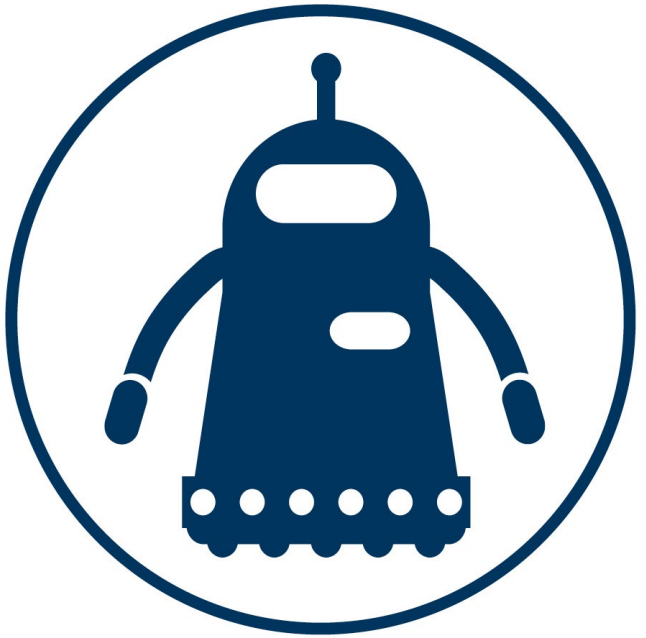


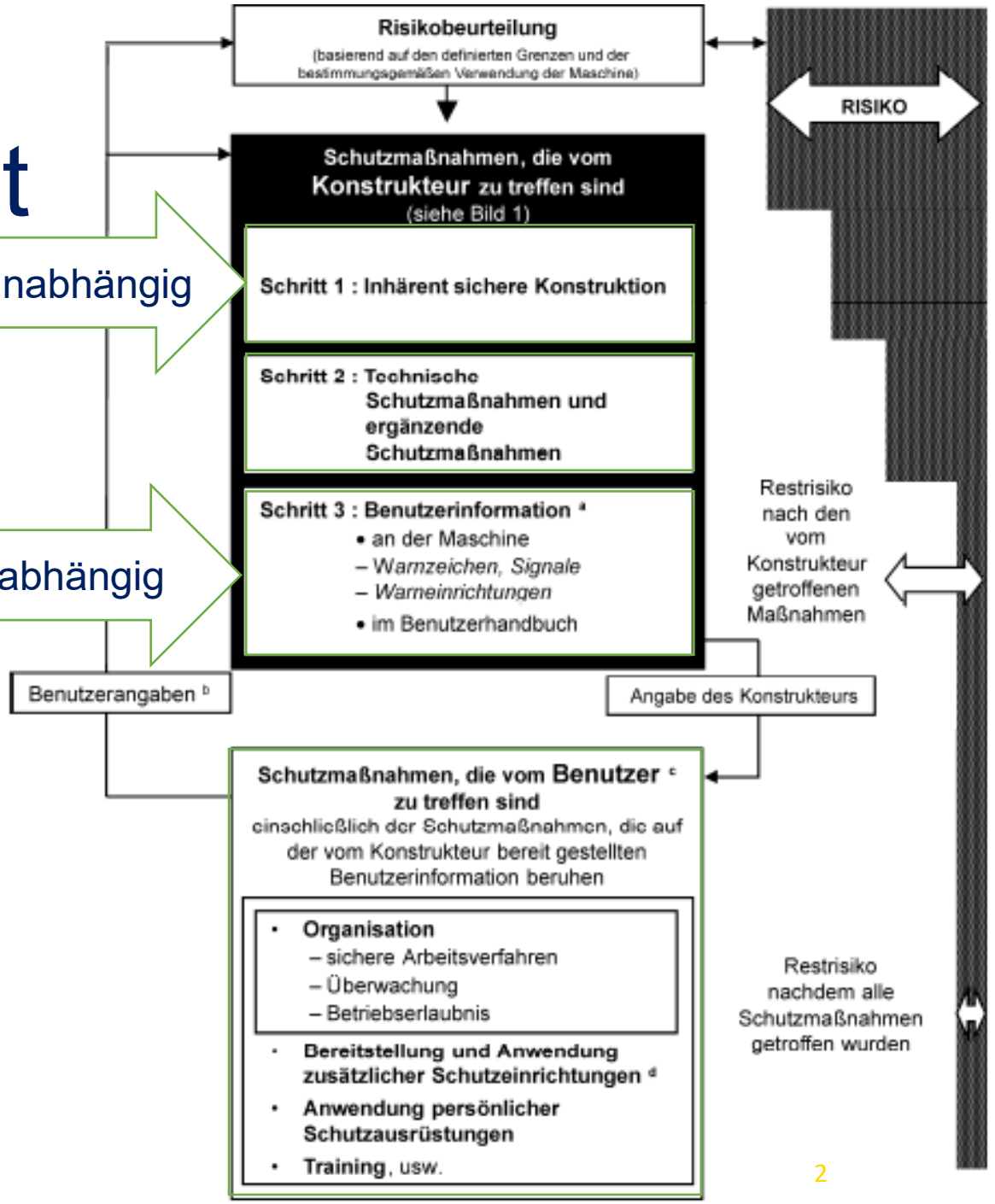
Maßnahmen zur Absicherung

Gesetzliche Anforderungen

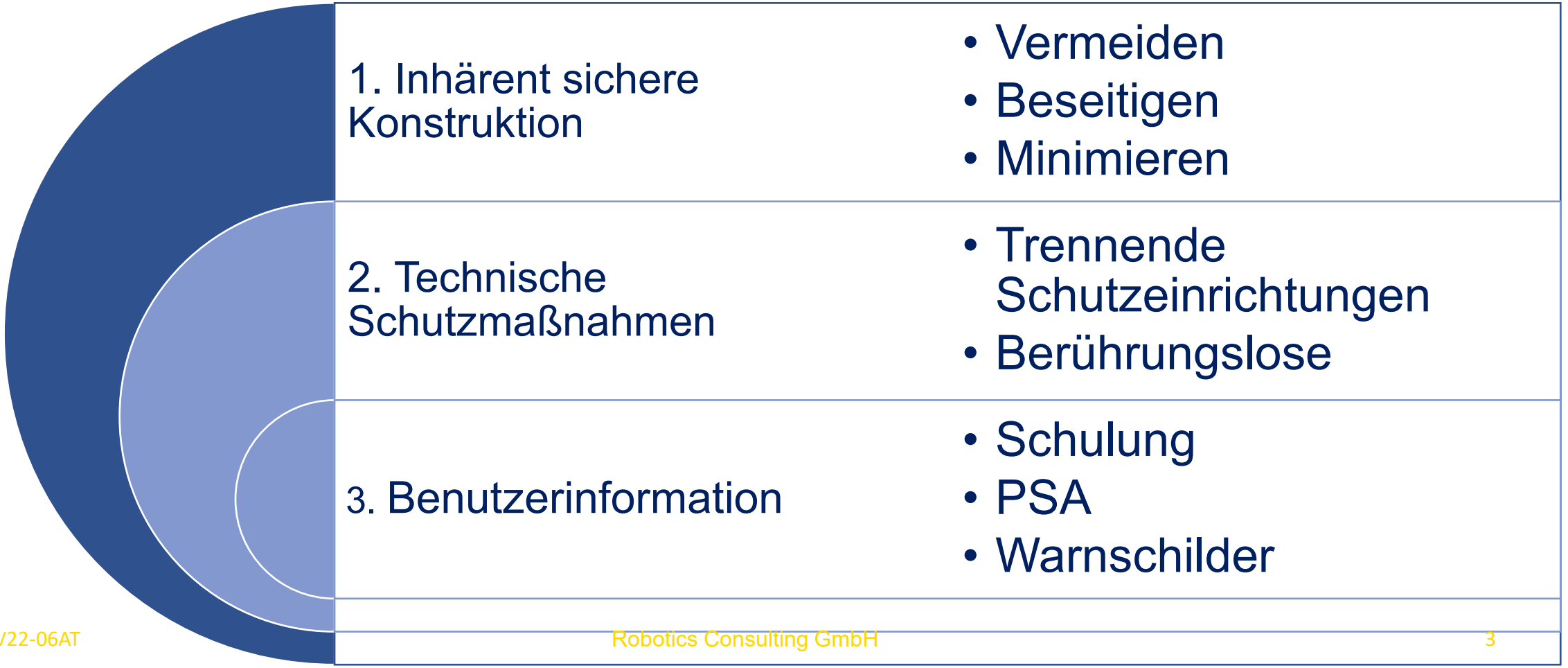
Das Sicherheitskonzept

1. Inhärent sichere Konstruktion
2. Technische Schutzmaßnahmen
3. Benutzerinformationen

4. Anleitungen, Anweisungen
5. Trainings
6. Persönliche Schutzausrüstung



Die 3 Stufen der Risikominderung



Nehmen wir eine Gefahrenquelle

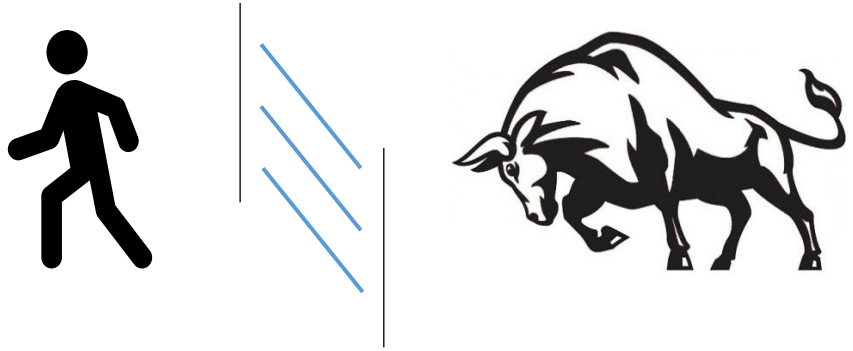
Konstruktiv Inhärent sicher

- Minimieren

- Ersetzen

- Beseitigen

Technische Maßnahmen



- Trennende Schutzeinrichtungen

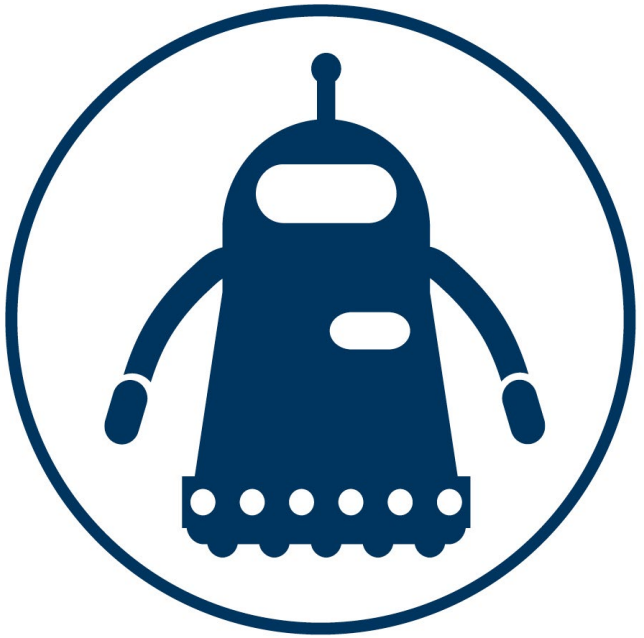
Nichttrennende Schutzeinrichtungen

Benutzerinformation

Warnhinweise

PSA

Schulungen
Anweisungen



Risikominderungen

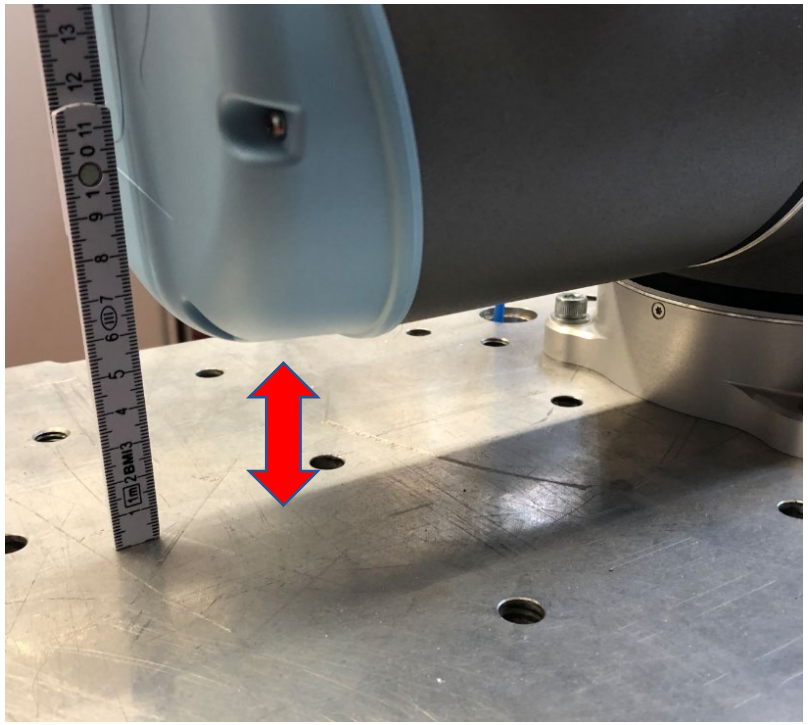
Sichere Konstruktion

Sichere Konstruktion

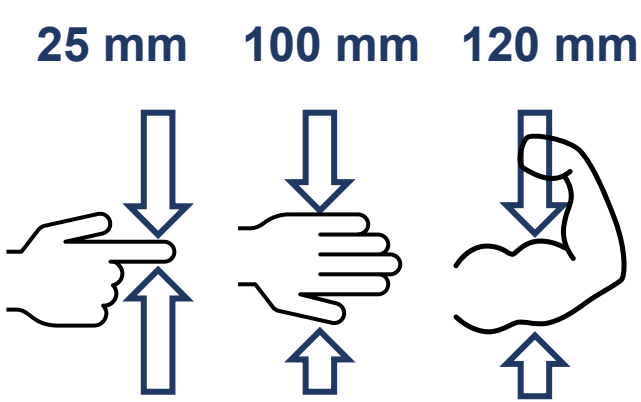
1. Vermeiden
2. Beseitigen
3. Minimieren

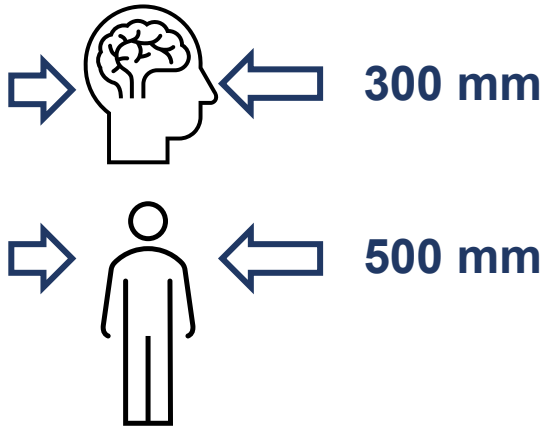
Kosten: Design : Technik = 1:100!!!

Konstruktive Maßnahmen

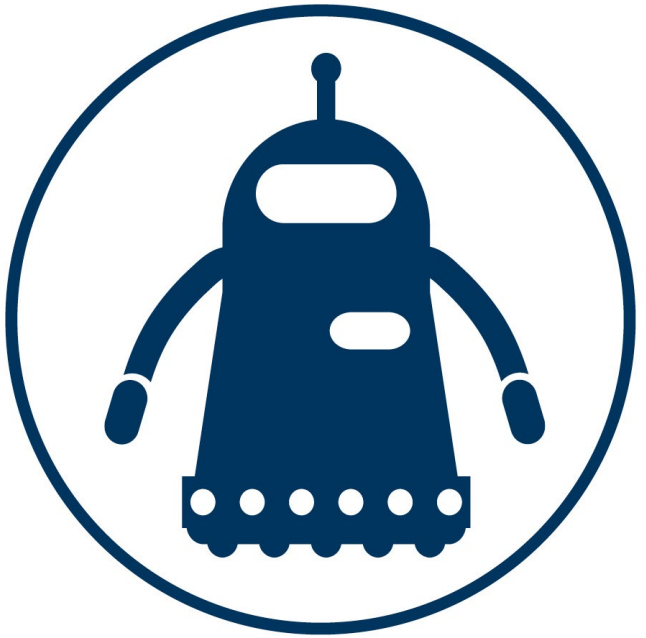


EN ISO 13854:2020





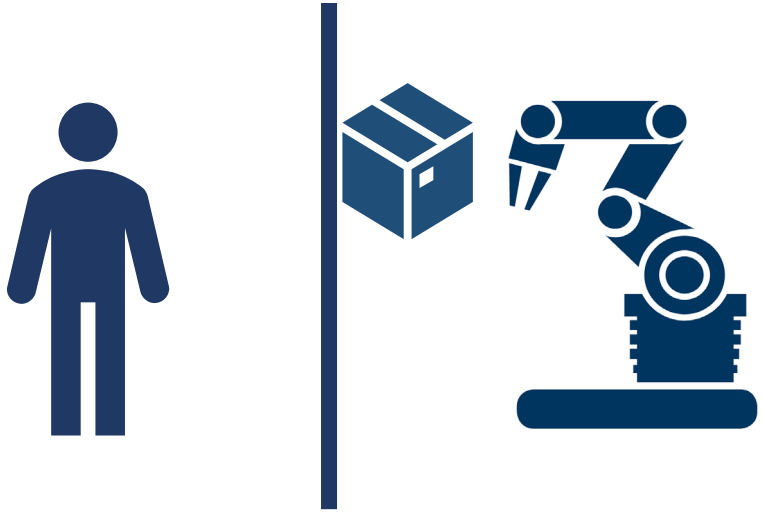
Ab höheren Werten ist ein Quetschen normativ nicht möglich
➔ keine Gefährdung im Sinne der Maschinenrichtlinie



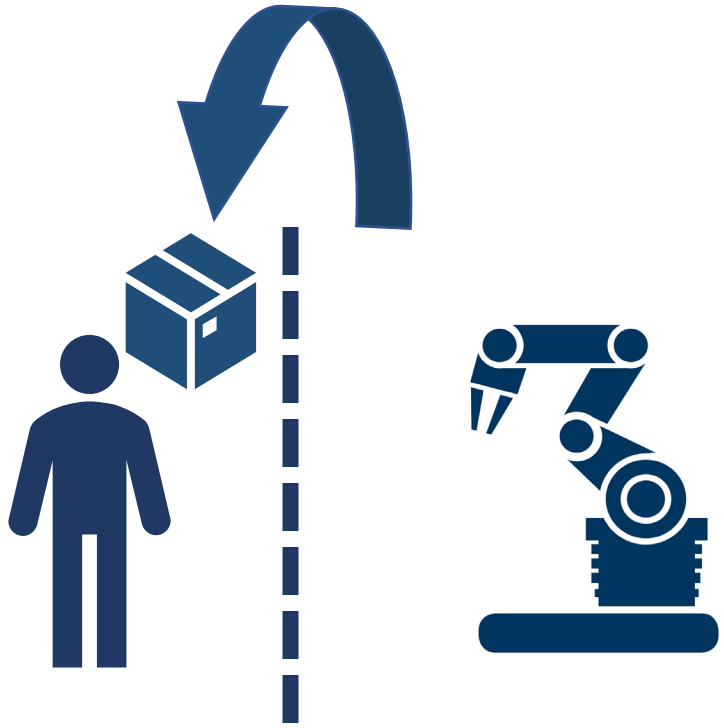
Risikominderungen

Technische Schutzmaßnahmen

Technische Schutzmaßnahmen



Trennende Schutzeinrichtung = Barriere
- Keiner kann rein
- Nichts kommt raus



Nicht Trennende Schutzeinrichtung = Detektoren
- Man wird „nur“ erkannt
- Sicherheit die man nicht sieht und spürt

Trennende Schutzeinrichtungen

1. Feststehende trennende Schutzeinrichtungen
2. Bewegliche trennende Schutzeinrichtungen
3. Einstellbare trennende Schutzeinrichtungen

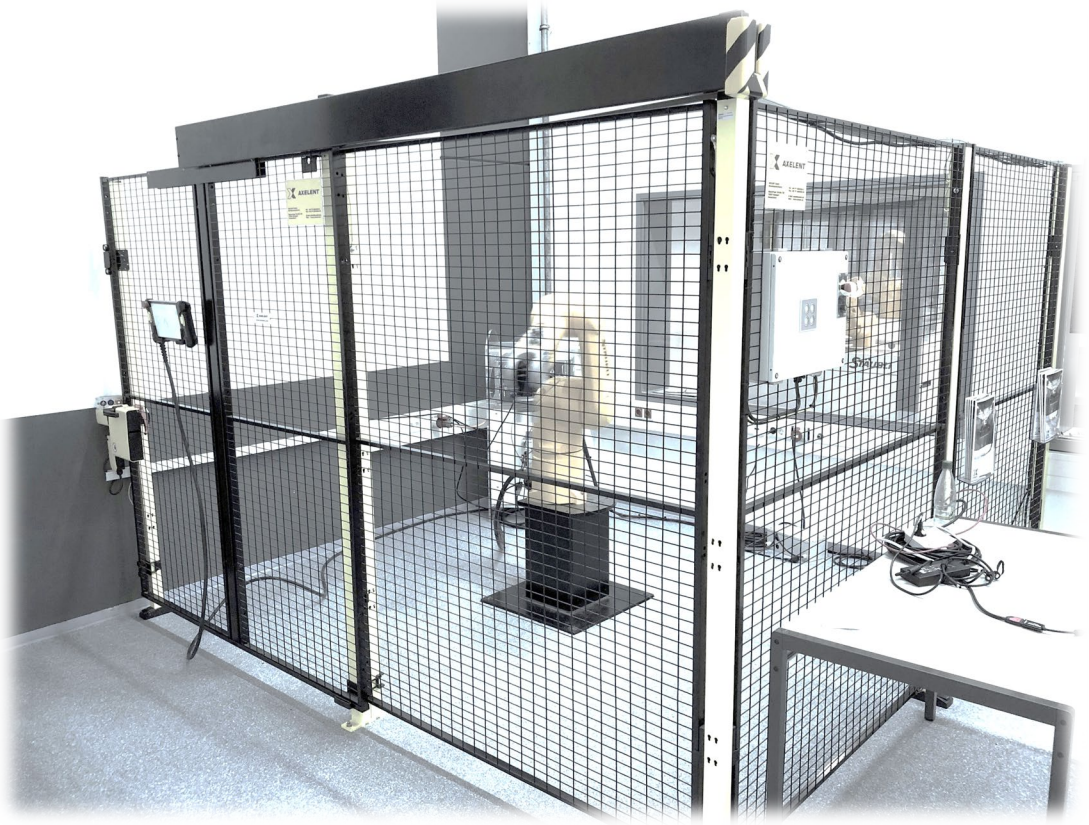
- Ausführung nach EN ISO 14120 – Nachweispflicht!
  - Stabil gebaut
  - Nur mit Werkzeug lösend
- Abstände nach EN ISO 13857 – Validierung!
  - Höhe definiert
  - Größe der Öffnungen definiert

Trennende Schutzeinrichtungen

gemäß EN ISO 10218-2:

- Kapitel: 5.10.4.1: Die äußeren Schutzeinrichtungen dürfen nicht näher an der Gefährdung installiert werden als der eingeschränkte Raum, es sei denn dass entweder:
  - die äußeren Schutzeinrichtungen als Begrenzungseinrichtung konstruiert sind oder
  - die Risikobeurteilung ergibt, dass andere technische Schutzmaßnahmen geeignet sind.

➔ Der Zaun darf vom Roboter nicht erreicht werden, oder es ist ein Zaun, der den Roboter auch wirklich aushält bei V_max und Payload_max



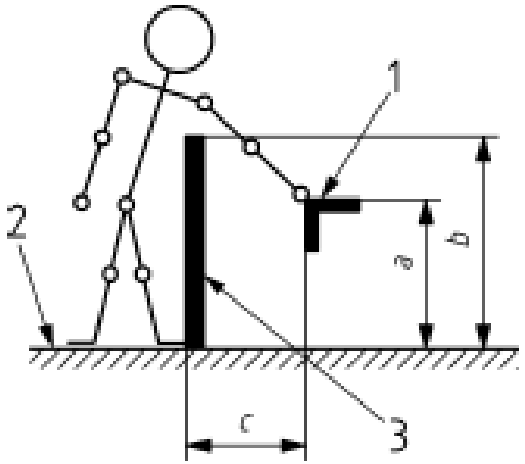
Trennende Schutzeinrichtungen

- Heavy Zaun Umdasch

- Light Zaun Umdasch

Temporäre trennende Schutzeinrichtung

Trennende Schutzeinrichtungen – EN ISO 13857



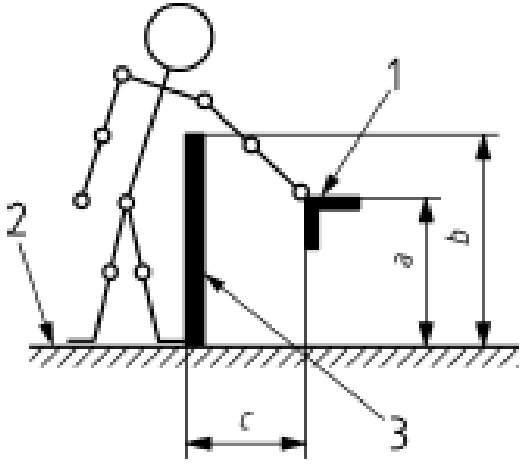
Bildquelle: EN ISO 13857

Tabelle 2 — Hinüberreichen über schützende Konstruktionen — hohes Risiko

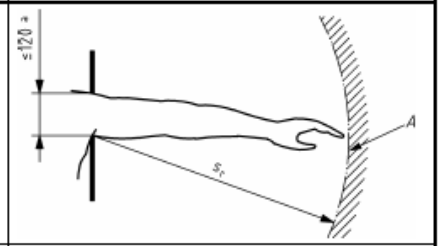
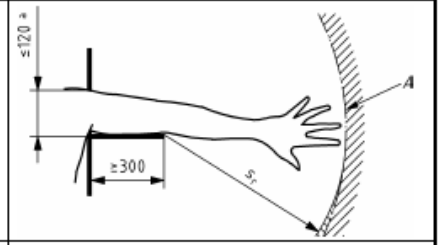
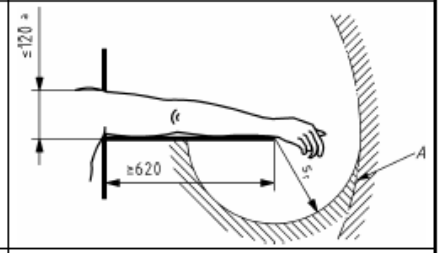
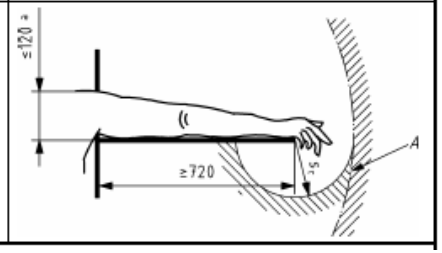
Maße in Millimeter

Höhe des Gefährdungsbereiches[c] *a*	Höhe der schützenden Konstruktion[a, b] *b*									
	1 000	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000	2 200	2 400	2 500	2 700
	Waagerechter Sicherheitsabstand zum Gefährdungsbereich *c*									
2 700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 600	900	800	700	600	600	500	400	300	100	0
2 400	1 100	1 000	900	800	700	600	400	300	100	0
2 200	1 300	1 200	1 000	900	800	600	400	300	0	0
2 000	1 400	1 300	1 100	900	800	600	400	0	0	0
1 800	1 500	1 400	1 100	900	800	600	0	0	0	0
1 600	1 500	1 400	1 100	900	800	500	0	0	0	0
1 400	1 500	1 400	1 100	900	800	0	0	0	0	0
1 200	1 500	1 400	1 100	900	700	0	0	0	0	0
1 000	1 500	1 400	1 000	800	0	0	0	0	0	0
800	1 500	1 300	900	600	0	0	0	0	0	0
600	1 400	1 300	800	0	0	0	0	0	0	0
400	1 400	1 200	400	0	0	0	0	0	0	0
200	1 200	900	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1 100	500	0	0	0	0	0	0	0	0

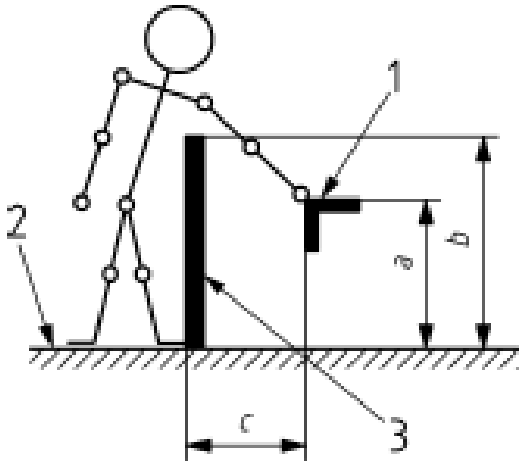
Trennende Schutzeinrichtungen – EN ISO 13857



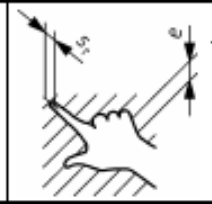
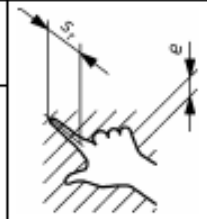
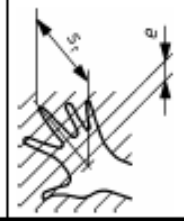
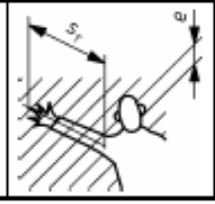
Bildquelle: EN ISO 13857

Begrenzung der Bewegung	Sicherheitsabstand s_r	Bild
Begrenzung der Bewegung nur an Schulter und Achselhöhle	≥ 850	
Arm bis zum Ellenbogen unterstützt	≥ 550	
Arm bis zum Handgelenk unterstützt	≥ 230	
Arm und Hand bis zur Fingerwurzel unterstützt	≥ 130	

Trennende Schutzeinrichtungen – EN ISO 13857



Bildquelle: EN ISO 13857

Körperteil	Bild	Öffnung	Sicherheitsabstand s_r		
			Schlitz	Quadrat	Kreis
Fingerspitze		$e \leq 4$	≥ 2	≥ 2	≥ 2
		$4 < e \leq 6$	≥ 10	≥ 5	≥ 5
Finger bis Fingerwurzel		$6 < e \leq 8$	≥ 20	≥ 15	≥ 5
		$8 < e \leq 10$	≥ 80	≥ 25	≥ 20
Hand		$10 < e \leq 12$	≥ 100	≥ 80	≥ 80
		$12 < e \leq 20$	≥ 120	≥ 120	≥ 120
		$20 < e \leq 30$	≥ 850[a]	≥ 120	≥ 120
Arm bis Schultergelenk		$30 < e \leq 40$	≥ 850	≥ 200	≥ 120
		$40 < e \leq 120$	≥ 850	≥ 850	≥ 850

Die fetten Linien in der Tabelle zeigen das Körperteil, das durch die Größe der Öffnung eingeschränkt wird.

[a] Ist die Länge einer schlitzförmigen Öffnung ≤ 65 mm, wirkt der Daumen als Begrenzung, und der Sicherheitsabstand kann auf 200 mm reduziert werden.

Beweglich Trennende Schutzeinrichtungen

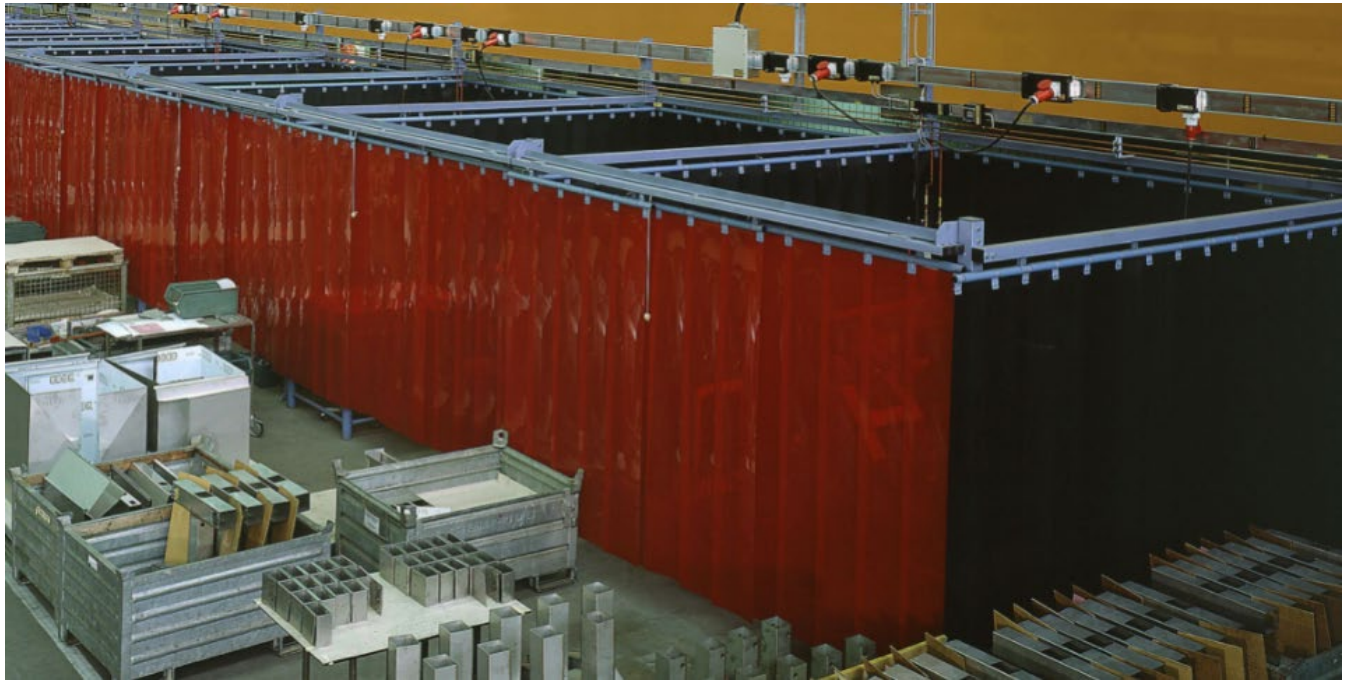
- Arten der beweglich trennenden Schutzeinrichtungen
  - Kraftbetriebene trennende Schutzeinrichtungen
  - Selbsttätig schließende trennende Schutzeinrichtungen
  - Steuernde trennende Schutzeinrichtungen
  - Verriegelte trennende Schutzeinrichtungen
  - Verriegelte trennende Schutzeinrichtungen mit Zuhaltung

- Überwacht nach EN ISO 13849-1 im Performance Level = D K3

Besondere trennende Schutzeinrichtungen

Schutz gegen Strahlung

- Blendschutz für direkten Schutz im Umfeld erforderlich
- Schutzscheiben nach EN ISO 25980



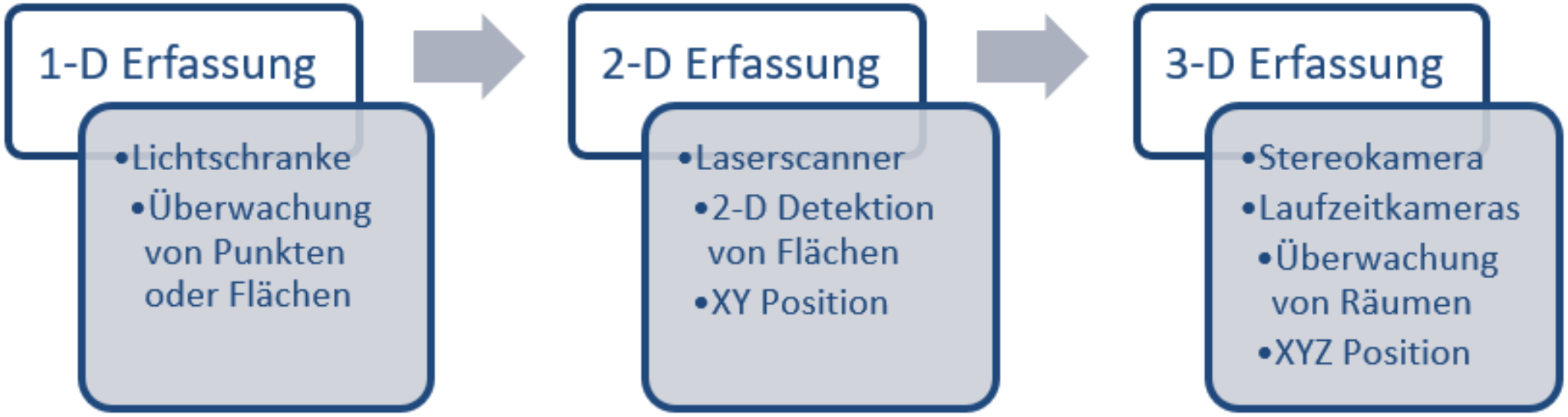
Bildquellen: Sinotec.de

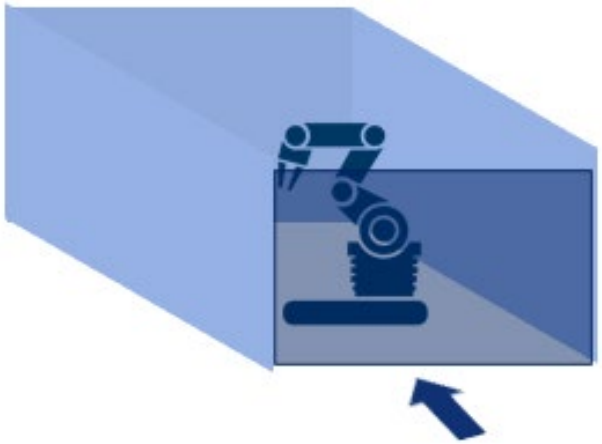
Nicht trennende Schutzeinrichtungen

- BWS … berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen
- Ortsbindende Maßnahmen
- Zustimmeinrichtungen
- Roboter Sicherheitsoptionen

Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen

- KEINE Barrieren!
- Somit kein Schutz gegen Produktauswurf!





Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen

Auslegung und Validierung nach EN ISO 13855

S = K x T + C

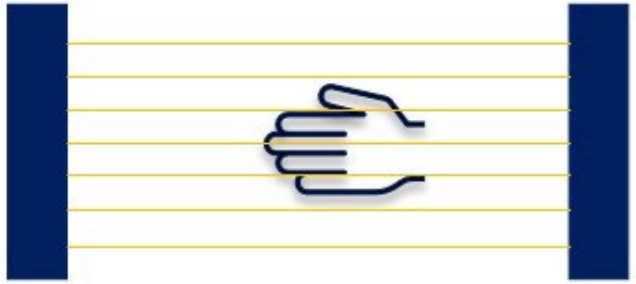
K = 1,6 m/s

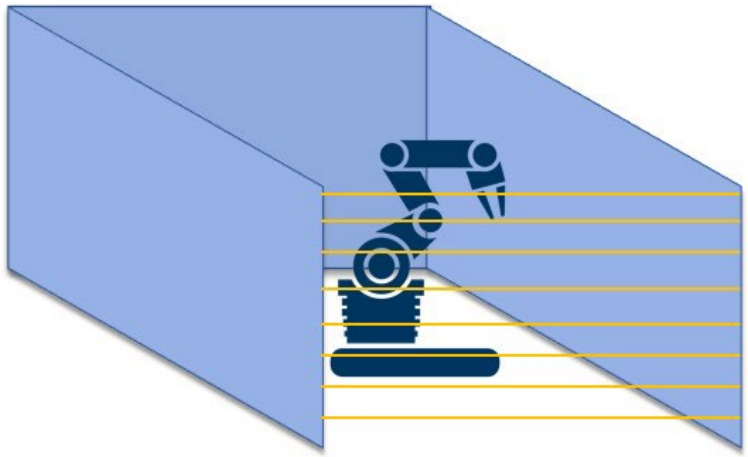
T = Zeit bis V = 0 mm/s

C = Zuschlag nach BWS Typ

Messen oder Berechnen für die Validierung

Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen





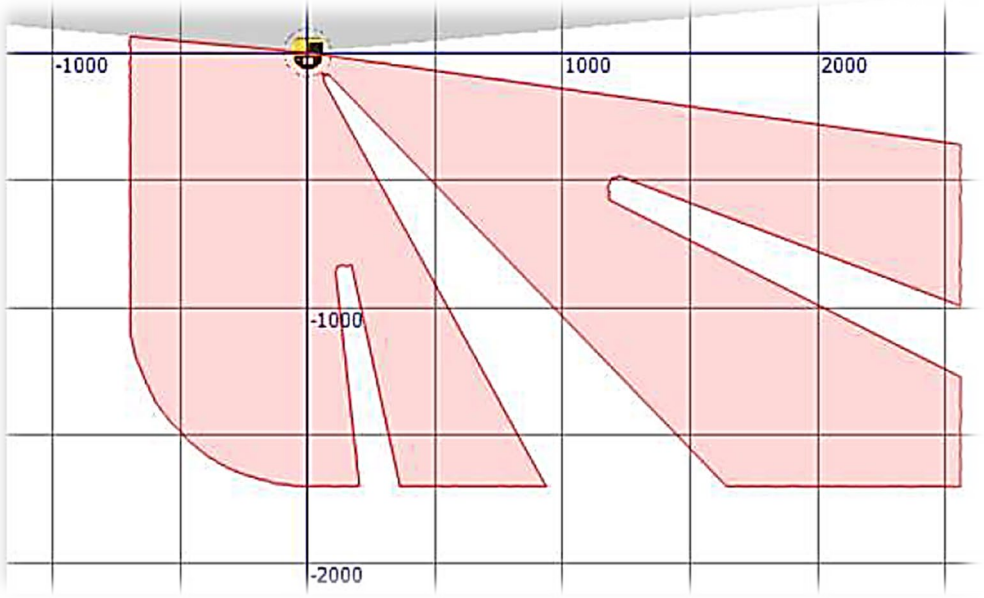
- 1 Dimensionale Systeme:

- Lichtschranken – 1 Strahl Personenschutz
- Lichtgitter – 2 bis 4 Strahlen Personenschutz
- Lichtvorhang – Hand oder Finger Schutz

- Je nach Ausführung muss ein Zuschlag an Sicherheit dazu.

- Wenn Hintertretbar, dann immer zu Quittieren

Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen



2 Dimensionale Systeme - Scanner

- Erkennen Objekt im Polarraum
- Auflösungen 30 bis 70 mm
- Definierte Höhe nach Norm = 300 mm
- Zuschlag von C = 1200 mm – 0,4 H
- Problem von Schatten
- Besser 2 Scanner für flächendeckend

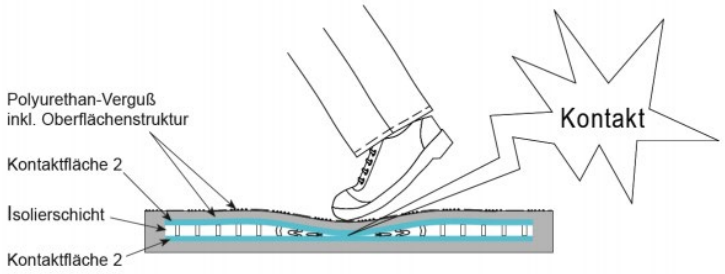
Trittmatten

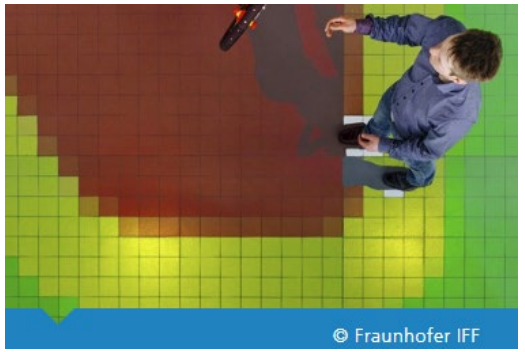
2 dimensionale Einrichtungen

- Matten haben als Basis keine Ortsauflösung
- Mindestgröße = 1200 mm (Schritt)
- Zuschlag C = 1200 mm
- Trittmatten ortsauflösend (IFF SAPARO)
- Alternative zu Scanner
- Problem Mechanische Alterung

IFF

© Fraunhofer IFF

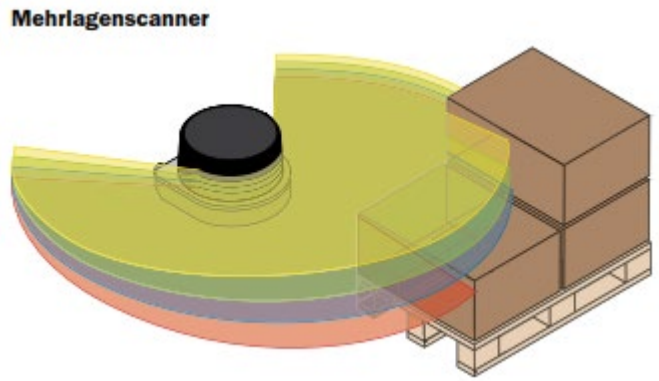


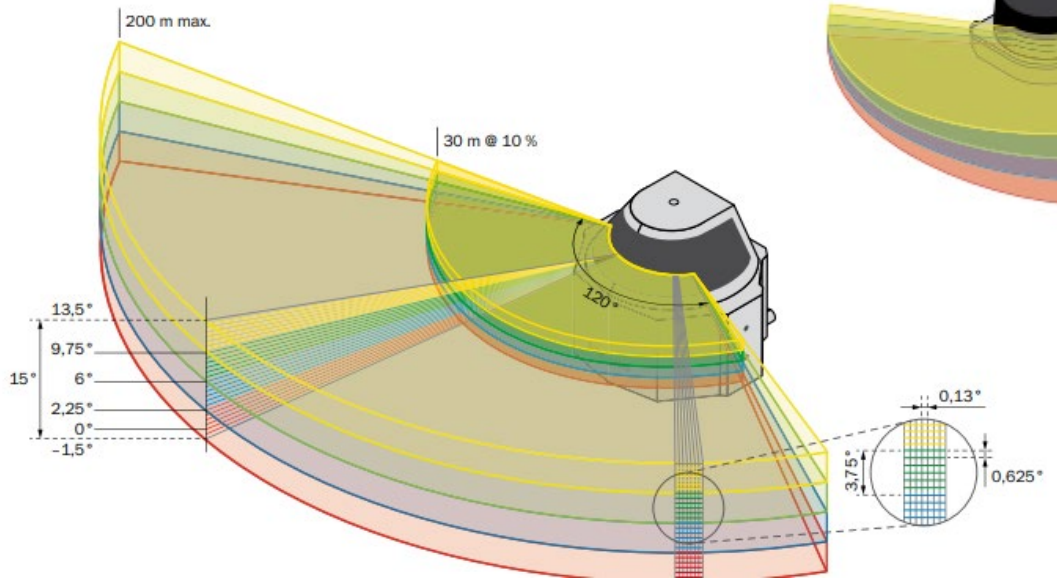


© Fraunhofer IFF

LiDAR –Light Detection and Ranging

- Abstände durch Lichtimpulsmessung
- Zwei Arten
  - Mechanische 360° LiDAR
  - Festkörper 120° LiDAF
- 2D und 3D Systeme



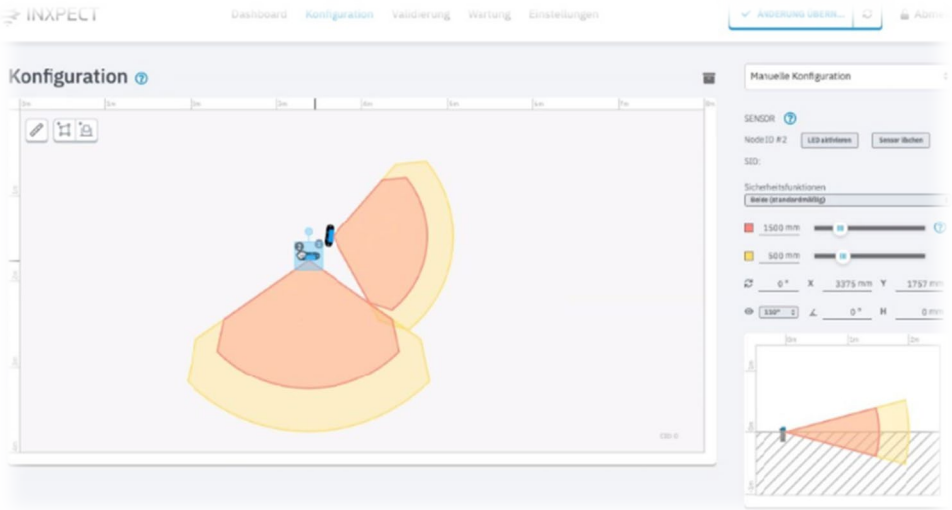


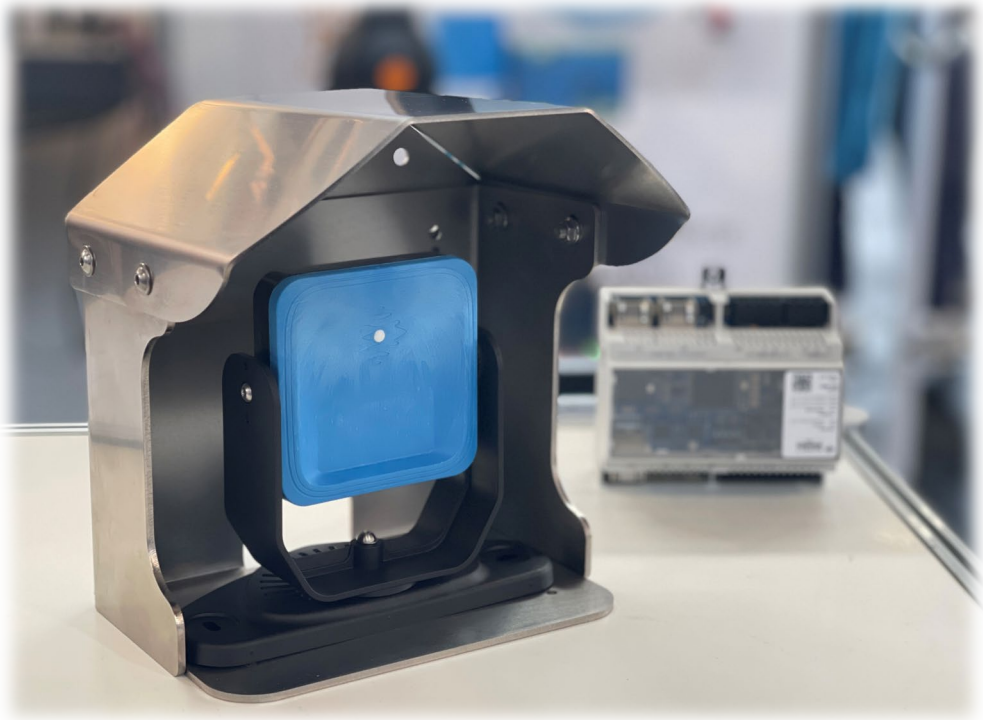
Abbildungen:
SICK 2021

Radarsysteme

- Radar (FMCW)
- Volumenüberwachung
- PL D Kat 2 bis 3
- Wiederanlaufsperre

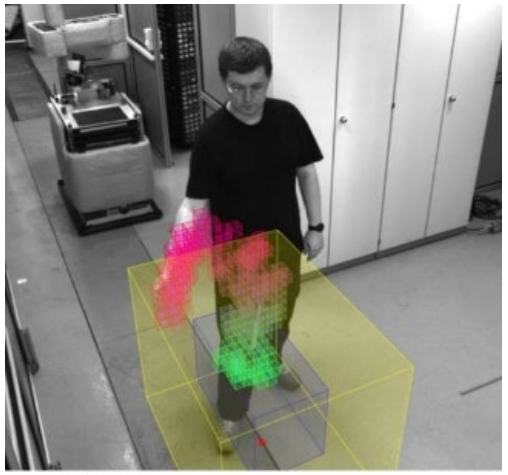
Quelle: INXPECT 2021



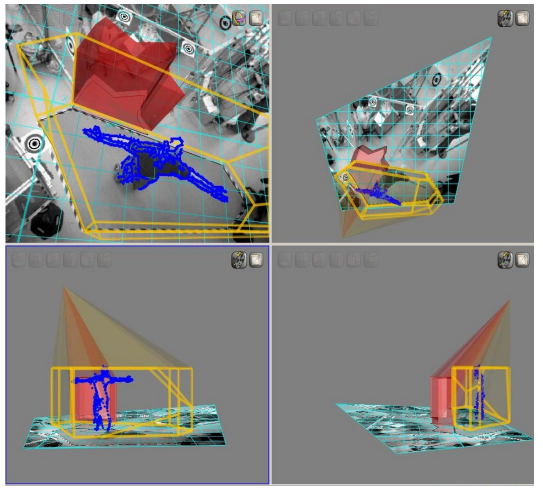


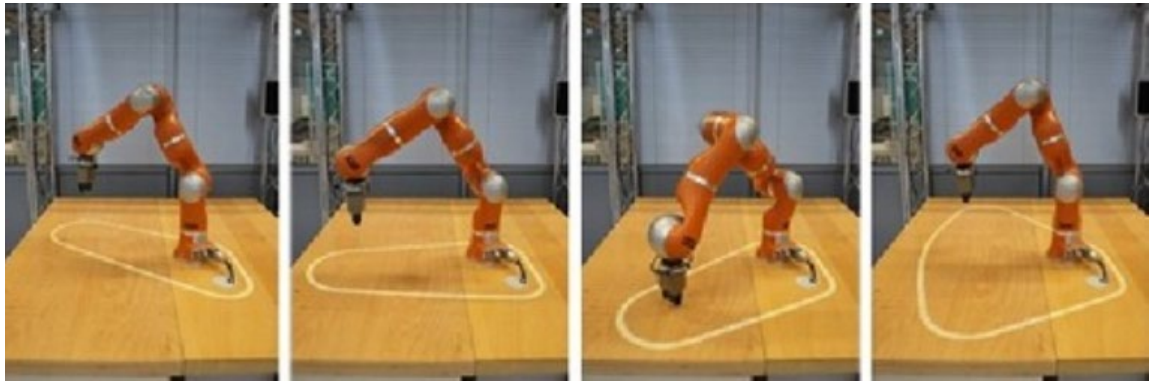
Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen

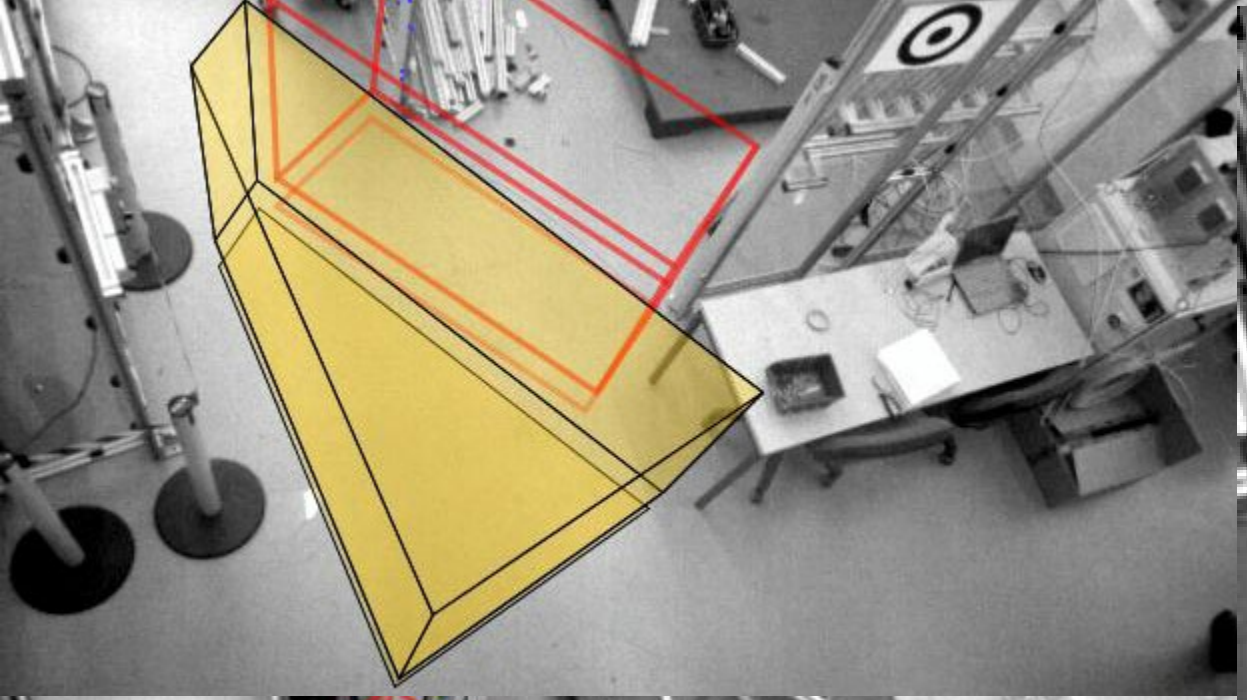
- 3-dimensionale Einrichtungen
  - Laufzeitkameras für 2.5D Raumwahrnehmung
  - Stereokameras oder Tripodkameras
  - Fraunhofer MRK EXECELL
- Oft nur in Kombination effizient
- Wenige am Markt

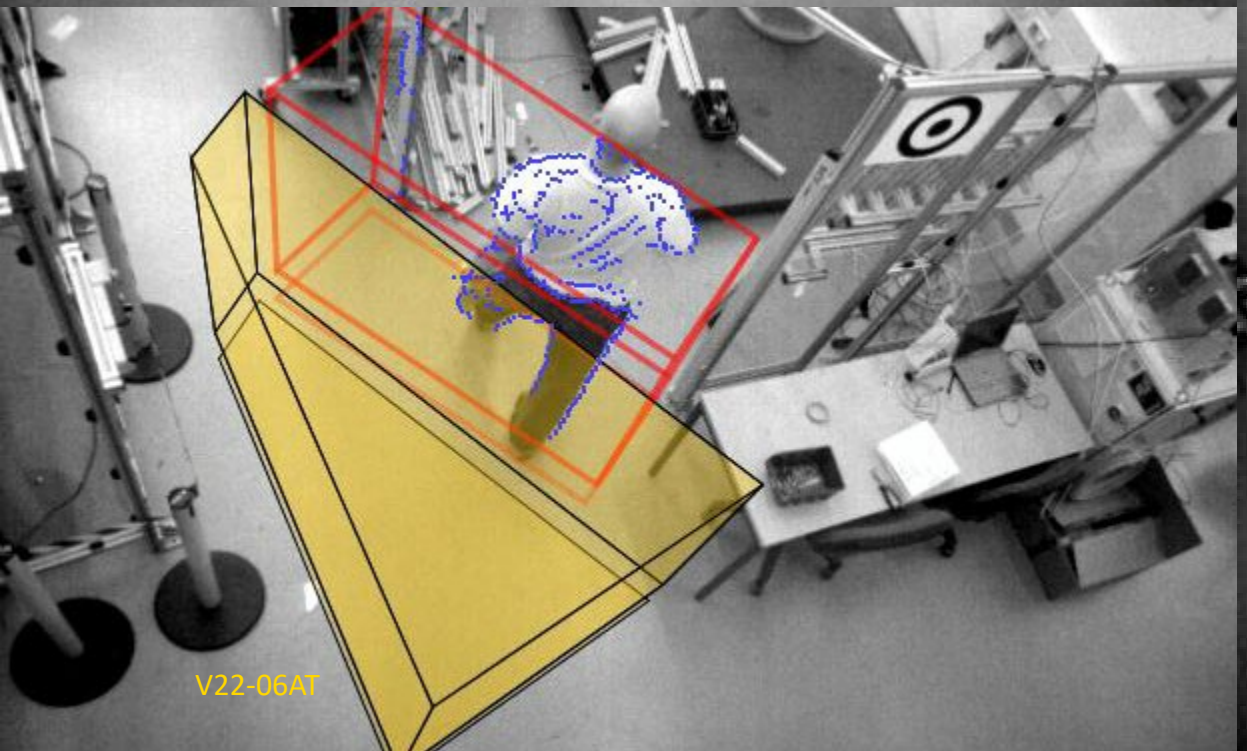


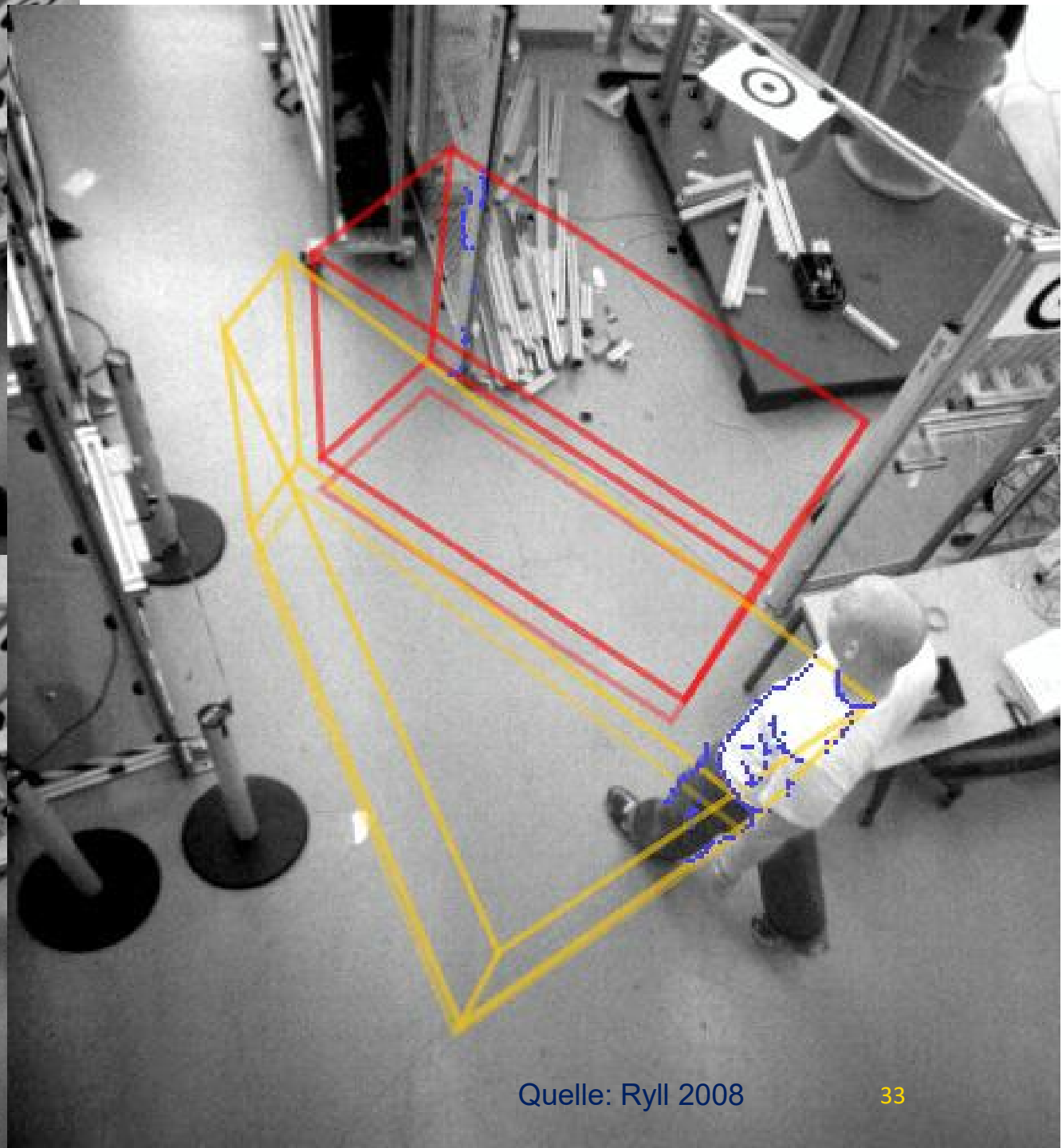
© Fraunhofer IFF











Quelle: Ryll 2008

Ortsbindende Maßnahmen

- Person kann im Gefahrenbereich sein
- Ist aber am Ort „gebunden“
- Abstand zur Gefahr muss ermittelt werden

- Ideal für Prozessbeobachtungen

Zustimmeinrichtung

Der „Ich bin selber Schuld Knopf!“

- Zum Auslösen von Gefahrbringenden Bewegungen neben dem Roboter
- Im Bedienteil des Roboters oder Zusätzlich
- Je Person im geschützten Bereich ein Taster!
- Nur durch aktives Betätigen kann die Gefahr aktiviert werden.
- Anforderung = 3 Stufen Taster für Roboter
- NEU für Roboter der Klasse I nur Optional

Bildquelle: EUCHNER

Bildquelle: Siemens AG

Ergänzende Schutzeinrichtungen

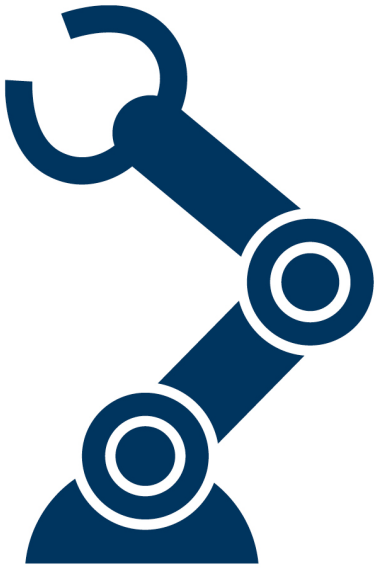
- Kein Ersatz
- Nur als Ergänzung

- Not Halt
- Not Aus

- Auslegung nach EN ISO 13850
- Wirkbereiche definieren

Der sichere Roboter

Robotersicherheit



Passive Sicherheit

Als passive Sicherheit kann man alle Maßnahmen, die zur Minimierung eines zu erwartenden Schadens im Falle einer Kollision beitragen, zählen.

So wurde es **in den 70er Jahren** von der Automobilindustrie **definiert** und soll die **erste Stufe** an **Sicherheitssystemen von Industrierobotern** darstellen.

Diese passiven Schutzeinrichtungen wirken unabhängig von der aktuellen Umgebung des Roboters und stellen eher die Grundstufe des Sicherheitssystems dar. Sie sind vorhanden, bevor der Roboter die ersten Bewegungen machen kann und beinhalten nachfolgende Einrichtungen:

- Physische Absperrungen zum Roboter
- **Kollisionsfreundliches Material des Roboters (Knautschzonen, Schaumstoff, usw.)**
- Studien zum Thema Sicherheit bei Mensch Roboter Interaktionen
- Auswertungen von Unfallstatistiken

Aktive Sicherheit

Maßnahmen, die auf Grundlage der aktuellen Situation in der Umgebung des Roboters zur **Kollisionsvermeidung** beitragen, werden als aktive Sicherheitsmaßnahmen klassifiziert.

Um die aktuelle Situation des Systems zu ermitteln, benötigt das Robotersystem Sensoren, welche den aktuellen Stand des Roboters und der Hindernisse erkennen.

Aktive Sicherheit zu Leistungslimits

Proaktiv

- Anwendung bei Robotern mit
  - hoher Leistung
  - hoher Geschwindigkeit
  - hoher Massenträgheit
- Sensorik
  - optische Sensoren
  - kapazitive Sensoren
  - Ultraschallsensoren

Reaktiv

- Anwendung bei Robotern mit
  - geringer Leistung
  - geringer Geschwindigkeit
  - geringer Massenträgheit
- Sensorik
  - Kraft- und Momentensensorik
  - Leistungsaufnahme

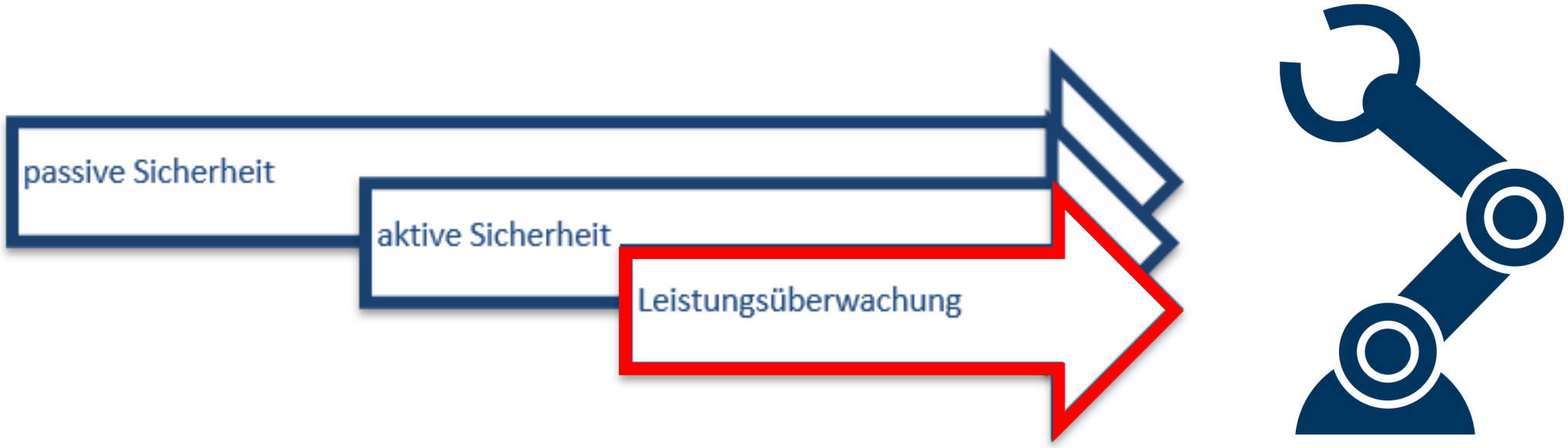
Leistungsüberwachung

Zählt zur direkten und unmittelbaren Maßnahme, da sie von der Robotersteuerung beeinflusst wird. Die **Leistungsüberwachung** des Roboters ermöglicht eine Begrenzung der Roboterleistung **um Schäden an Hindernissen sowie Personen zu verhindern bzw. zu minimieren**.

Dies kann vorab passieren und der Roboter arbeitet mit dieser Leistungsbegrenzung schon bevor ein Mensch dem Roboter zu nahe kommt. Größere Industrieroboter hingegen werden bei einem erhöhten Sicherheitsrisiko für Menschen gedrosselt, bis die Gefahr gebannt ist. Sie arbeiten danach mit voller Kraft weiter.

In Notsituationen oder unbeabsichtigtem Kontakt zwischen Mensch und Roboter schalten leistungsüberwachte Roboter sofort die Leistung ab oder begrenzen sie auf einen vorher definierten Höchstwert.

Robotersicherheit



Effiziente Robotik hat alle drei Maßnahmen umgesetzt!

Der sichere Roboter Heute

- Gelbe Technik (Sicher)
  - PL=D K3
  - Not Halt als Stopp 0, 1
- Optional
  - SS2, SOS
  - SLS – Safe Limit Speed
  - SBT – Safe Brake Test
  - Einschließende Räume
  - Ausschließende Räume
  - Kraft & Leistungs-Limits

- Graue Technik (Komfort)
  - PL<D K3
  - Prozesssicherheit
  - Kein Not Halt erforderlich
  - Arbeitet zu 99%

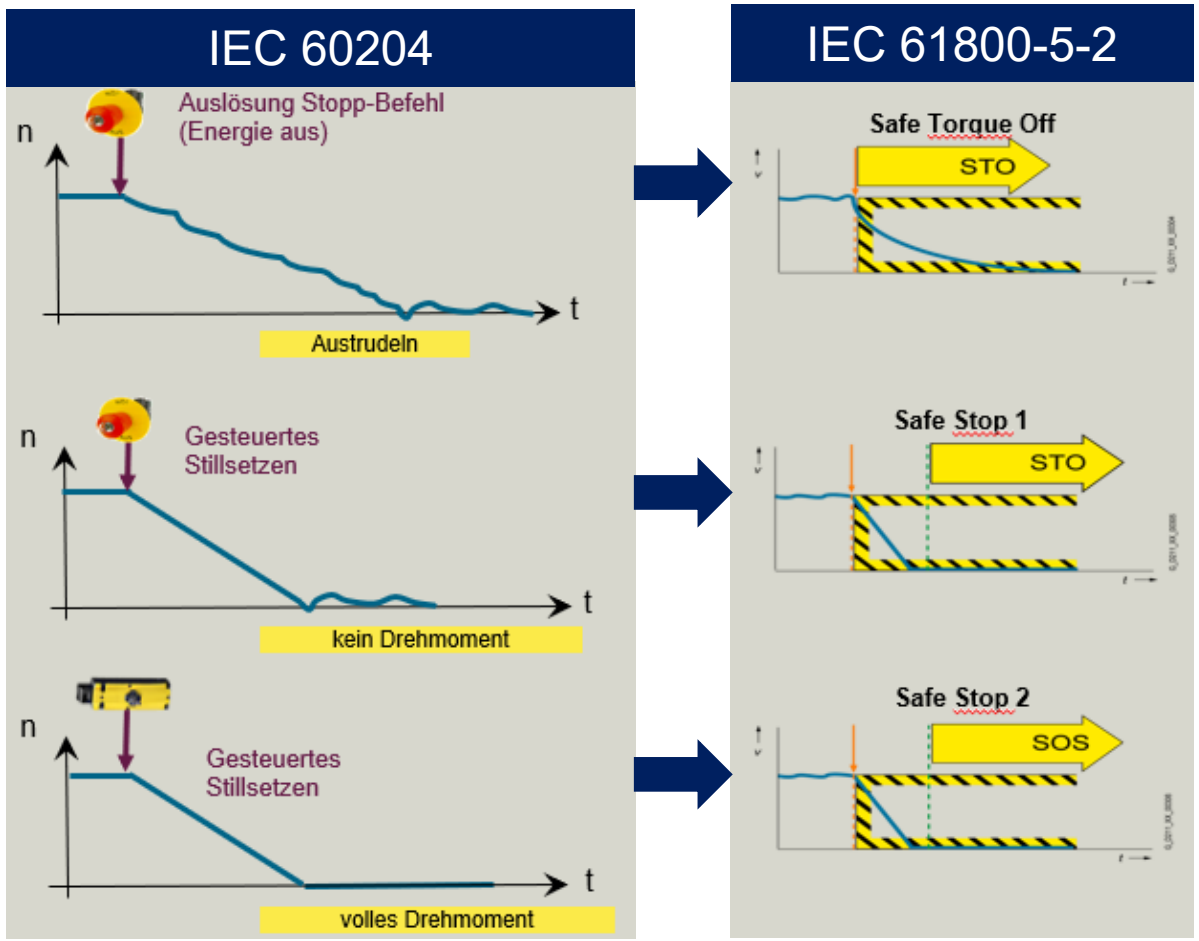
Der sichere Roboter Morgen

- Gelbe Technik (Sicher)
- PLb bis PLd
- 8 Seiten Sicherheitsfunktionen
  - Positionshaltung
  - SLS
  - Not-Halt
  - Sicherheitshalt
  - Überwachter Halt
  - Normaler Halt
  - Arbeitsräume

- Bewegungseinschränkung
- Endeffektoren
- Kraft und Leistung
- Parkposition
- Begrenzung der Anhaltezeit
- Begrenzung von Anhalteweg

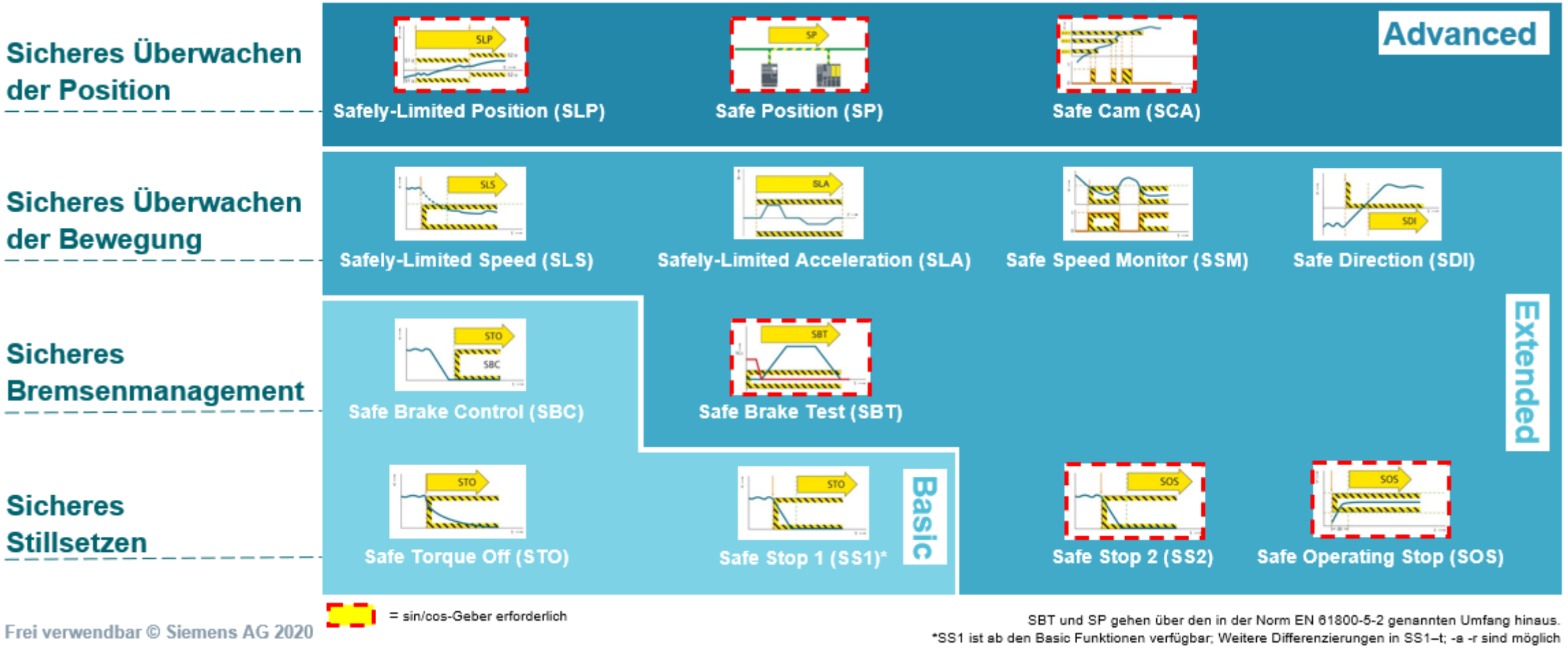
Sichere Antriebe nach IEC 61800-5-2

- Stopp-Kategorie 0 ➔ STO
- Stopp-Kategorie 1 ➔ SS1
- Stopp-Kategorie 2 ➔ SS2



Funktionale Sicherheit

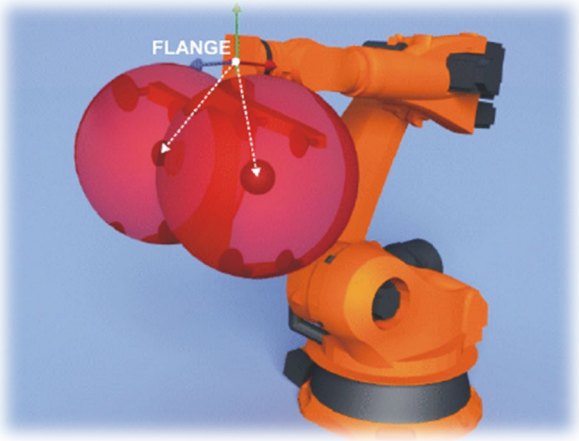
Sichere Antriebe nach DIN EN IEC 61800-5-2

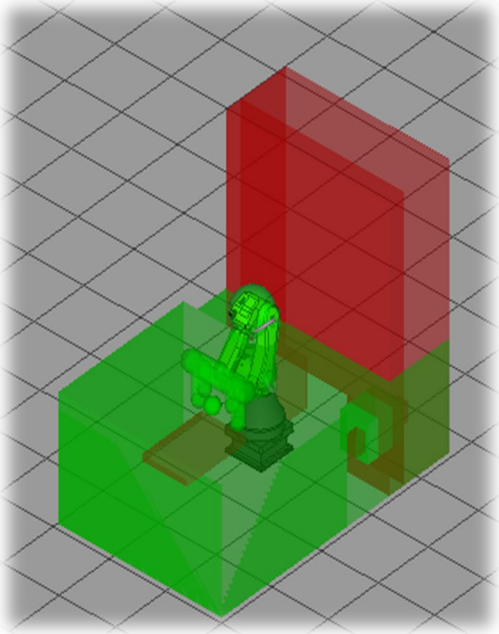


SBT und SP gehen über den in der Norm EN 61800-5-2 genannten Umfang hinaus.
*SS1 ist ab den Basic Funktionen verfügbar; Weitere Differenzierungen in SS1–t; -a -r sind möglich

Frei verwendbar © Siemens AG 2020

Der sichere Roboter





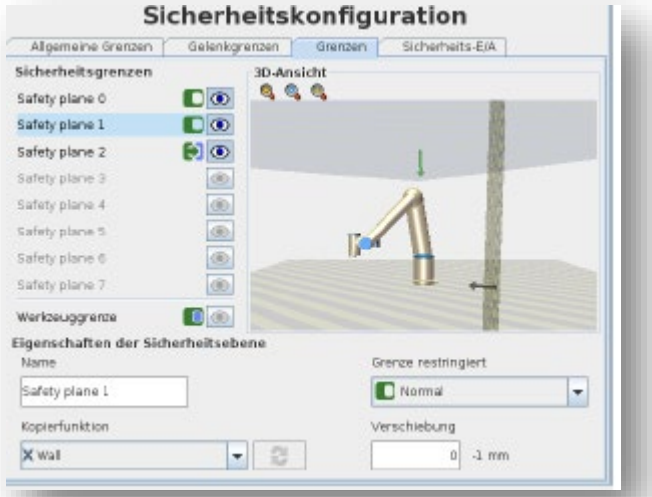
Einschließende Räume / Arbeitsraum

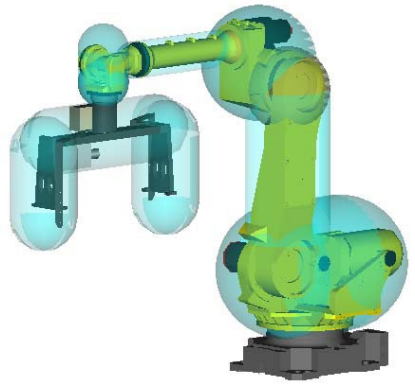
- nur im Raum darf der Roboter / Tool sein
- Eigenschaften im Raum

Ausschließende Räume / Schutzraum

- Roboter Stoppt wenn der Raum berührt wird

Auch Ebenen schalten Eigenschaften (UR)

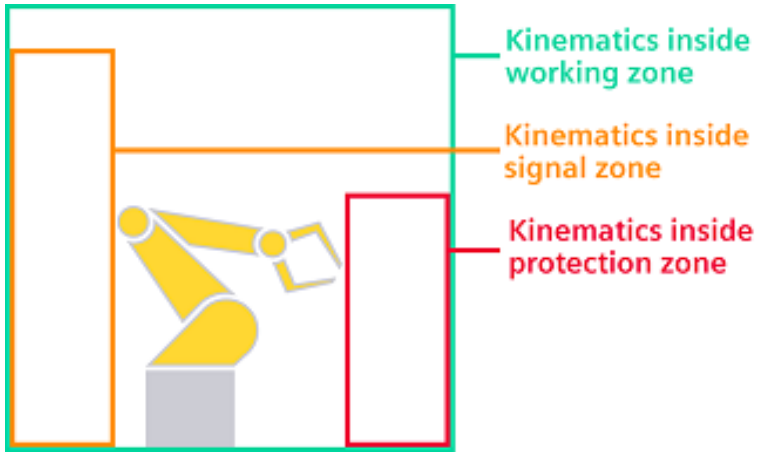


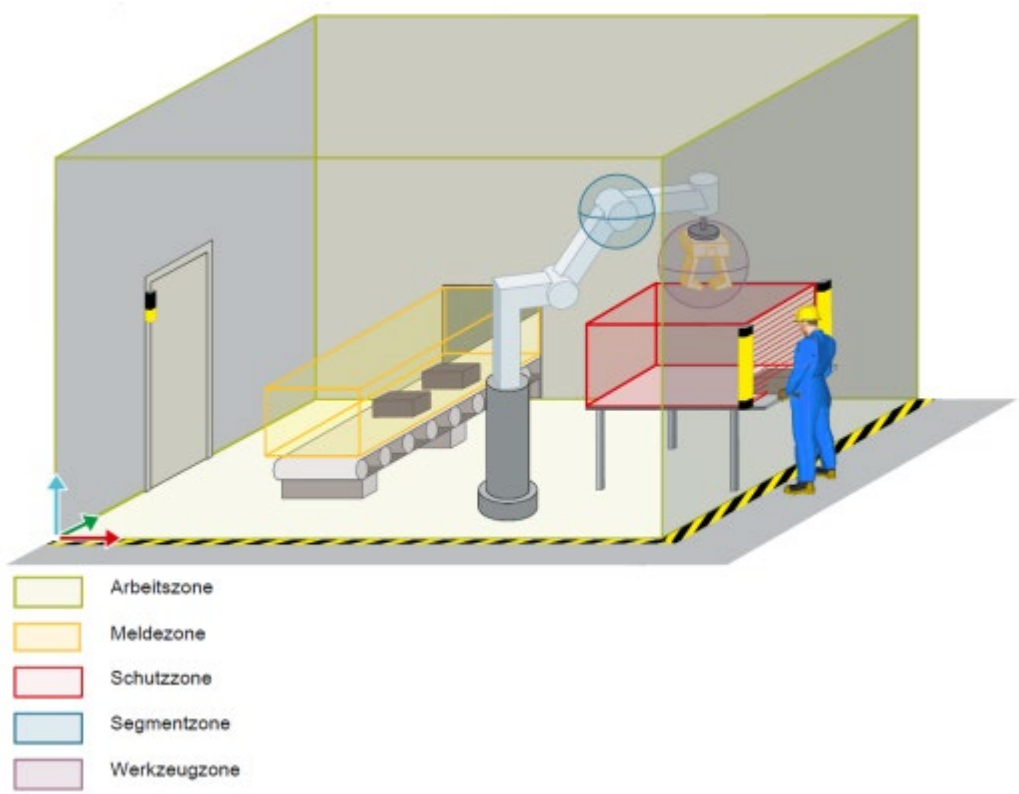


Der sichere Roboter

Einschließende Räume
- nur im Raum darf der Roboter / Tool sein
- Eigenschaften im Raum

Ausschließende Räume
- Schutzraum
- Roboter Stoppt wenn der Raumberührt wird



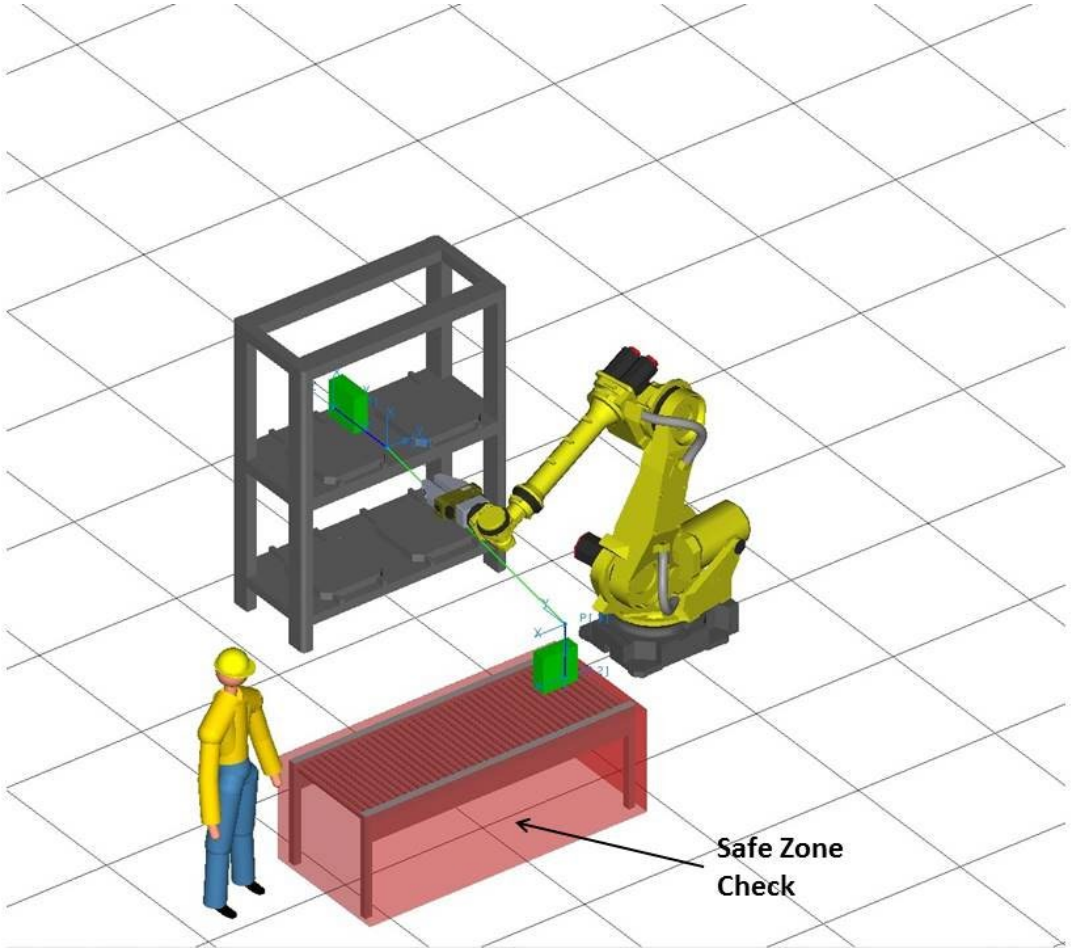


Aktuelle Techniken in den Steuerungen

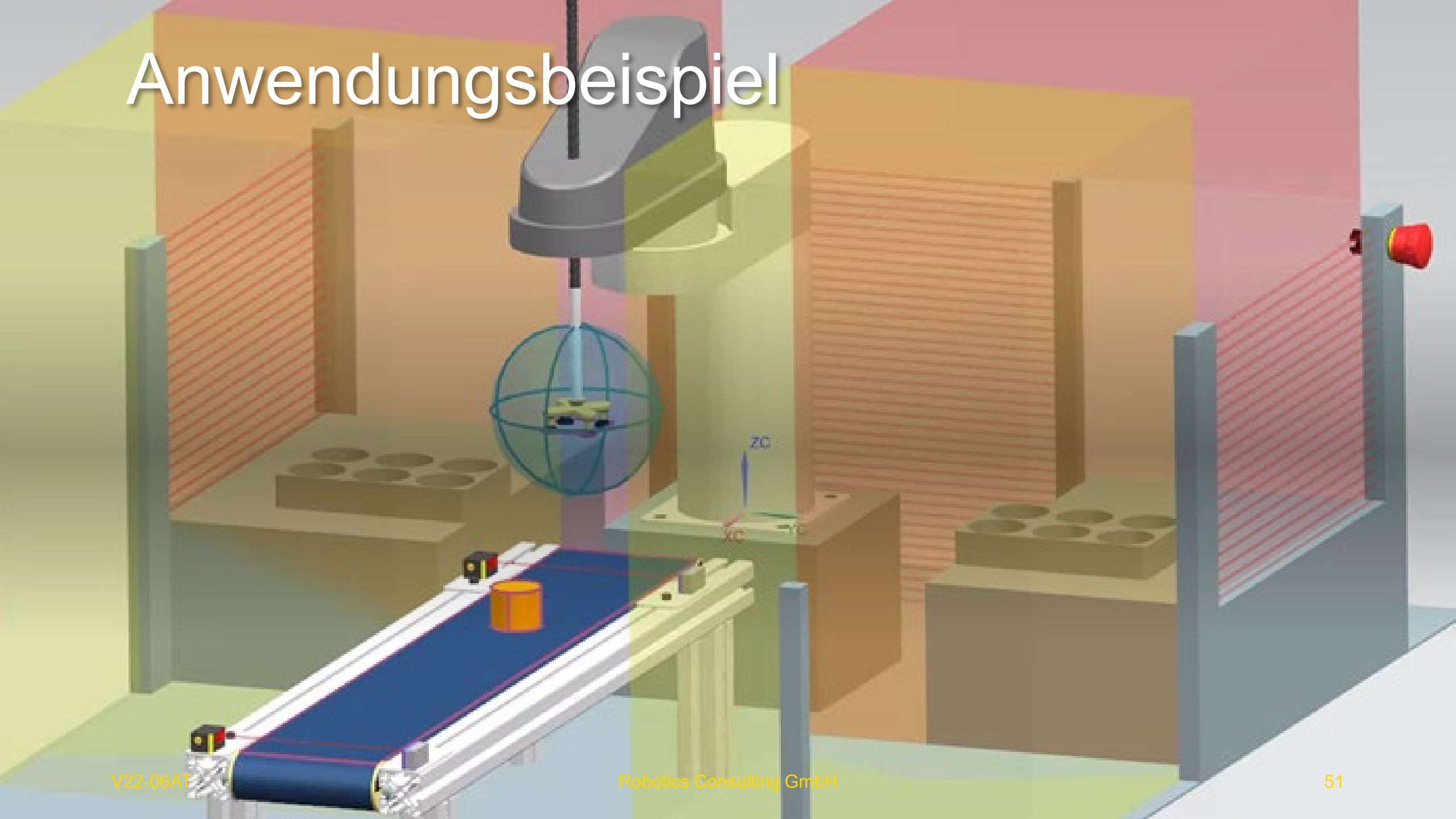
Gemäß EN ISO 10218-1 K5.12.3 SI Software zur Achs- Raumbegrenzung

- ✓ Einschließende oder Ausschließende Bereiche zum Arbeiten
- ✓ Muss Leistung gemäß 5.4. erfüllen ➔ PL=D Kat3 oder Risikobeurteilung ergibt etwas Alternatives
- ✓ IOs müssen 5.4. erfüllen

- ✓ Sicherheitscontroller arbeitet übergeordnet über dem Standard Controller
- ✓ Als Option für (fast) jeden Roboter erhältlich



Anwendungsbeispiel



Der sichere Roboter

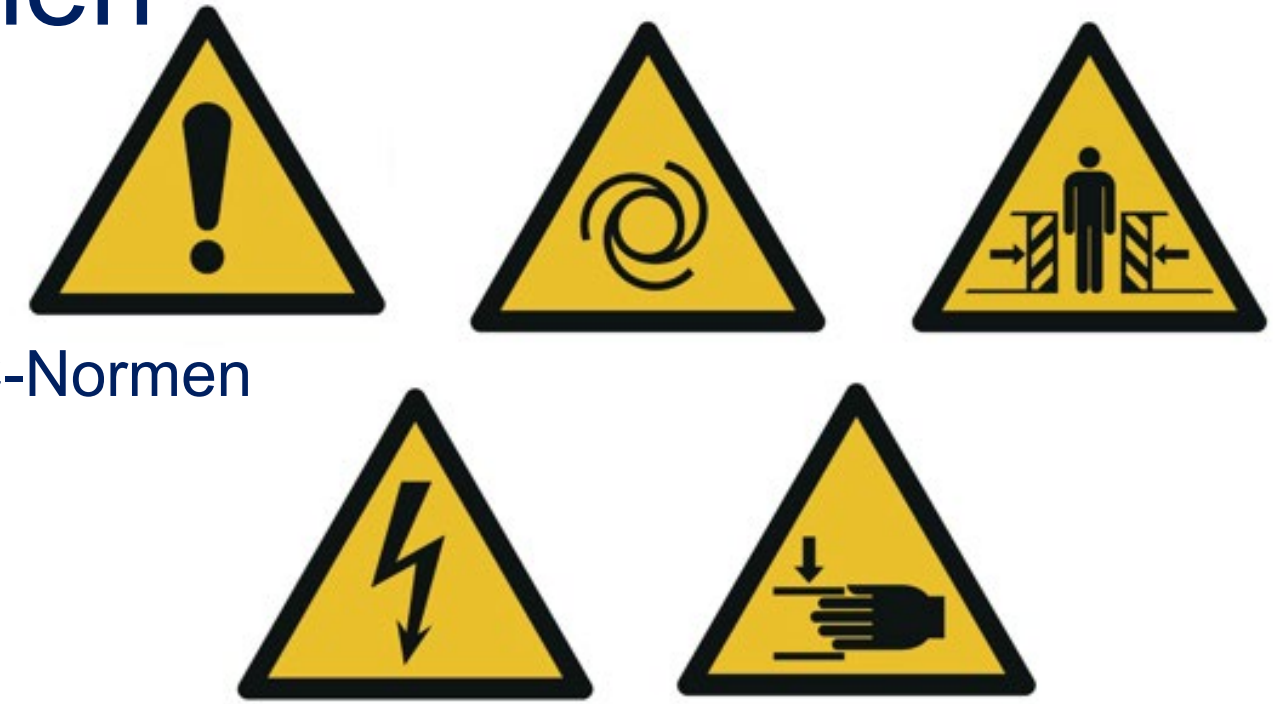
- In der aktuell gültigen Norm EN ISO 10218-1:2011 ist nur der Not Halt und der Sicherheitshalt in PL=D K3 gefordert

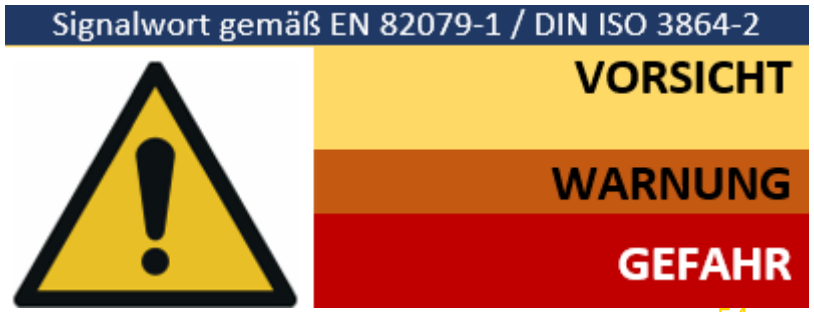
- Alle anderen Sicherheitsfunktionen sind nicht für Roboter normiert

Benutzerinformationen

Benutzerinformationen

- Betriebsanleitung nach MRL
  - Kapitel 1.7.4.2
  - Benutzer Informationen nach C-Normen K7
  - MSDS der Betriebsmittel
- Signale
- Warnschilder nach EN ISO 7010
- Farben nach EN ISO 3864-2
- Hupen



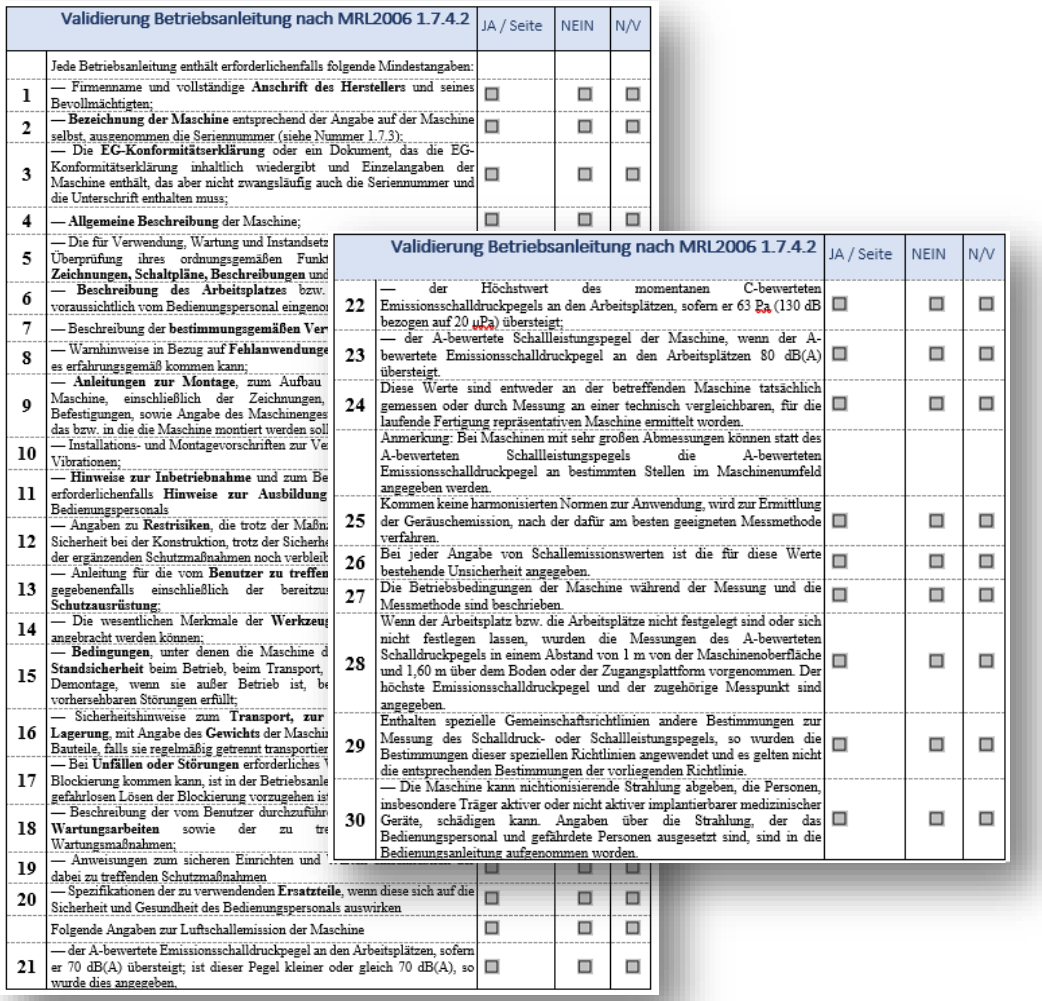


Betriebsanleitung

- Jeder Maschine muss eine Betriebsanleitung in der oder den Amtssprachen der Gemeinschaft des Mitgliedstaats beiliegen, in dem die Maschine in Verkehr gebracht und/oder in Betrieb genommen wird.
- Bei der Abfassung und Gestaltung der Betriebsanleitung für Maschinen, die zur Verwendung durch Verbraucher bestimmt sind, muss dem allgemeinen Wissensstand und der Verständnisfähigkeit Rechnung getragen werden, die vernünftigerweise von solchen Benutzern erwartet werden können.
- Mindestinhalte definiert in ➔ MRL - Anhang: 1 K1.7.4.2

Betriebsanleitung

- Firmenname und vollständige Anschrift des Herstellers und seines Bevollmächtigten
- Bezeichnung der Maschine entsprechend der Angabe auf der Maschine selbst,
- Transport
- Lärmangaben
- Spezifikationen der Sicherheit
- Unfälle und Störungen
- Restgefahren



Validierung Betriebsanleitung nach MRL2006 1.7.4.2		JA / Seite	NEIN	N/V
	Jede Betriebsanleitung enthält erforderlichenfalls folgende Mindestangaben:			
1	— Firmenname und vollständige **Anschrift des Herstellers** und seines Bevollmächtigten;	☐	☐	☐
2	— **Bezeichnung der Maschine** entsprechend der Angabe auf der Maschine selbst, ausgenommen die Seriennummer (siehe Nummer 1.7.3);	☐	☐	☐
3	— Die **EG-Konformitätserklärung** oder ein Dokument, das die EG-Konformitätserklärung inhaltlich wiedergibt und Einzelangaben der Maschine enthält, das aber nicht zwangsläufig auch die Seriennummer und die Unterschrift enthalten muss;	☐	☐	☐
4	— **Allgemeine Beschreibung** der Maschine;	☐	☐	☐
5	— Die für Verwendung, Wartung und Instandsetz Überprüfung ihres ordnungsgemäßen Funkt **Zeichnungen, Schaltpläne, Beschreibungen** und			
6	— **Beschreibung des Arbeitsplatzes** bzw. voraussichtlich vom Bedienungspersonal eingenor			
7	— Beschreibung der **bestimmungsgemäßen Ver**			
8	— Warnhinweise in Bezug auf **Fehlanwendunge** es erfahrungsgemäß kommen kann;			
9	— **Anleitungen zur Montage**, zum Aufbau Maschine, einschließlich der Zeichnungen, Befestigungen, sowie Angabe des Maschinenges das bzw. in die die Maschine montiert werden soll			
10	— Installations- und Montagevorschriften zur Ve Vibrationen;			
11	— **Hinweise zur Inbetriebnahme** und zum Be erforderlichenfalls **Hinweise zur Ausbildung** Bedienungspersonals			
12	— Angaben zu **Restrisiken**, die trotz der Maßn Sicherheit bei der Konstruktion, trotz der Sicherhe der ergänzenden Schutzmaßnahmen noch verbleib			
13	— Anleitung für die vom **Benutzer zu treffen** gegebenenfalls einschließlich der bereitzu **Schutzausrüstung**;			
14	— Die wesentlichen Merkmale der **Werkzeug** angebracht werden können;			
15	— **Bedingungen**, unter denen die Maschine d **Standsicherheit** beim Betrieb, beim Transport, Demontage, wenn sie außer Betrieb ist, be vorhersehbaren Störungen erfüllt;			
16	— Sicherheitshinweise zum **Transport, zur Lagerung**, mit Angabe des **Gewichts** der Maschi Bauteile, falls sie regelmäßig getrennt transportier			
17	— Bei **Unfällen oder Störungen** erforderliches Blockierung kommen kann, ist in der Betriebsanle gefahrlosen Lösen der Blockierung vorzugehen ist			
18	— Beschreibung der vom Benutzer durchzuführ **Wartungsarbeiten** sowie der zu tr Wartungsmaßnahmen;			
19	— Anweisungen zum sicheren Einrichten und dabei zu treffenden Schutzmaßnahmen			
20	— Spezifikationen der zu verwendenden **Ersatzteile**, wenn diese sich auf die Sicherheit und Gesundheit des Bedienungspersonals auswirken	☐	☐	☐
	Folgende Angaben zur Luftschallemission der Maschine	☐	☐	☐
21	— der A-bewertete Emissionsschalldruckpegel an den Arbeitsplätzen, sofern er 70 dB(A) übersteigt; ist dieser Pegel kleiner oder gleich 70 dB(A), so wurde dies angegeben.	☐	☐	☐

Validierung Betriebsanleitung nach MRL2006 1.7.4.2		JA / Seite	NEIN	N/V
22	— der Höchstwert des momentanen C-bewerteten Emissionsschalldruckpegels an den Arbeitsplätzen, sofern er 63 Pa (130 dB bezogen auf 20 µPa) übersteigt;	☐	☐	☐
23	— der A-bewertete Schallleistungspegel der Maschine, wenn der A-bewertete Emissionsschalldruckpegel an den Arbeitsplätzen 80 dB(A) übersteigt.	☐	☐	☐
24	Diese Werte sind entweder an der betreffenden Maschine tatsächlich gemessen oder durch Messung an einer technisch vergleichbaren, für die laufende Fertigung repräsentativen Maschine ermittelt worden.	☐	☐	☐
	Anmerkung: Bei Maschinen mit sehr großen Abmessungen können statt des A-bewerteten Schallleistungspegels die A-bewerteten Emissionsschalldruckpegel an bestimmten Stellen im Maschinenumfeld angegeben werden.			
25	Kommen keine harmonisierten Normen zur Anwendung, wird zur Ermittlung der Geräuschemission, nach der dafür am besten geeigneten Messmethode verfahren.	☐	☐	☐
26	Bei jeder Angabe von Schallemissionswerten ist die für diese Werte bestehende Unsicherheit angegeben.	☐	☐	☐
27	Die Betriebsbedingungen der Maschine während der Messung und die Messmethode sind beschrieben.	☐	☐	☐
28	Wenn der Arbeitsplatz bzw. die Arbeitsplätze nicht festgelegt sind oder sich nicht festlegen lassen, wurden die Messungen des A-bewerteten Schalldruckpegels in einem Abstand von 1 m von der Maschinenoberfläche und 1,60 m über dem Boden oder der Zugangsplattform vorgenommen. Der höchste Emissionsschalldruckpegel und der zugehörige Messpunkt sind angegeben.	☐	☐	☐
29	Enthalten spezielle Gemeinschaftsrichtlinien andere Bestimmungen zur Messung des Schalldruck- oder Schallleistungspegels, so wurden die Bestimmungen dieser speziellen Richtlinien angewendet und es gelten nicht die entsprechenden Bestimmungen der vorliegenden Richtlinie.	☐	☐	☐
30	— Die Maschine kann nichtionisierende Strahlung abgeben, die Personen, insbesondere Träger aktiver oder nicht aktiver implantierbarer medizinischer Geräte, schädigen kann. Angaben über die Strahlung, der das Bedienungspersonal und gefährdete Personen ausgesetzt sind, sind in die Bedienungsanleitung aufzunehmen worden.	☐	☐	☐

Die Betriebsanleitung nach C-Norm

- Nach EN ISO 10218-2 K7
  - Handhabung
  - Einbau und Betrieb nehmen
  - Test
  - Systeminformationen
  - Systemanwendung
  - Instandhaltung
  - Außer Betrieb nehmen
  - Notfälle

➔ Zusätzliche Informationen zur MRL

- Nach ISO/TS 15066 K7
  - Spezifische MRK Informationen
  - Beschreibung des MRK Systems
  - Arbeitsplatzanwendung
  - Angaben zur Kraft- & Leistung Limits
    - Nutzlast
    - Effektive Masse
    - Erwartete Kollisionen
    - Maßnahmen zur Risikominderung

➔ Ein guter Messbericht enthält all diese Benutzerinformationen

Persönliche Schutzausrüstung

M001_Allgemeines Gebotszeichen.JPG

M002_Anleitung beachten.JPG

M003_Gehörschutz benutzen.JPG

M004_Augenschutz benutzen.JPG

M005_Vor Benutzung erden.JPG

M006_Netzstecker ziehen.JPG

M007_Weitgehend lichtundurchlässigen Augenschutz benutzen.JPG

M008_Fußschutz benutzen.JPG

M009_Handschutz benutzen.JPG

M010_Schutzkleidung benutzen.JPG

M011_Hände waschen.JPG

M012_Handlauf benutzen.JPG

M013_Gesichtsschutz benutzen.JPG

M014_Kopfschutz benutzen.JPG

M015_Warnweste benutzen.JPG

M016_Maske benutzen.JPG

M017_Atemschutz benutzen.JPG

M018_Auffanggurt benutzen.JPG

M019_Schweißmaske benutzen.JPG

M020_Rückhaltesystem benutzen.JPG

M021_Vor Wartung oder Reparatur freischalten.JPG

M022_Hautschutzmittel benutzen.JPG

M023_Übergang benutzen.JPG

M024_Fußgängerweg benutzen.JPG

M025_Kleinkinder durch weitgehend lichtundurchlässige Augenabschirmung sc...

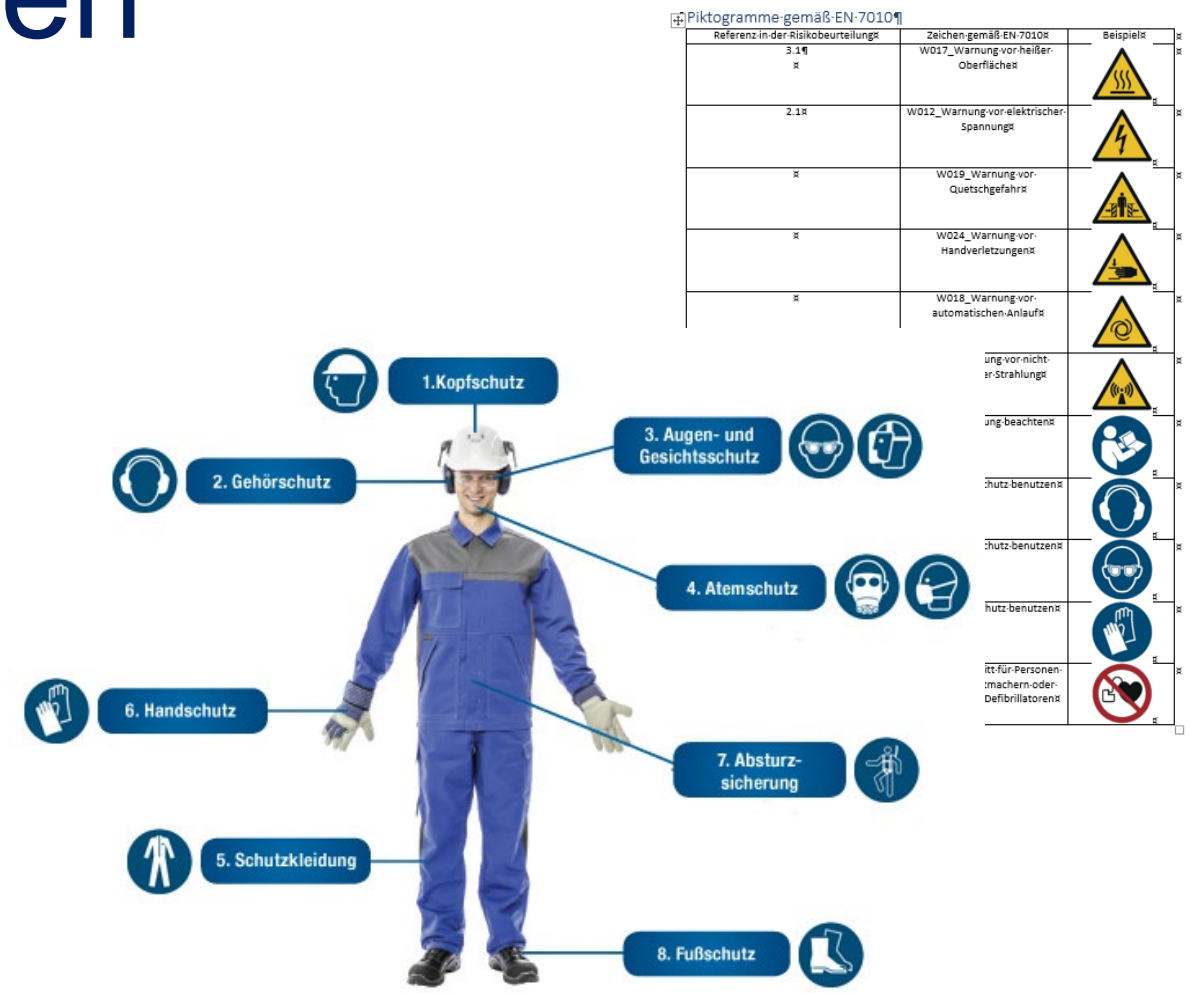
M026_Schutzschürze benutzen.JPG

Piktogramme nach EN ISO 7010
Muss dem Bediener bereitgestellt und regelmäßig kontrolliert werden

Benutzerinformationen

Beispiele:

- Schulungen & Anweisungen
- Persönliche Schutzausrüstung
- Warnzeichen nach EN ISO 7010
- Markierungen am Boden
- Signale



Training und Schulungen

- Schulungen müssen bei ISO 9001 Zertifizierten Unternehmen auditiert werden
- Helfen für Gesundheits- und Arbeitsschutz
- Kosten = Schulungskosten/P + Arbeitsausfall/P

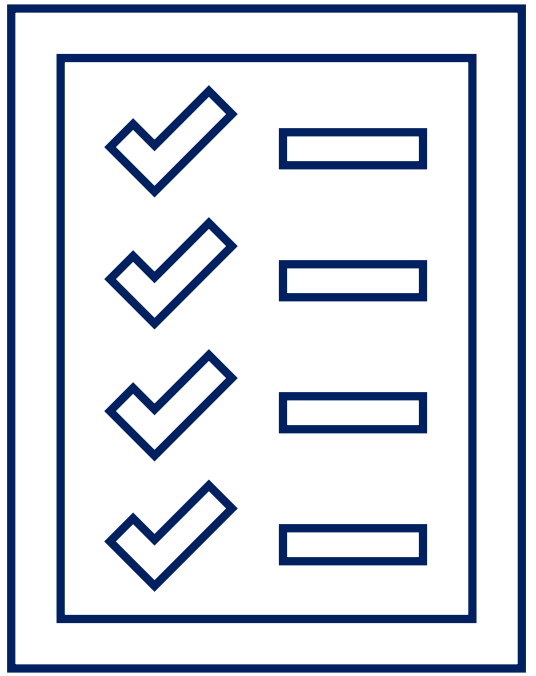
Hersteller oder Betreiber

- Gemäß 2006/42/EG und EN ISO 12100 muss der Hersteller die 3-Stufen Risikominderung durchführen
  - Er muss auch die erforderliche PSA benennen für den sicheren Betrieb
- Der Betreiber muss anhand der Gefährdungsbeurteilung bewerten, ob die vom Hersteller empfohlene PSA für den Einsatz ausreichend ist und ggf. weitere definieren
- Für sämtliche Lebensphase:
  - Betrieb
  - Rüsten
  - Störungsbehebung & Wartung

Validierung von Robotersystemen

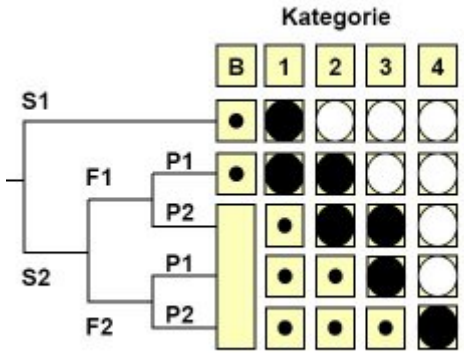
Validierung

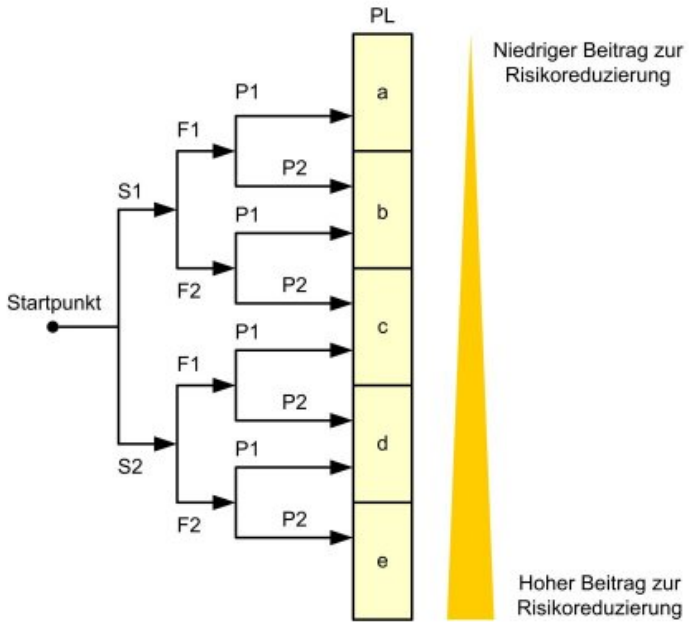
- ✓Verifikation des Performance Level nach EN ISO 13849-1
- ✓Nachbetrachtung der Risikobeurteilung
- ✓Safety Check / Funktionstest
  - ✓Inkl. Safety des Roboters
- ✓Anhang G Checkliste EN ISO 10218-2
- ✓Nachweise / Prüfungen anderer Normen



Die EN ISO 13849-1 in Worten

- Nachfolger der EN 954 (nur Kategorien)
- Kategorie = Art der Schaltung
- Performance Level = Güte der Steuerung
- Diagnosedeckungsgrad DC
- MTTFd = Zeit bis zum Ausfall (d = Gefährlich)
- CCF = Gemeinsame Fehler
- B10 und B10d = Anzahl an Zyklen bis 10% Ausfall
- PFH = Ausfallwahrscheinlichkeit pro Stunde





Validierung nach EN ISO 10218-2

Der Verifizierung und der Validierung kann mit folgenden Maßnahmen entsprochen werden:

- ✓ A Sichtprüfung;
- ✓ B Praktische Prüfungen;
- ✓ C Messungen;
- ✓ D Beobachtung während des Betriebs;
- ✓ E Prüfung von anwendungsspezifischen Schemata, Schaltplänen und Konstruktionsdokumenten;
- ✓ F Prüfung der sicherheitsbezogenen Anwendungs-Software und/oder Software Dokumentation;
- ✓ G Überprüfung der aufgabenbasierten Risikobeurteilung;
- ✓ H Prüfung der Anordnungszeichnungen und Dokumente;
- ✓ I Überprüfung von Spezifikationen und Benutzerinformation.

Unter-abschnitt	Sicherheitsanforderungen und/oder Maßnahmen	Verifizierungs- und/oder Validierungsmethoden (siehe 6.2)							
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
5.4.2	Der eingeschränkte Raum liegt innerhalb des geschützten Bereichs.	X	X						X	X
5.4.2	Die äußeren Schutzeinrichtungen sind nicht näher an der Gefährdung angeordnet als der eingeschränkte Raum, es sei denn, die äußere Schutzeinrichtung ist als Begrenzungseinrichtung nach 5.4.3 gestaltet.	X	X				X		X	X
5.4.3	Mechanische Roboterbegrenzungseinrichtungen entsprechen ISO 10218-1.	X	X	X					X	X
5.4.3	Nicht-mechanische Roboterbegrenzungs-einrichtungen entsprechen ISO 10218-1.		X				X		X	X
5.4.3	Steuerungssysteme für nicht-mechanische Roboterbegrenzungseinrichtungen entsprechen ISO 10218-1, es sei denn, eine Risikobeurteilung legt eine andere Leistung fest.		X				X	X	X	X
5.4.3	Der Anhalteweg in Verbindung mit der Begrenzungseinrichtung ist in jeder Berechnung des eingeschränkten Raumes berücksichtigt.		X	X					X	X
5.4.3	Die Begrenzungseinrichtungen sind ordnungsgemäß eingestellt und gesichert.	X	X	X			X			X
5.4.3	Werden nicht-mechanische Begrenzungseinrichtungen verwendet, einschließlich sicherheitsbewertete Software zur Achs- und Raumbegrenzung (ISO 10218-1), ist bei der Festlegung des eingeschränkten Raums der Roboter mit tatsächlicher Last zugrunde gelegt.		X	X			X		X	X
5.4.3	Wird die Geschwindigkeit des Roboters durch ein 5.2.2 entsprechendes Überwachungssystem begrenzt, kann der eingeschränkte Raum auf der tatsächlichen Geschwindigkeit basieren. Andernfalls beruht der eingeschränkte Raum auf der maximalen Robotergeschwindigkeit.		X	X			X		X	X
5.4.3	Informationen zu den programmierten sicherheitsbewerteten und räumlichen Begrenzungen sind in der Benutzerinformation enthalten.								X	X
5.4.3	In Fällen, in denen die äußere Schutzeinrichtung als Begrenzungseinrichtung konstruiert ist, werden die Ergebnisse der Risikobeurteilung zur Festlegung der Anforderungen an die Gestaltung, die Festigkeit und die Verformung dieser trennenden Schutzeinrichtung herangezogen.							X	X	X
5.4.4	Dynamische mechanische Begrenzungseinrichtungen können den Roboter unter Nennlast- und Nenndrehzahl anhalten.		X	X	X				X	X

Validierung technischer Systeme

Werden Sicherheitsbauteile gemäß B Normen verwendet, so sind diese auf korrekte Verwendung zu Validieren / Verifizieren:

BWS nach EN ISO 13855 ➔ Nachweis des Sicherheitsabstandes

TSE nach EN ISO 13857 ➔ Nachweis des Sicherheitsabstandes

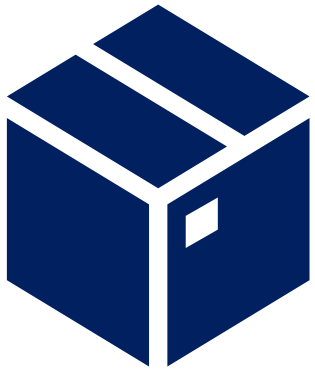
Mensch Roboter Kollaboration

Wir brauchen Helfer!

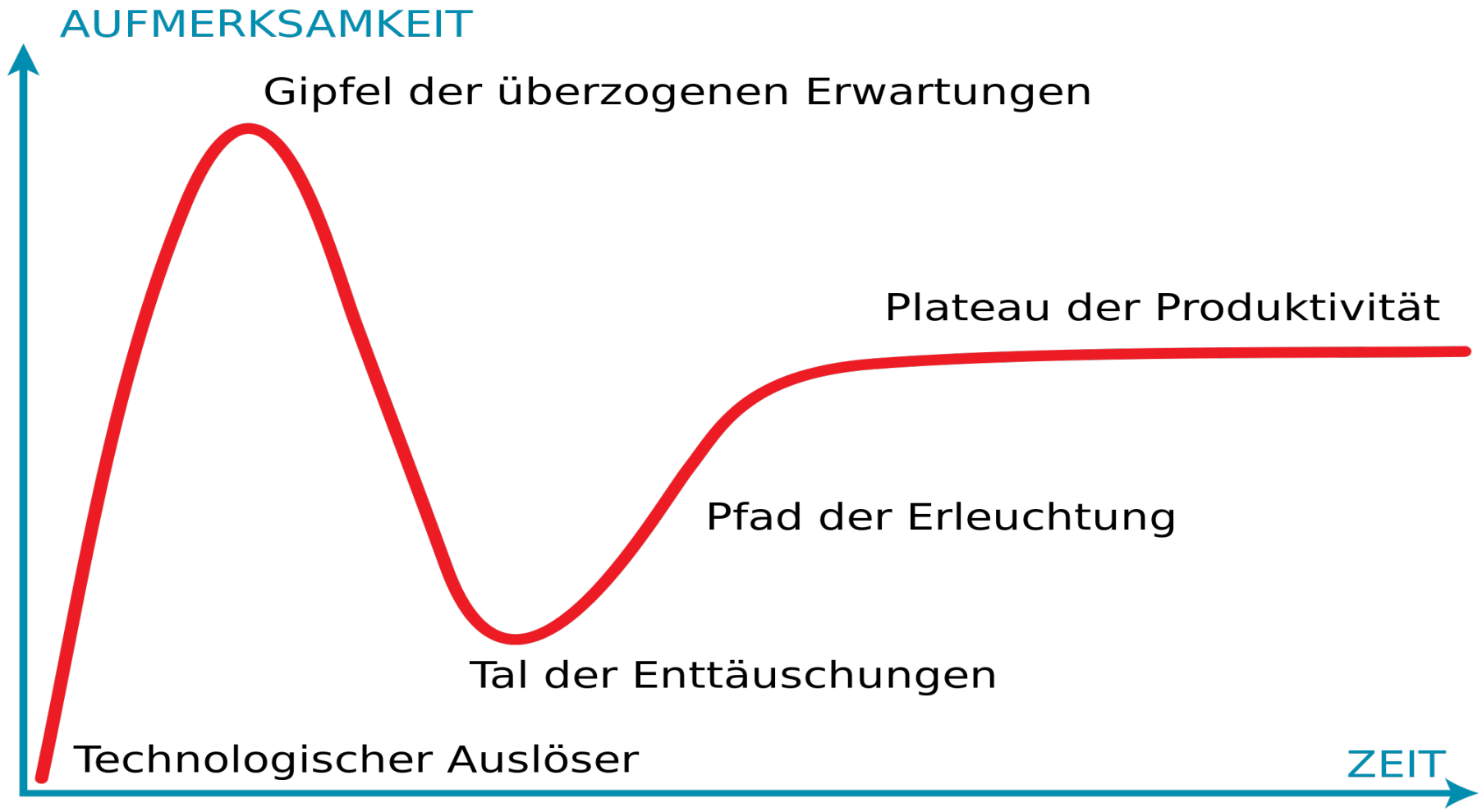
- Cobots schließen die Lücke zwischen „Manuell“ und „Automation“
- Cobots assistieren
- Einfache Bedienung wird immer gewünscht
- Einfache Aufgaben statt komplexe Systeme
- Cobot kann keinen Industrieroboter ersetzen

Wann MRK?

- Was kann der Mensch gut?
- Was kann der Roboter gut?



MRK – Hype?


AUFMERKSAMKEIT
Gipfel der überzogenen Erwartungen
Plateau der Produktivität
Pfad der Erleuchtung
Tal der Enttäuschungen
Technologischer Auslöser
ZEIT

Die Anfänge der Cobots

Roboter ersetzt den Menschen?

- Der Mensch ist perfekt Aufgrund folgender Eigenschaften:
  - Hochleistungsrechner
  - 2 x 7-Achs-Arme mit Händen als Multigreifer mit ca. 20 Achsen
  - 6 Standardgreifarten je Hand
  - 3D Echtzeit Vision System mit Objekterkennung
  - Mobil in jeder Lage

Wie soll ein einfacher Roboter das besser können?

➔ Einfach anfangen, nicht gleich groß!!!

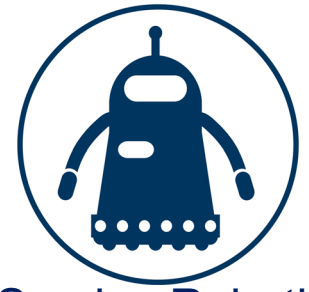
Normen speziell für Robotik

Klassische Industrierobotik

EN ISO 10218-1
EN ISO 10218-2
EN ISO 11161

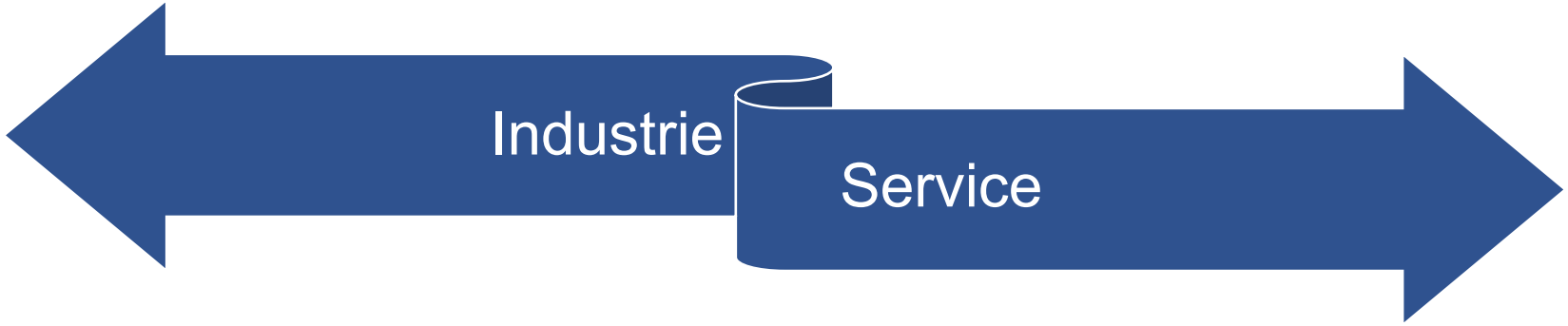
Kollaborative Robotik

EN ISO 10218-1
EN ISO 10218-2
ISO/TS 15066

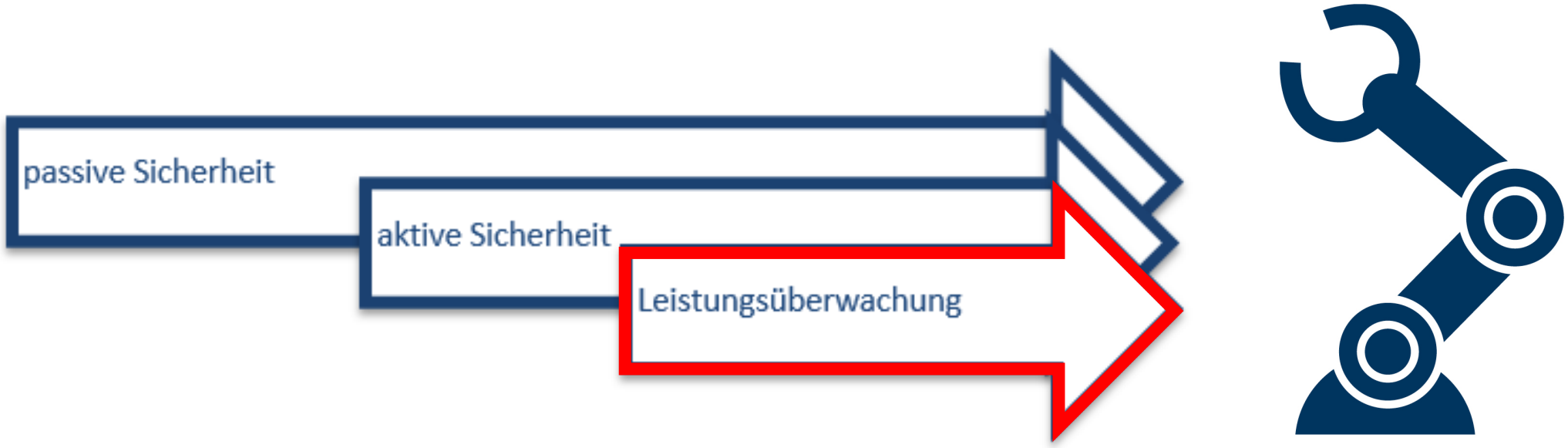


Service Robotik

EN ISO 10218-1
EN ISO 13482
(ISO/TS 15066)



Robotersicherheit



Effiziente Robotik hat alle drei Maßnahmen umgesetzt!!!

Anwendungen kollaborativer Roboter

EN 10218-2:2011 Anhang

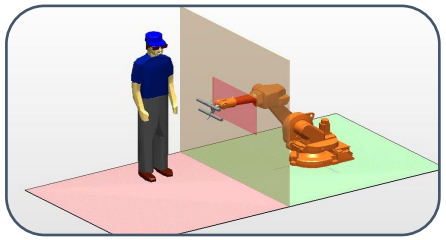
a) Übergabefenster

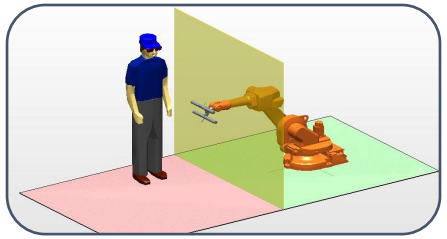
b) Übergabebereich

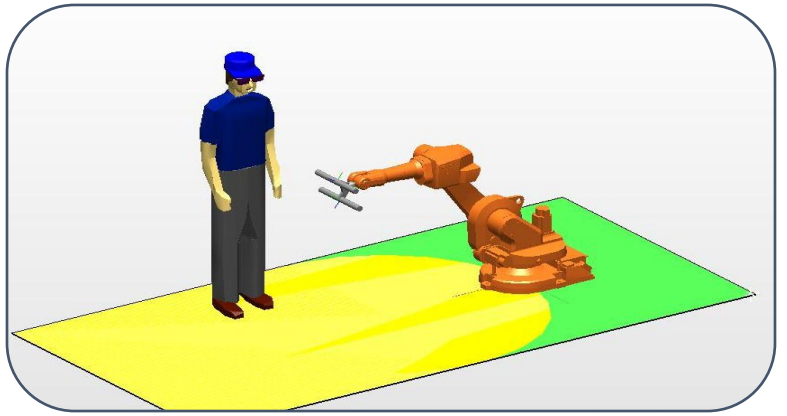
c) Kollaborationsraum ➔ MRK was jeder denkt

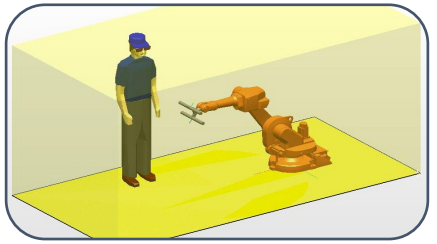
d) Prozessbeobachtung ➔ Koexistenz

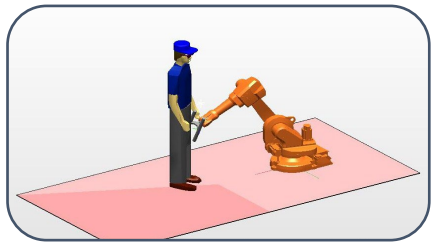
e) Handverfahren ➔ MRK 2







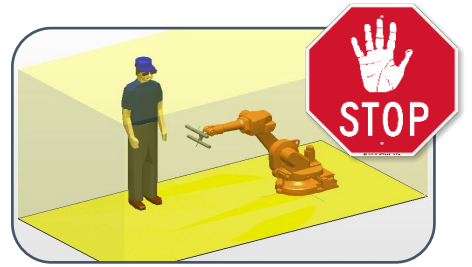


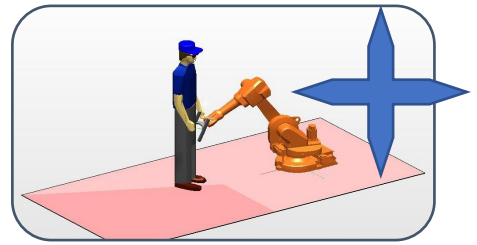


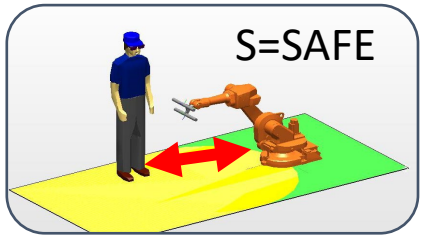
Die „neuen“ 4 Methoden der MRK

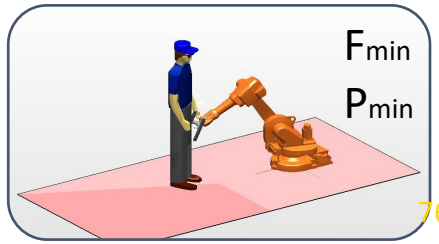
EN ISO 10218-2 K5.11.5 & ISO/TS 1506

1. Methode – Sicherheitsbewerteter Halt
2. Methode – Handführung
3. Methode – Geschwindigkeits- und Abstandsüberwachung
4. Methode – Leistungs- und Kraftbegrenzung durch Konstruktion oder Steuerung



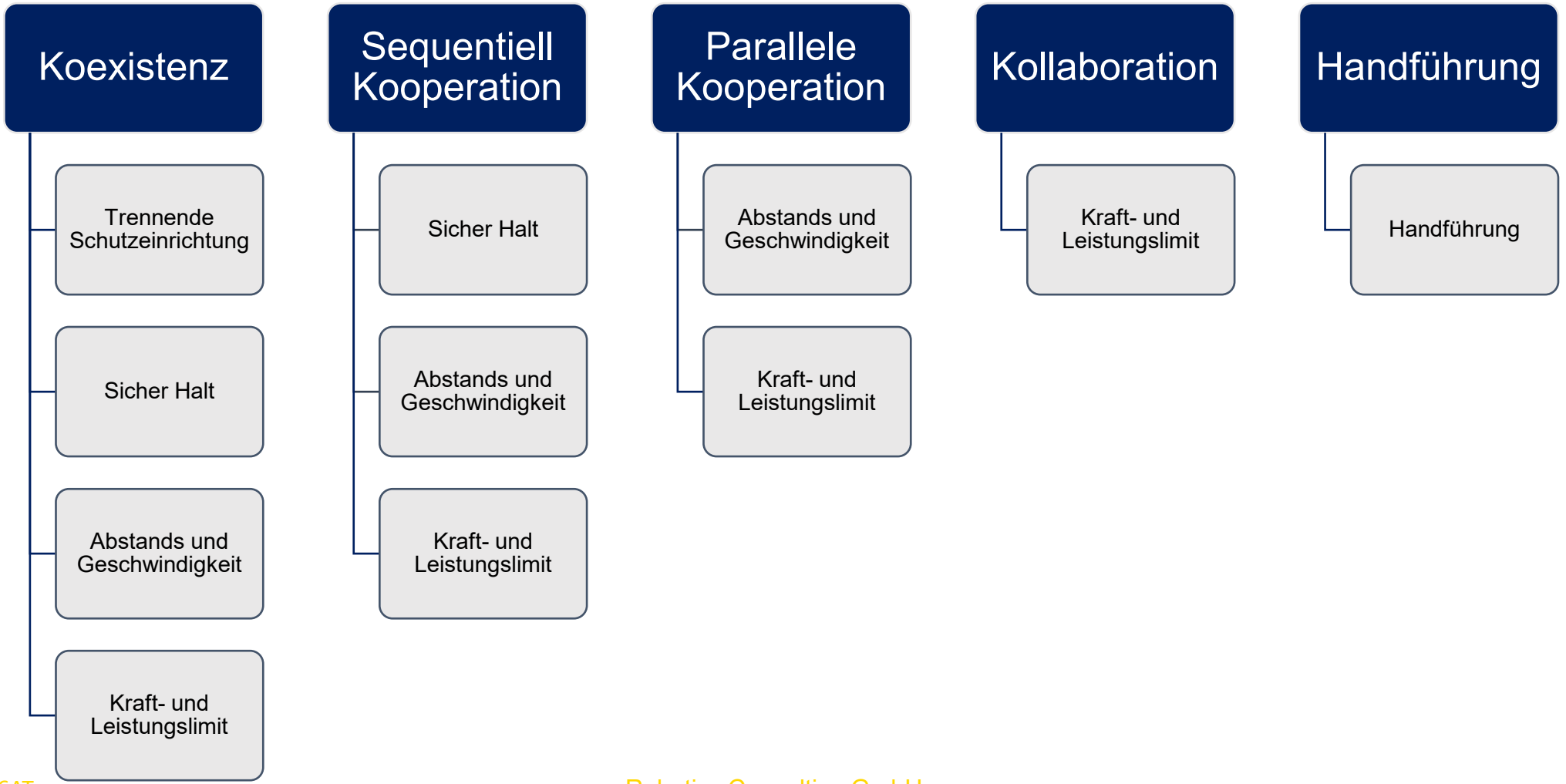






Bilder: Ryll 2010

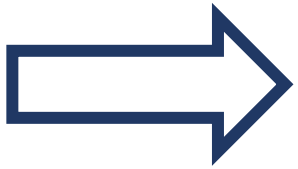
MRK oder Koexistenz laut Fraunhofer



2 Kontaktarten gemäß ISO/TS 15066

Quasi-statischer Kontakt

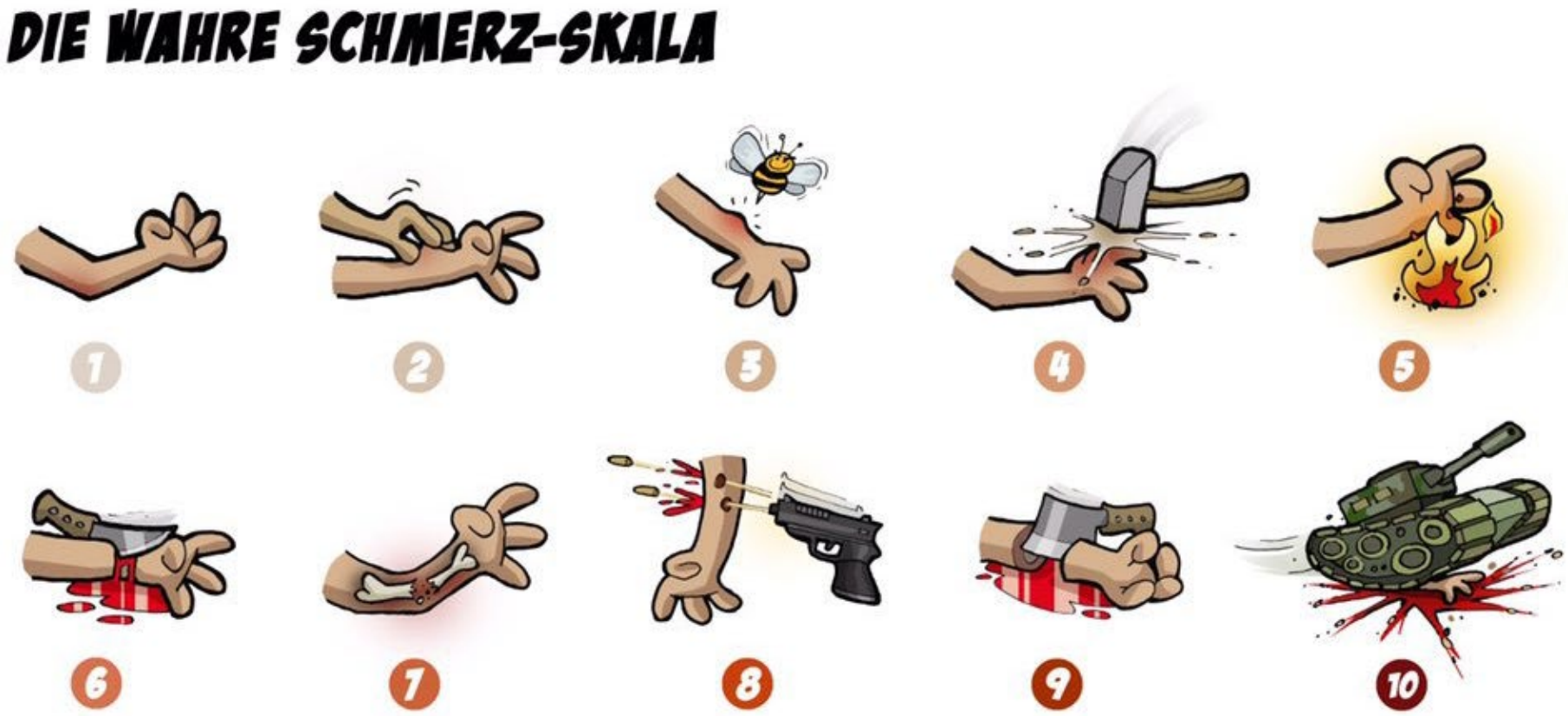
- Kontakt zwischen Robotersystem und Körperregion gegen ein festes Objekt
- Einklemmen
- Festhalten
- > 0,5 s Kontaktdauer



Transient / Flüchtiger Kontakt

- Kontakt zwischen Robotersystem und Körperregion OHNE festes Objekt
- Frei beweglicher Stoß
- Schieben
- < 0,5 s Kontaktdauer

Schmerzeintritt?

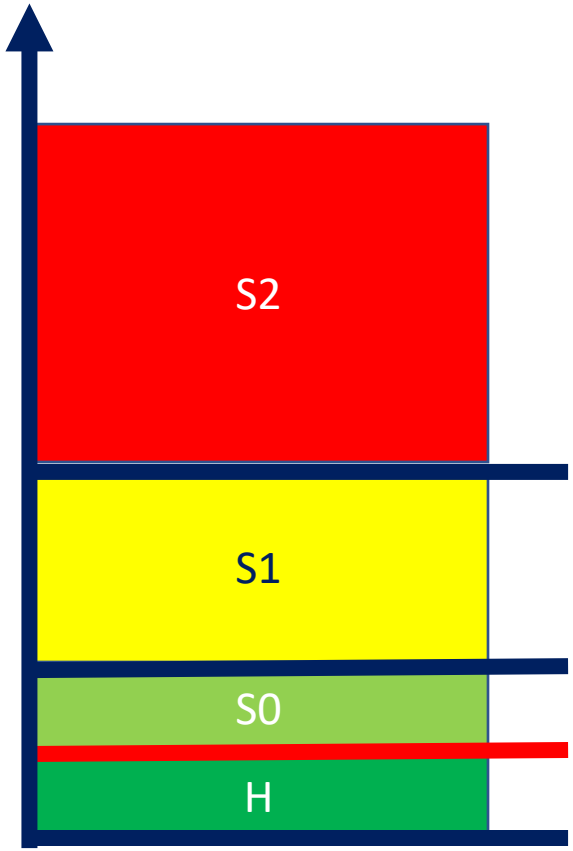


Bilder: medi-learn.de 2018

Schmerzeintritt für Männer?

Bilder: medi-learn.de 2018

Schmerzeintritt in ISO/TS 15066



Tod

Schwere Verletzung

Leichte Verletzung

Verletzungsfreier Bereich

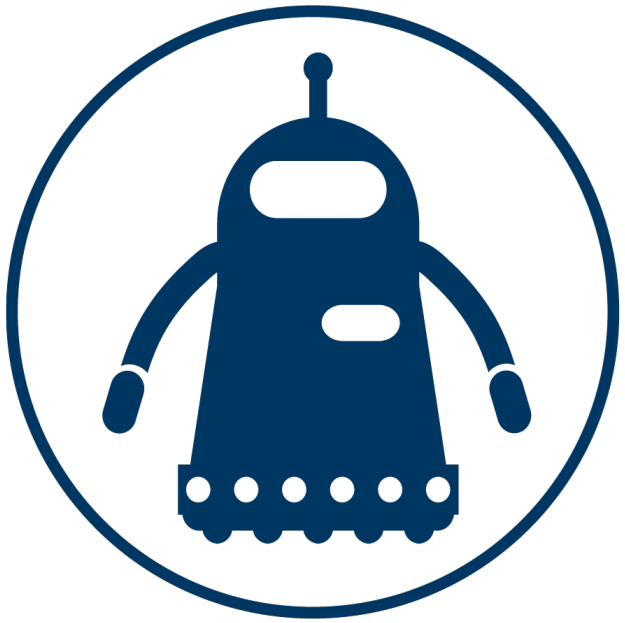
Unbedenklicher Bereich

Bilder: medi-learn.de 2018

Verletzungseintritt

Schmerzeintritt nach ISO/TS 15066

Grafik nach Behrens et al. 2014 und Behrens 2019



Weitere Unterstützung zum Thema

Dienstleistungen

- Beratung als Sachverständiger
- Gutachten
- Dienstleistungen zum CE-Prozess für MRK
  - Risikobeurteilung & Sicherheitskonzept
  - Betriebsanleitung
  - Verifizieren & Validieren
  - Kollisionsmessung ISO/TS 15066
  - Konformitätsprüfung nach MRL
- Workshops

→ http://robotics-consulting.de/Kontakt/

Ihr Roboterprojekt wird „sicher“ konform in 10 Schritten	Endscheidend ist, Wer macht was		
	Selbst durchführen	**Beratung benötigt**	**Externe Dienstleistung**
1. Kick Off – der Anfang Was wollen wir. Was brauchen wir Sind alle benötigten Informationen im Haus?			
2. Der Prozess ist bekannt! MRK, Zaunlos oder Klassisch - Welcher Roboter ist der passende?			
3. Die Risikobeurteilung für Robotersysteme ist bei MRK oder Zaunlos etwas umfangreicher, da man nicht alle Risiken mit dem Zaun lösen kann.			
4. Das Sicherheitskonzept aufbauend auf der Risikobeurteilung zeigt sichere und wirtschaftlichen Konzepte			
5. Verifizieren & Validieren u.a wie folgt:			
Funktionale Sicherheit nach EN 13849-1			
Verifizierung und Validierung des Robotersystems nach EN 10218-2			
Kollisionsmessung für die Mensch & Roboter Kollaboration gemäß ISO/TS 15066 inkl. Messprotokoll			
Sicherheitsabstände zu Körperteilen gemäß EN 13855, EN 13857 und EN 349			
6. Mess- und Prüfberichte: Lärm, Elektrik nach VDE 0113, etc.			
7. Betriebsanleitung nach Maschinenrichtlinie und C-Norm Erstellen und auf Konformität prüfen lassen			
8. Technische Unterlagen gemäß MRL Anhang VII			
9. Konformitätsprüfung nach Maschinenrichtlinie und ggf. weitere RL wie EMV und NSpgRL			
10. Ausstellen der EG-Konformitätserklärung Hersteller selbst oder Bevollmächtigter nach Art 2i derMRL			

Kontaktdaten

Robotics Consulting GmbH

Lindenstraße 22

D-82256 Fürstenfeldbruck

www.robotics-consulting.de

Kontaktdaten

Visitenkarte

SCAN ME

LinkedIn

SCAN ME

www.robotics-consulting.de