbare Verwendung**, die vom Hersteller nicht direkt vorgesehen ist, jedoch nach vernünftigem Ermessen vorhersehbar ist. Vorhersehbare Verwendung kann zum Beispiel der Betrieb der Maschine sein, ohne dass der Roboter zuvor in eine komplette Anlage vollständig sicherheitstechnisch integriert wurde. Hierbei ergeben sich vorrangig Gefährdungen durch die Bewegungen des Manipulators bei Aufenthalt von Personen in dessen Arbeitsbereich.

Eine weitere vorhersehbare Verwendung kann die Montage von unzulässig schweren oder großen Baugruppen sein. Hierbei kann sich die Gefährdung des Umstürzens des gesamten Manipulators ergeben.

Auch die **vorhersehbare Fehlanwendung** gehört zu den Verwendungsgrenzen. Einen Industrieroboter zum Transport von Personen und Tieren oder als Aufstiegshilfen zu verwenden stellt eine solche vorhersehbare Fehlanwendung dar.

3.4 Weitere Grenzen

Für einen Industrieroboter ist eine weitere Grenze, zum Beispiel die Einbaulage des Manipulators. Die Montage des Manipulators ist regulär auf dem Boden mit einem zulässigen Neigungswinkel $\leq 5^\circ$ vorgesehen.

Auch die zulässige Umgebungstemperatur stellt eine weitere Grenze dar. Die für die Verwendung des Industrieroboters akzeptable Umgebungstemperatur erstreckt sich beispielweise in einem Bereich von $+10^\circ\text{C}$ bis $+55^\circ\text{C}$.

4 Beispiele für Gefährdungen

Bei der Verwendung des Industrieroboters können unter anderem folgende charakteristische Gefährdungen auftreten.

Durch die bewegten Achsen (Zentralhand, Arm und Schwinge - Abb. 4.1) ergeben sich charakteristische Gefährdungen am Industrieroboter.



Abb. 4.1 Achsen eines Industrieroboters

Durch diese bewegten Maschinenteile können Personen weggeschleudert oder gequetscht werden. Möglich ist dies, wenn sich Personen im Arbeitsbereich des Industrieroboters aufhalten oder wenn die trennenden Schutzvorrichtungen so dimensioniert sind, dass direkter Kontakt von Mensch und Maschine besteht (Abb. 4.2).

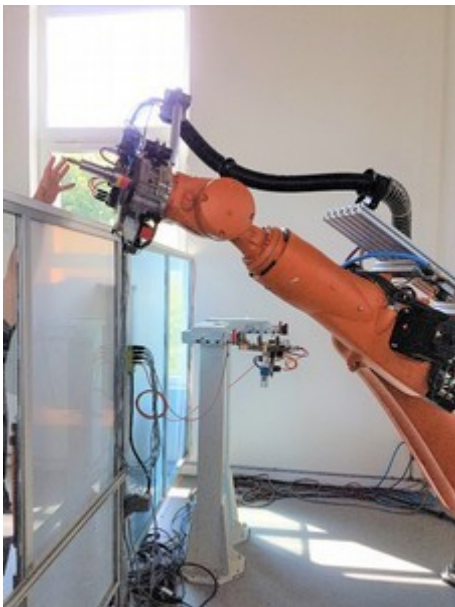


Abb. 4.2 Gefährdung durch bewegende Maschinenteile

Darüber hinaus gehen charakteristische Gefährdungen unter anderem vom gesamten hydropneumatischem System (Abb. 4.3) aus, durch welches die Bewegungen des Industrieroboters realisiert werden und was auch für dessen Gewichtsausgleich sorgt.

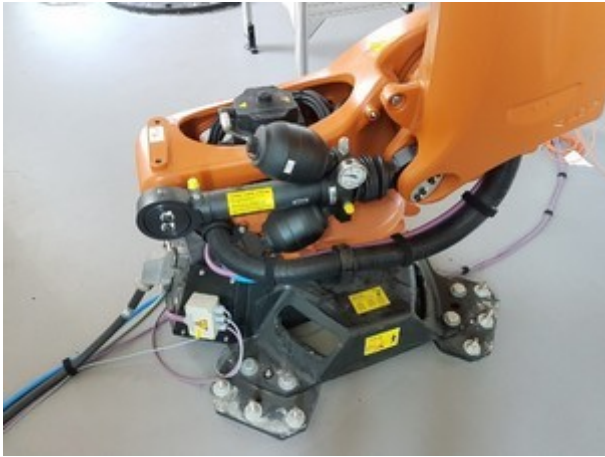


Abb. 4.3 Hydropneumatisches System des Industrieroboters

Aufgrund der gespeicherten Energien kann ein mögliche Gefährdung sein, dass Anlagenteilen an den menschlichen Körper schlagen, falls diese aufgrund von Überlastungen abreißen. Auch können unter Druck stehende Medien (z. B. Hydrauliköl) in den menschlichen Körper eindringen, wenn sich Personen in der Nähe der Maschine aufhalten, während ein Defekt an flüssigkeitsführenden Leitungen auftritt.

5 Beispielhafte Risikoeinschätzung und -bewertung

Das Risiko ergibt sich aus den beiden Risikoelementen: der **Eintrittswahrscheinlichkeit** des Schadens **und** dem **Schadensausmaß**. Jeder Gefährdung kann durch diese beiden Risikoelemente ein Risiko zugeordnet werden. Gefährdungen werden demnach durch das Risiko beschrieben. Abhängig von den existierenden Gefährdungen liegen unterschiedliche Risiken vor, welche sich in Ihrer Ausprägung je nach Produkt unterscheiden. Am Industrieroboter lassen sich unter anderem folgende Risiken aufzeigen:

Beim Industrieroboter sind die bewegten Maschinenteile der Achsen (Abb. 5.1) dauerhaft vorhanden. Wie und wann diese bewegt werden, ist allerdings bestimmt durch deren konstruktive Ausführung und die realisierte Steuerung. Das dadurch bedingte Risiko ist unterschiedlich ausgeprägt.



Abb. 5.1 Achsen des Industrieroboters

Das hydropneumatische System (Abb. 5.2) ist ebenso dauerhaft vorhanden. Mögliche Ausprägungen des Risikos hinsichtlich Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensschwere sind hier zum Beispiel von den Betriebs- und Einsatzbedingungen, wie den beaufschlagten Drücken und den Medien im System abhängig.

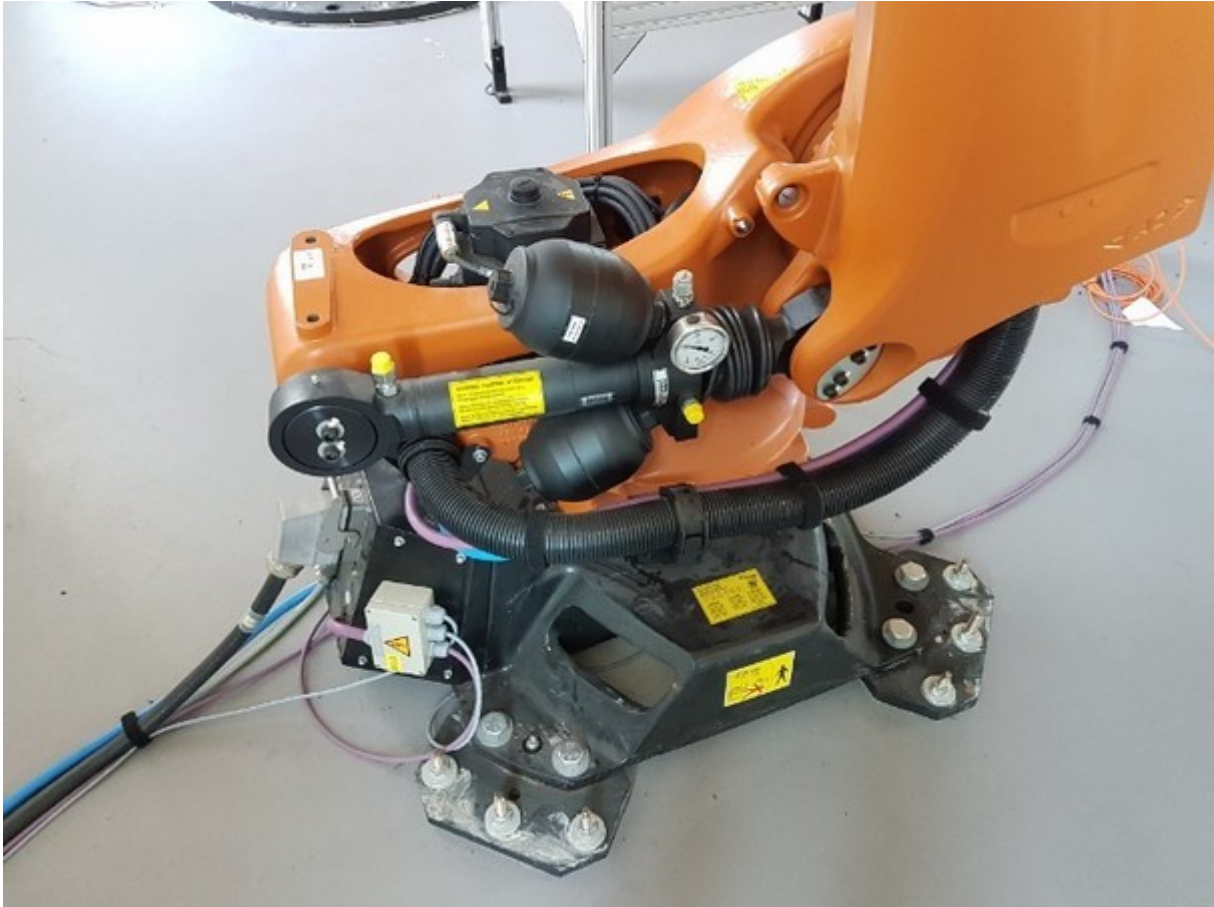


Abb. 5.2 Gewichtsausgleich am hydropneumatischen System des Industrieroboters

Sind trennende Schutzeinrichtungen falsch ausgelegt, so kann es zu Gefährdungen durch die bewegten Maschinenteile kommen (Abb. 5.3).

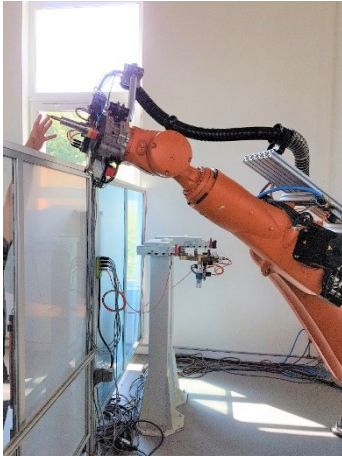


Abb. 5.3 Gefährdung durch bewegte Maschinenteile des Industrieroboters

Die Eintrittswahrscheinlichkeit von den bewegten Maschinenteile der Achsen des Industrieroboters getroffen zu werden, kann für diesen Fall zumindest als „hoch“ eingeschätzt werden. Wenn Personen getroffen oder eingequetscht werden, kann das Schadensausmaß aufgrund der potentiellen Verletzung von lebenswichtigen Körperpartien, als „sehr hoch“ bis „lebensgefährdend“ eingeschätzt werden. Abb. 5.4 zeigt die Einschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit und der Schadensschwere.

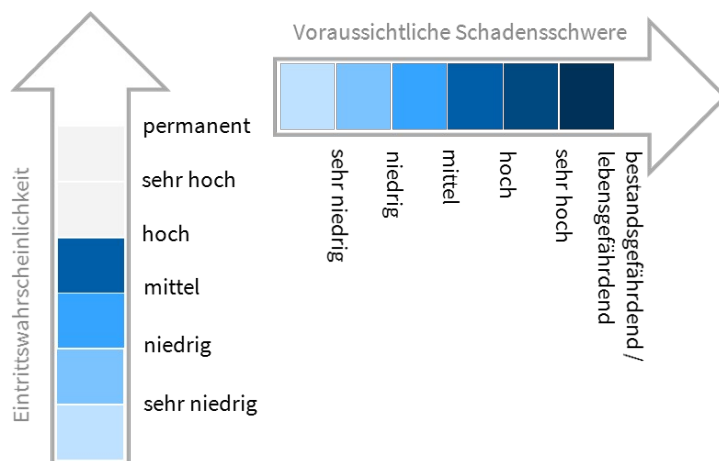


Abb. 5.4 Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensschwere für Gefährdung durch bewegte Achsen

Aufgrund der eingeschätzten Werte für Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensschwere wird das Risiko als „extrem hoch“ bewertet (Abb. 5.5). Dieses Risiko ist unter keinen Umständen akzeptabel. Eine Risikominderung ist umgehend erforderlich.

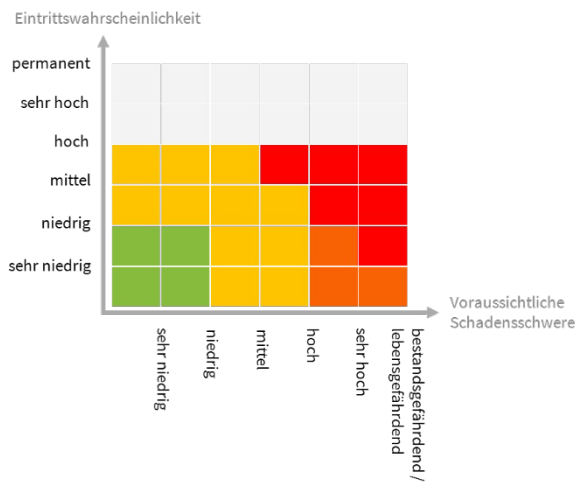


Abb. 5.5 Risikomatrix mit Risikoeinschätzung und -bewertung für Gefährdung durch bewegte Achsen

Das hydropneumatische System (Abb. 5.6) ist ebenso dauerhaft vorhanden,.

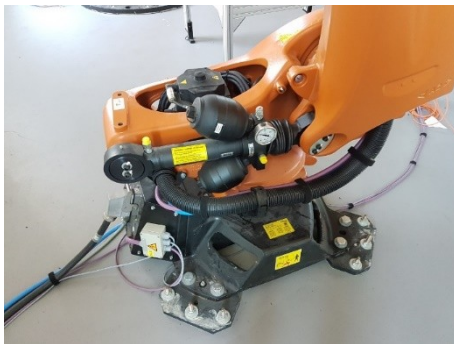


Abb. 5.6 Gefährdung durch das hydropneumatische System am Gewichtsausgleich des Industrieroboters

Die Eintrittswahrscheinlichkeit von abreißenden Anlagenteilen oder von unter Druck austretenden Medien getroffen zu werden kann als eher „gering“ eingeschätzt werden. Das Schadensausmaß kann aufgrund der potentiellen Verletzung von eher kleinen Körperpartien, als „niedrig“ bis „mittel“ eingeschätzt werden. Abb. 5.7 zeigt die Einschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit und der Schadensschwere.

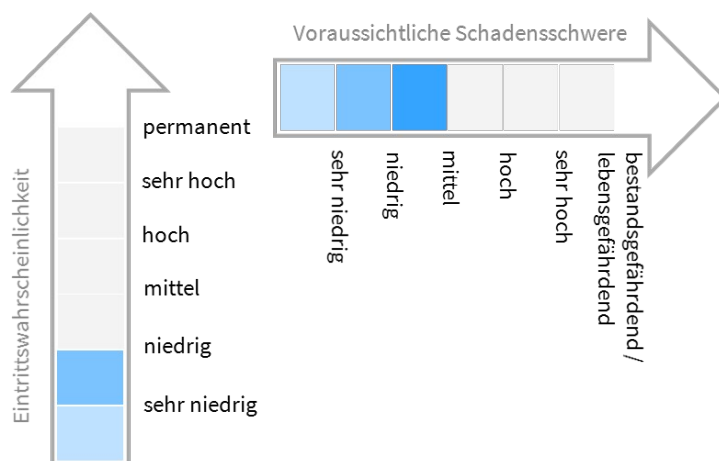


Abb. 5.7 Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensschwere für Gefährdung durch das hydropneumatische System

Aufgrund der eingeschätzten Werte für die Eintrittswahrscheinlichkeit und die Schadensschwere wird das Risiko als „mittel“ bewertet (Abb. 5.8). Dieses Risiko ist unter Beachtung weiterer Maßnahmen akzeptabel. Allerdings ist eine weitere Risikominderung, z. B. durch Einsatz von druckfesten Komponenten und von Druckminderern, erforderlich.

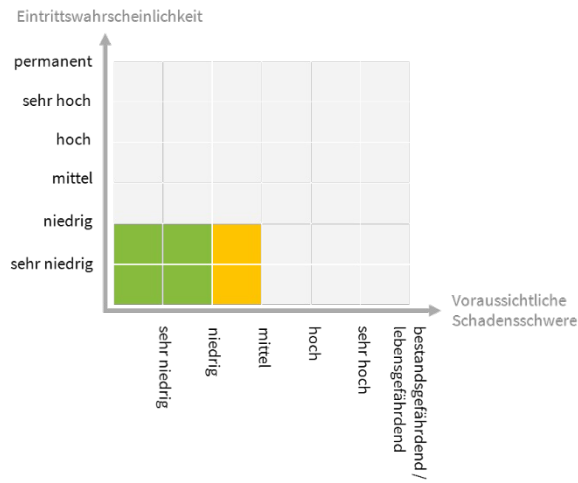


Abb. 5.8 Risikomatrix mit Risikoeinschätzung und -bewertung für Gefährdung durch das hydropneumatische System

6 Beispiele für Schutzmaßnahmen

Am Industrieroboter sind als Schutzmaßnahmen beispielsweise als Schutzeinrichtungen in Form der Anschläge an den Achsen zu deren Begrenzungen (Abb. 6.1, Abb. 6.2 und Abb. 6.3) umgesetzt. Die Qualität dieser Schutzmaßnahmen wird dadurch bestimmt, wie sie technisch ausgeführt sind. Diese Anschläge können zum Beispiel mechanisch, elektrisch oder elektromagnetisch ausgeführt sein.



Abb. 6.1 Achsbegrenzung Hauptachse

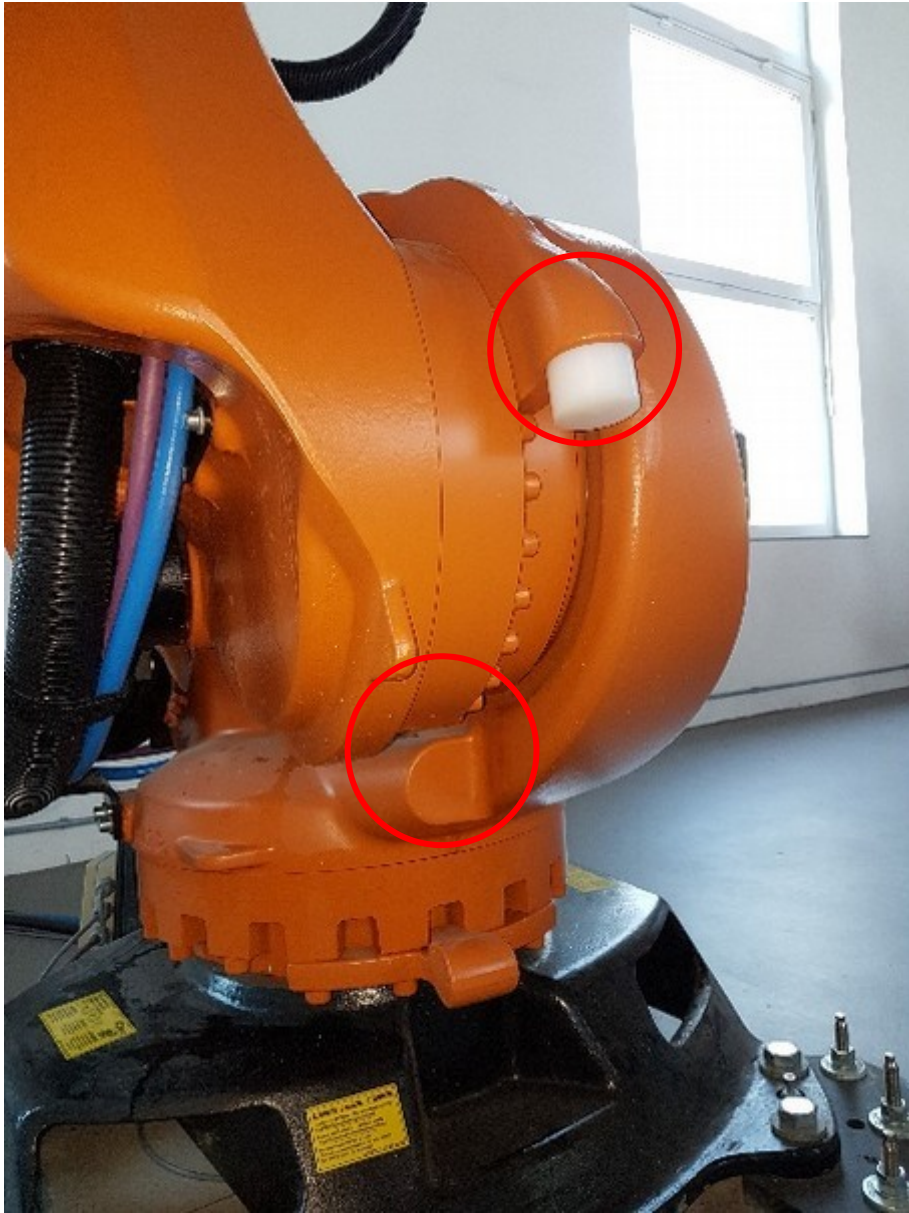


Abb. 6.2 Achsbegrenzung Achse Zwei

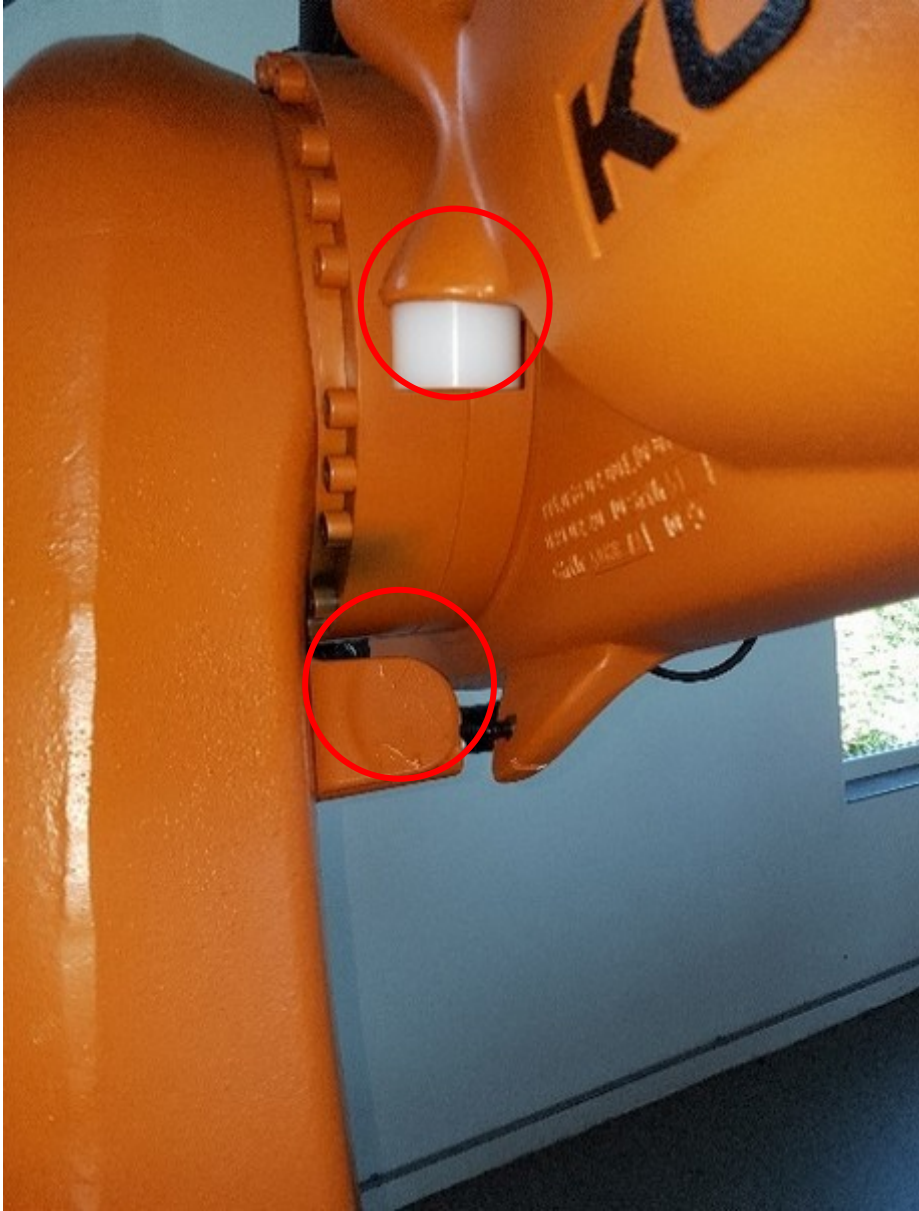


Abb. 6.3 Achsbegrenzung Achse Drei

Weitere Schutzmaßnahmen sind zum Beispiel die als Benutzerhinweise ausgeführten Sicherheitskennzeichnungen am Roboter (Abb. 6.4).



Abb. 6.4 Sicherheitskennzeichnung am Sockel des Industrieroboters

7 Beispielhafte Darstellung der drei Schritte der Risikominderung nach DIN EN ISO 12100

Eine Gefährdungssituation kann am Industrieroboter auftreten, wenn sich der Benutzer im Gefahrenbereich (Arbeitsbereich oder Anhaltewege) des Manipulators befindet und die Hauptachsen bewegt werden. Bei Bewegung der Hauptachsen kann der Benutzer durch die Hauptachsen getroffen oder gequetscht werden.

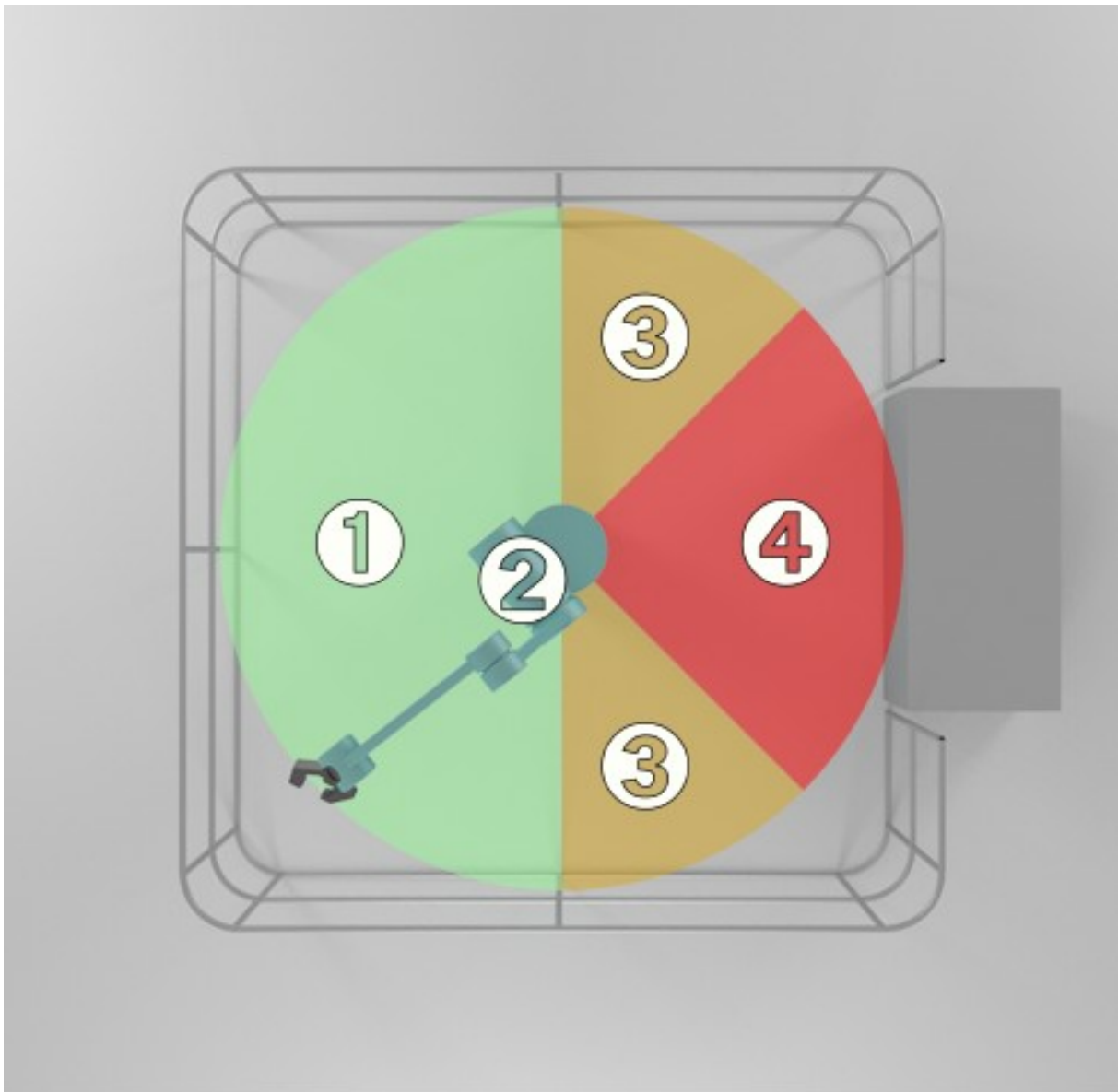
Auf folgende Art und Weise können die drei Schritte zur Risikominderung am Industrieroboter umgesetzt werden:

Im erste Schritt der Risikominderung wird durch inhärent sichere Konstruktion realisiert. Durch das Anbringen von mechanischen Endanschlägen (Abb. 7.1) kann beispielsweise der Gefahrenbereich des Manipulators begrenzt werden.



Abb. 7.1 Mechanischer Endanschlag am Industrieroboter

Damit wird gleichzeitig der Schutzbereich für den Benutzer definiert (Abb. 7.2).



- | | |
|------------------|-----------------|
| ❶ Arbeitsbereich | ❷ Manipulator |
| ❸ Anhalteweg | ❹ Schutzbereich |

Abb. 7.2 Festlegung von Arbeits- und Schutzbereich des Industrieroboters

Technische und ergänzende Schutzmaßnahmen werden im zweiten Schritt der Risikominderung durch die Anbringung von trennenden Schutzeinrichtungen und Not-Halt-Geräten realisiert (Abb. 7.3).



Abb. 7.3 Trennende Schutzeinrichtungen und Not-Halt-Geräte am Industrieroboter

Einerseits wird durch die trennenden Schutzeinrichtungen der generelle Zugang zum Gefahren- und Schutzbereich des Manipulators beschränkt. Andererseits können die Bewegungen des Manipulators mit den Not-Halt-Geräten im Notfall stillgesetzt werden.

Der dritte Schritt der Risikominderung umfasst die Information an den Benutzer. Dies ist am Industrieroboter einerseits durch die Anbringung von Signalleuchten (Abb. 7.4) realisiert. Einerseits weisen diese mit einer roten Warnleuchte den Benutzer auf den laufenden Betrieb der Roboteranlage hin oder signalisieren andererseits durch die grüne Warnleuchte, dass sich die Anlage nicht in Betrieb befindet und somit der Zugang zu dieser gestattet ist. Auch ist der Roboter an seiner Oberfläche mit verschiedenen Piktogrammen und Warnhinweisen (Abb. 7.5) versehen. Damit wird auf die Gefährdungen, die trotz Realisierung anderer Schutzmaßnahmen vom Roboter ausgehen können, aufmerksam gemacht.



Abb. 7.4 Anbringung von Signalleuchten am Industrieroboter



Abb. 7.5 Piktogramme und Warnhinweise am Industrieroboter

Diese drei beispielhaft dargestellten Schritte der Risikominderung hat der Konstrukteur auch für jede andere signifikante Gefährdung anzuwenden, um eine hinreichende Risikominderung zu erzielen.

8 Relevante Normen

DIN EN ISO 12100:2011-03

Sicherheit von Maschinen - Allgemeine Gestaltungsleitsätze - Risikobeurteilung und Risikominderung (ISO 12100:2010); Deutsche Fassung EN ISO 12100:2010

DIN EN ISO 10218-1:2012-01

Industrieroboter - Sicherheitsanforderungen - Teil 1: Roboter (ISO 10218-1:2011); Deutsche Fassung EN ISO 10218-1:2011

DIN EN ISO 10218-2:2012-06

Industrieroboter - Sicherheitsanforderungen - Teil 2: Robotersysteme und Integration (ISO 10218-2:2011); Deutsche Fassung EN ISO 10218-2:2011

ISO 9283:1998-04

Industrieroboter - Leistungskenngrößen und zugehörige Prüfmethode

ISO 9946:1999-04

Industrieroboter - Darstellung charakteristischer Eigenschaften

ISO/TR 23849:2010-05

Leitfaden zur Anwendung von ISO 13849-1 und IEC 62061 bei der Gestaltung von sicherheitsbezogenen Steuerungen für Maschinen

Anlage 1 Abbildungen eines Industrieroboters



Feststehender 6-achsiger Industrieroboter mit angetriebenem Werkzeug

(Hersteller: KUKA AG)



Puffer (Schwinge)



Hydropneumatischer Gewichtsausgleich



Roboterzelle samt Programmierhandgerät



Manipulator des Industrieroboters