

**Dipl.Inf. (FH) Michael Duessel - BSc
- Functional Safety Expert -**



Functional Safety Consultants Ltd.
Green Lanes 483
N13 4BS London
www.safe-motion.com

Ingenieurbüro für funktionale Sicherheit
Bürgermeister-Knorr-Straße 3
- Industriegebiet Brandweiher –
D - 92637 Weiden
info@sicherheitssteuerung.de

Roboter

Roboter, der

- (der menschlichen Gestalt nachgebildete) Apparatur, die bestimmte Funktionen eines Menschen ausführen kann; Maschinenmensch
- (Technik) (mit Greifarmen ausgerüsteter) Automat, der ferngesteuert oder nach Sensorsignalen bzw. einprogrammierten Befehlsfolgen anstelle eines Menschen bestimmte mechanische Tätigkeiten verrichtet
- (früher) Arbeiter im Frondienst

Quelle - Der Duden

Begriff von Karel Čapek aus dem Drama R.U.R (Rossumovi Univerzální Roboti) von dem slawischen Rabota ~ Fronarbeit oder auch Arbeit im russischen.

Die Metapher / Gedanke vom Maschinenmenschen gibt es jedoch seit der Antike - das Automatentheater Herons von Alexandrien im Dritten Jahrhundert vor Christus oder der Golem Babylonischen Talmud.



Karel Čapek (1890 – 1938)

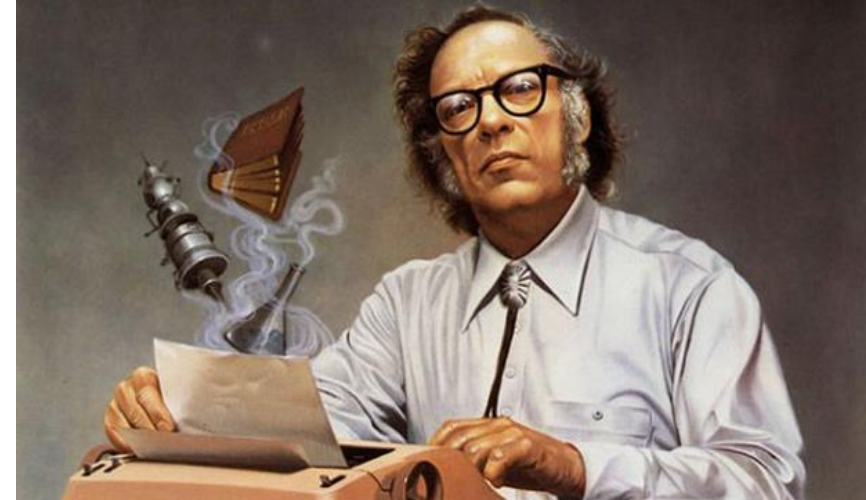
Robotergesetze

§1 Ein Roboter darf einem menschlichen Wesen keinen Schaden zufügen oder durch Untätigkeit zulassen, dass einem menschlichen Wesen Schaden zugefügt wird.

§2 Ein Roboter muss den Befehlen gehorchen, die ihm von Menschen erteilt werden, es sei denn, dies würde gegen das erste Gebot verstoßen.

§3 Ein Roboter muss seine eigene Existenz schützen, solange solch ein Schutz nicht gegen das erste oder zweite Gebot verstößt.

§0 Ein Roboter darf der Menschheit keinen Schaden zufügen oder durch Untätigkeit zulassen, dass der Menschheit Schaden zugefügt wird.



Issac Asimov (1920 – 1992)

Richtlinien / Normen / Definitionen

In Europa ist der Roboter eine Maschinen im Sinne der Maschinenrichtlinie 2006/42/EC – genau eine unvollständige Maschine, zu der wesentliche Bauteile fehlen, um als vollständige Maschine mit CE Kennzeichnung (MRL) in den Verkehr gebracht werden zu können (es fehlt: Erfüllung der Gesundheitsschutz - und Sicherheitsanforderung bei dem Konformitätsbewertungsprozess / sowie Werkzeug – Tooling). => Einbauerklärung / Montageanleitung



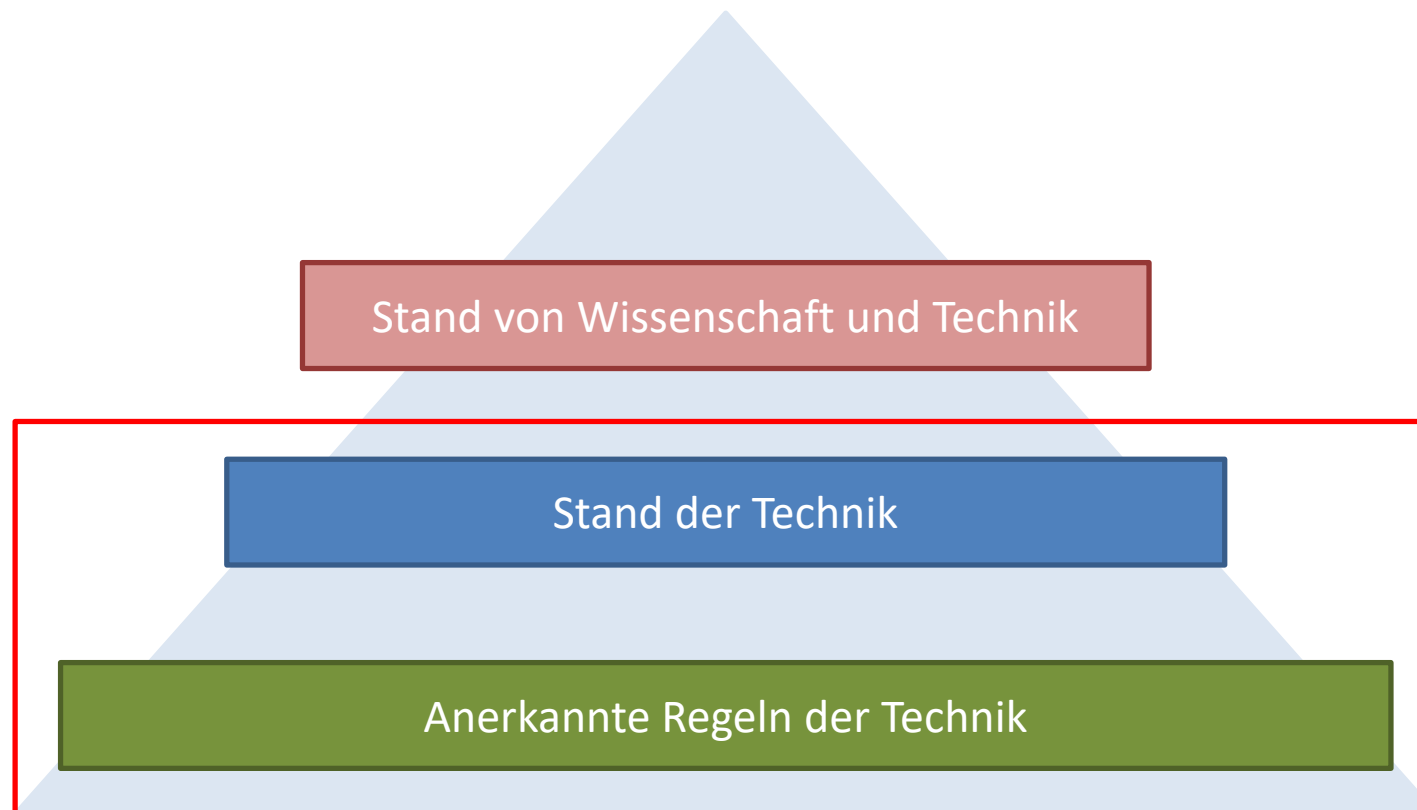
CE Kennzeichnung nur im Sinne der

- Niederspannungsrichtlinie
- EMV Richtlinie
- RoHS Richtlinie
- WEEE Richtlinie

(Produktsicherheitsrichtlinie)

Normen / Definitionen

Was ist bezüglich der Produktsicherheit zu erfüllen?



Normen / Definitionen

Auszug aus der internationalen Normenlage mit Bezug „Robotics“

ANSI B11.0-2010 - Safety of Machinery - General Requirements and Risk Assessment

ANSI B11.TR3-2000 - Risk Assessment and Risk Reduction - A Guide to Estimate, Evaluate and Reduce Risks Associated with Machine Tools

SEMI S10-0307 - Safety Guideline for Risk Assessment and Risk Evaluation Process

MIL-STD-882D-2000 - Standard Practice for System Safety

CSA Z432-04 - Safeguarding of Machinery - Occupational Health and Safety

CSA Z434-03 - Industrial Robots and Robot Systems - General Safety Requirements

CSA Z460-05 - Control of Hazardous Energy - Lockout and Other Methods

ANSI/RIA R15.06-1999 (R2009) - For Industrial Robots and Robot Systems - Safety Requirements

NOM-004-STPS-1999 - Protection Systems and Safety Devices for Machinery and Equipment used in the Workplace

UNE-EN ISO 10218-1 Robots and robotic devices - Safety requirements for industrial robots - Part 1: Robots and robotic devices - Safety requirements for industrial robots - Part 1: Robots

UNE-EN ISO 10218-2 Robots and robotic devices - Safety requirements for industrial robots - Part 2: Robot systems and integration Robots and robotic devices - Safety requirements for industrial robots - Part 2: Robot systems and integration

ISO 14120 Safety of machinery -- Guards -- General requirements for the design and construction of fixed and movable guards

ISO 14118:2000 Safety of machinery -- Prevention of unexpected start-up

ISO 12417+A2 Machine tools - Safety - Machining centers - Machine tools - Safety - Machining centers

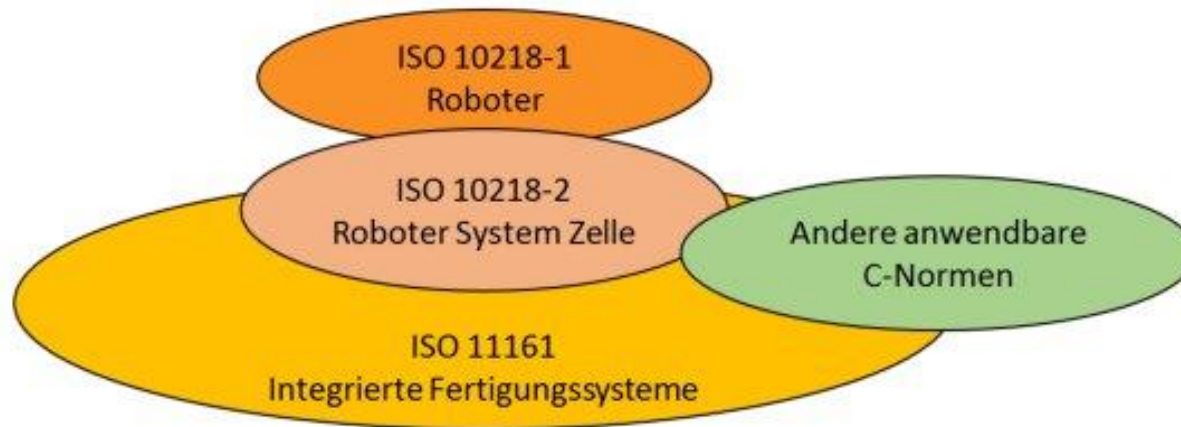
NFPA 79-2012 - Electrical Standard for Industrial Machinery

ANSI/ASSE Z244.1-2003 (R2008) - Control of Hazardous Energy - Lockout/Tagout and Alternative Methods



Normen / Definitionen

Zur Maschinenrichtlinie - harmonisiertes Normengefüge



- EN ISO 10218-1:2011** Robots and robotic devices - Safety requirements for industrial robots - Part 1: Robots
- EN ISO 10218-2:2011** Robots and robotic devices - Safety requirements for industrial robots - Part 2: Robot systems and integration
- EN ISO 11161:2007** Safety of machinery - Integrated manufacturing systems - Basic requirements

NEU!

- EN ISO 13482:2014** Robots and robotic devices - Safety requirements for personal care robots
- EN 50636-2-107:2015** Safety of household and similar appliances - Part 2-107: Particular requirements for robotic battery powered electrical lawnmowers



Normen / Definitionen

Normenbezüge aus den Roboternormen

ISO/IEC Guide 51, Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards
ISO 7000, Graphical symbols for use on equipment – Index and synopsis
ISO 8373:1994, Manipulating industrial robots – Vocabulary
ISO 9409 (all parts), Manipulating industrial robots – Mechanical interfaces
ISO 9946, Manipulating industrial robots – Presentation of characteristics
ISO 13851, Safety of machinery – Two-hand control devices – Functional aspects and design principles
ISO 13855, Safety of machinery – Positioning of safeguards with respect to the approach speeds of parts of the human body
ISO 14118, Safety of machinery – Prevention of unexpected start-up
ISO 14119, Safety of machinery – Interlocking devices associated with guards – Principles for design and selection
ISO 14120, Safety of machinery – Guards – General requirements for the design and construction of fixed and movable guards
ISO/TS 150661, Robots and robotic devices – Safety requirements – Industrial collaborative workspace
ISO/TR 23849, Guidance on the application of ISO 13849-1 and IEC 62061 in the design of safety-related control systems for machinery
IEC 61000-6-2, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity for industrial environments
IEC 61000-6-4, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-4: Generic standards – Emission standard for industrial environments
IEC 61496-2, Safety of machinery – Electro-sensitive protective equipment – Part 2: Particular requirements for equipment using active opto-electronic protective devices (AOPDs)
IEC 61800-5-2, Adjustable speed electrical power drive systems – Part 5-2: Safety requirements – Functional



Definitionen

... der Mensch-zur-Maschine Interaktion / Kooperation / Kollaboration

1. Kooperierende Roboter sind Roboter, die gemeinsam und synchron Werkstücke bearbeiten, aber während ihrer Aktivität keinen Kontakt und enge räumliche Nähe zu Menschen haben.
2. Kollaborierende Roboter werden Roboter genannt, die mit Personen in Kontakt kommen. Dies dient meist der Arbeitserleichterung aus ergonomischen Gründen, etwa indem ein Roboter ein schweres Teil anhebt oder transportiert. Für einen solchen Roboter als Arbeitsassistenten gelten hohe Sicherheitsanforderungen. Das betrifft möglicherweise Handhabungstechnik, die Sensorik, die Greifer, Antrieb und Steuerung. Grenzwerte für Kräfte und Drücke bei einem Zusammenstoß oder einem, anderen Kontakt zwischen Mensch und Roboter nicht überschritten werden können.
3. Roboter Interaktion
Überbegriff für die generelle Mensch zum Roboter Beziehung (Kommunikation, Schnittstelle, Avatar, Programmierung, Zusammenleben, etc.)



Definitionen

Vier Arten der Mensch-Roboter-Kollaboration

- ❖ Stopp bei Zutritt zum Kollaborationsraum: Beim Zutritt des Menschen zum Kollaborationsraum stoppt der Roboter und geht in einen sicheren Betriebshalt oder sicheren Zustand. Sobald der Mensch den gemeinsamen Arbeitsraum verlässt, setzt der Roboter seine Tätigkeit nach automatischem Wiederanlauf fort. [SSX], [STO],[SBC]
- ❖ Bewegung des Roboters durch Handführen, haptisch, taktil, mit reduzierter Geschwindigkeit: Der Mensch führt den Roboter unmittelbar mit Hilfe eines Griffes. Die Bewegungen und Kräfte, die der Mensch auf den Roboter ausübt, werden von Sensoren erfasst und in eine unmittelbare Bewegung des Roboters umgesetzt. Um die Kontrollierbarkeit zu gewährleisten und die im Roboter gespeicherte kinetische Energie zu begrenzen, wird die Geschwindigkeit des Roboters begrenzt. Eine Zustimmungsrückmeldung (Hold-to-Run) verhindert einen unerwarteten Anlauf oder dient zur Aktivierung. [SLS], [SSM]
- ❖ Überwachte Trennung zwischen Mensch und Roboter bei reduzierter Geschwindigkeit: Der Abstand zwischen Mensch und Roboter wird permanent durch Sensorik überwacht. Bei Unterschreiten eines gegebenen Mindestabstandes stoppt der Roboter und geht in den sicheren Betriebshalt / sicheren Zustand. [SLP], [SLS], [SSX]
- ❖ Beschränkung der im Roboter gespeicherten Energie und vom Roboter ausgeübten Kraft: Das Gefährdungspotenzial des Roboters wird durch die Beschränkung seiner dynamischen Parameter auf ein akzeptables Maß reduziert. Dazu werden zum Beispiel die maximale Kraft des Roboters und die dynamische Leistung limitiert. [SLT], [STR]

Aktuell sind konkrete Grenzwerte für reduzierte Geschwindigkeiten, Mindestabstände, Energien und Kräfte untergeordnet. Damit wird dem Umstand Rechnung getragen, dass die beabsichtigte Anwendung, Peripherie, Werkstücke und Umgebung der Roboterzelle bei der Bestimmung solcher Grenzwerte mit einbezogen werden müssen. Die Risikoanalyse und Beurteilung und die Vergleichbarkeit sind das wesentliche Mittel zum gesellschaftlich tolerierbaren Maß.



Risikominderung

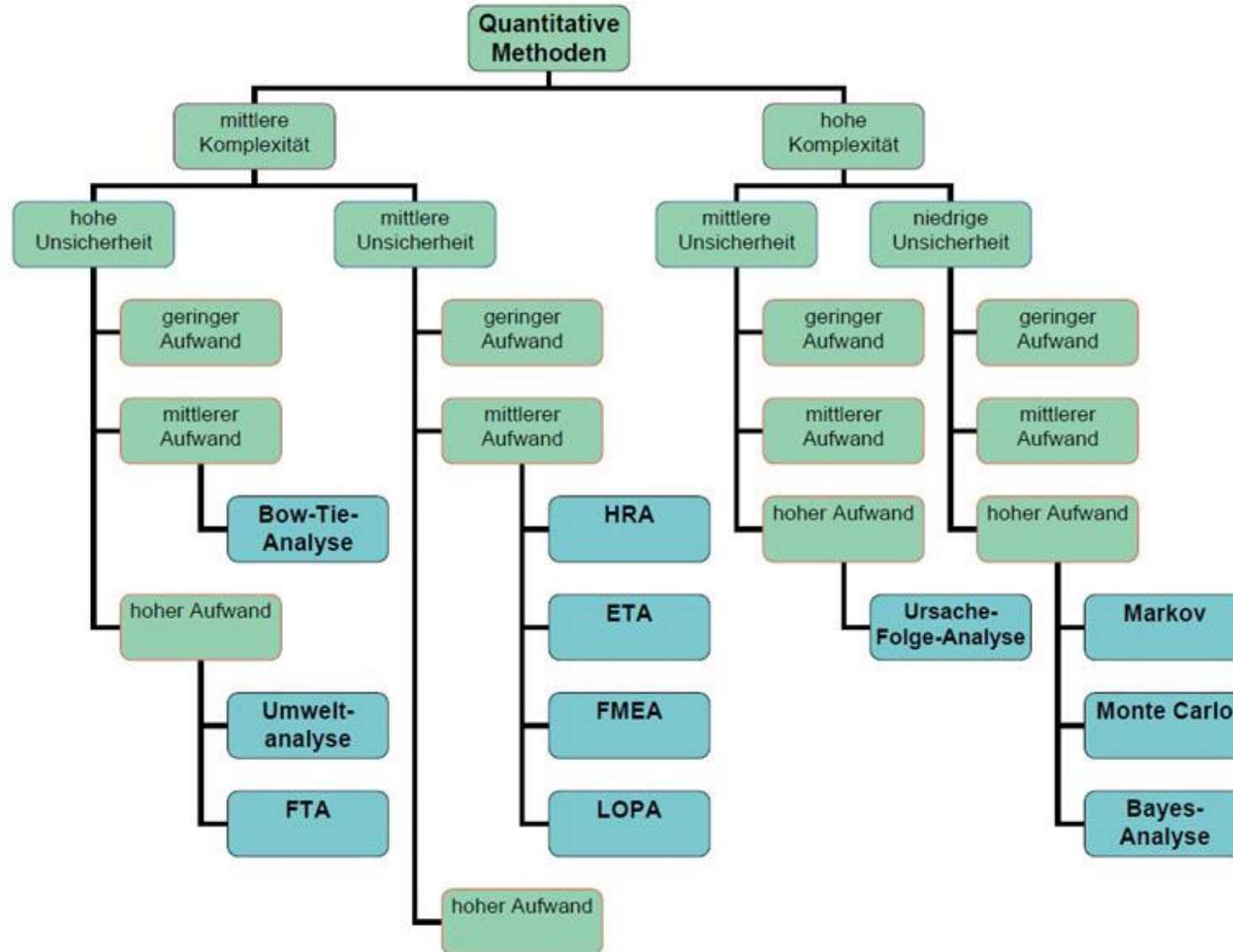
Die Risikominderung kann erreicht werden durch die Anwendung verschiedener Schutzmaßnahmen mit dem Endergebnis, einen sicheren Zustand zu erreichen.
ANMERKUNG: Es ist nicht notwendig, diese Strategie der Risikominderung auf nicht sicherheitsrelevante Teile des Steuerungssystems oder auf rein funktionale Bauteile der Maschine anzuwenden (*Zitat:ISO 13849-1*)

Die internationale Normenlage beschreibt das Reduzieren des Gefährdungspotentials auf ein (gesellschaftlich) tolerierbares Maß. Wann hier das Maß erreicht ist, ist nicht definiert. Insbesondere Straßenfahrzeuge sind äußerst gefährlich, aus dem Aspekt der funktionalen Sicherheit betrachtet, werden aber gesellschaftlich problemlos toleriert.

Zudem betrachtet die einschlägige Normenlage den Menschen, als Komponente eines Sicherheitssystems nicht, oder nur am Rand als Teil des Systems. Beispielsweise nur die IEC 61511 sieht den Mensch als Teil einer Sicherheitsfunktion.

Das gesellschaftlich tolerierbare Risiko, mit dem Einfluss des Menschen in der Sicherheitsfunktion ist unscharf ...

ISO 31000 - Risikomanagement



Risikominderung - Maßnahmen

Die Maßnahmen zur Risikominderung müssen effektiv und passend sein. Der bestmöglichen Maßnahme ist der Vorrang einzuräumen. Prozesssicherheit und vorhersehbare Fehlanwendung sind weitere Aspekte die bei der Auswahl der Maßnahme zu betrachten sind.



Risikominderung - Maßnahmen



Warum brauchte ein Kamikazepilot einen Helm und Schutzbrille?

Funktionale Sicherheit

Definition von Sicherheit:

„Sicherheit ist die Freiheit von unakzeptierbaren Risiken, welche zu körperlichen Verletzungen oder Schaden an der Gesundheit der Menschen führen, entweder direkt oder indirekt als Folge der Zerstörung des direkten Umfeldes oder der Umwelt.“

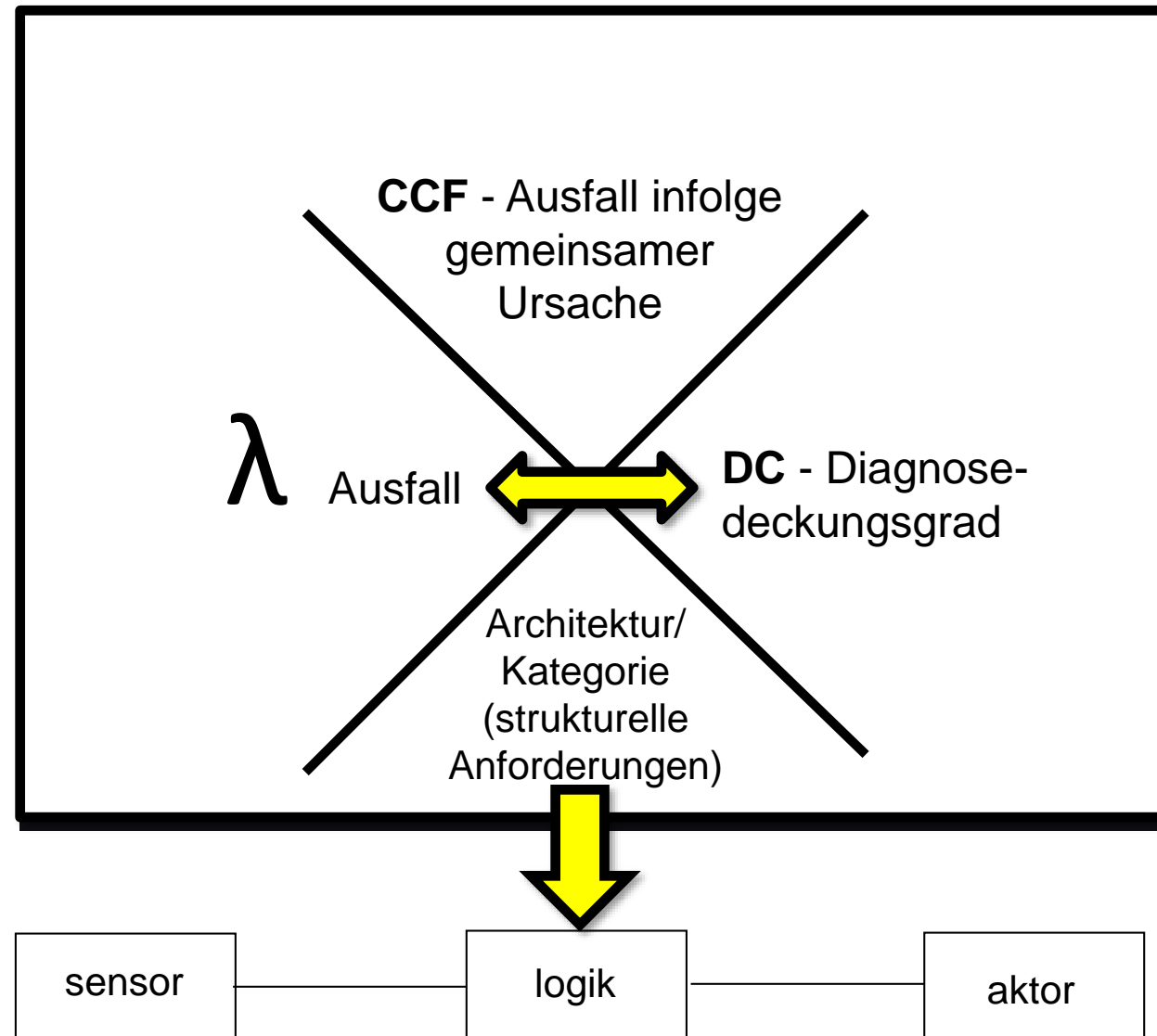
- IEC TR 61508-0

Funktionale Sicherheit:

„Die funktionale Sicherheit ist der Teil der Gesamtsicherheit, welcher von dem korrektem Betrieb eines Systems oder Ausrüstung abhängig ist, in Relation zu dessen Eingaben.“

Da in modernen Systemen Sicherheitsfunktionen in zunehmenden Umfang von elektronischen, programmierbaren, Systemen implementiert werden, besteht die grundlegende Herausforderung bezüglich der funktionalen Sicherheit darin, die korrekte Funktion von komplexen Systemen sicherzustellen. Dazu müssen geeignete Methoden zur Vermeidung systematischer Fehler (in der Regel auf menschliche Fehler bei der Spezifikation, Implementierung etc. zurückzuführen) sowie zur Beherrschung von Ausfällen und Störungen (in der Regel physikalische Phänomene) benutzt werden. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von der Sicherheitsintegrität der Schutz- oder Sicherheitsfunktion.

Funktionale Sicherheit

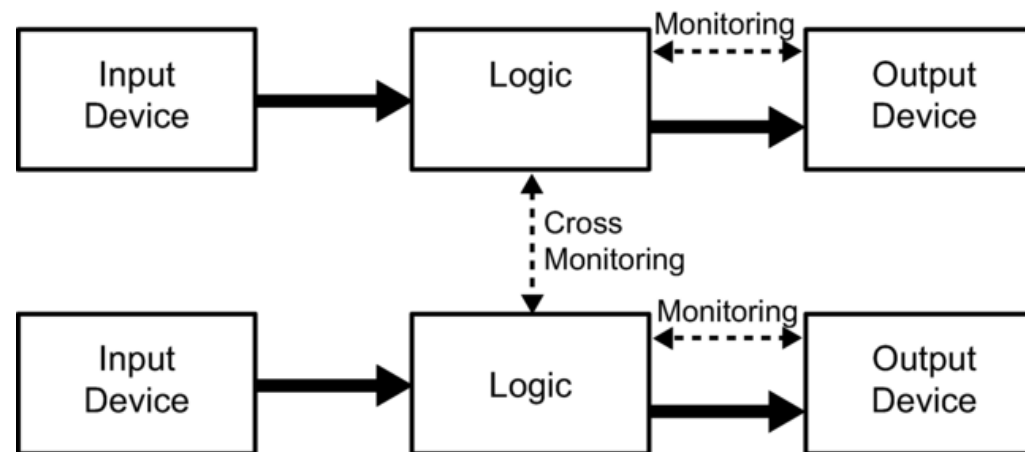


Anspruch an die Sicherheitsfunktion (Quelle ISO 10218-1/-2)

5.2.2 Performance requirement

Safety-related parts of control systems shall be designed so that they comply with PL=d with structure category 3 as described in ISO 13849-1:2006, or so that they comply with SIL 2 with hardware fault tolerance of 1 with a proof test interval of not less than 20 years as described in IEC 62061:2005.

(Mindestanspruch)



4.3.1 General

Because a robot system is always integrated into a particular application, the integrator shall perform a risk assessment to determine the risk reduction measures required to adequately reduce the risks presented by the integrated application.

DIE WELT

Roboter zerquetscht Arbeiter bei Volkswagen

Ein 22-jähriger Arbeiter wollte im Volkswagenwerk Baunatal einen Roboter zur Elektromotoren-Fertigung einrichten. Plötzlich erfasste die Maschine den Mann und presste ihn gegen eine Metallplatte.

Im Volkswagenwerk Baunatal ist ein Mitarbeiter einer Fremdfirma aus Sachsen von einem Roboter getötet worden. Der 22-Jährige war am Montag bei einer neuen Produktionslinie der Elektromotoren-Fertigung mit dem Einrichten des Roboters beschäftigt, als dieser ihn erfasste und gegen eine Metallplatte drückte, sagte ein Sprecher des VW-Werks am Mittwoch.

Die Formel der Rückrufaktion

Die Formel aus dem Film - Fight Club:

"Nimm die Anzahl der Autos, die herumfahren (A) und multiplizier sie mit der wahrscheinlichen Fehlerrate (B) und dann multipliziere das Ergebnis mit der voraussichtlichen Rate von außergerichtlichen Einigungen (C).

A mal B mal C ergibt X.

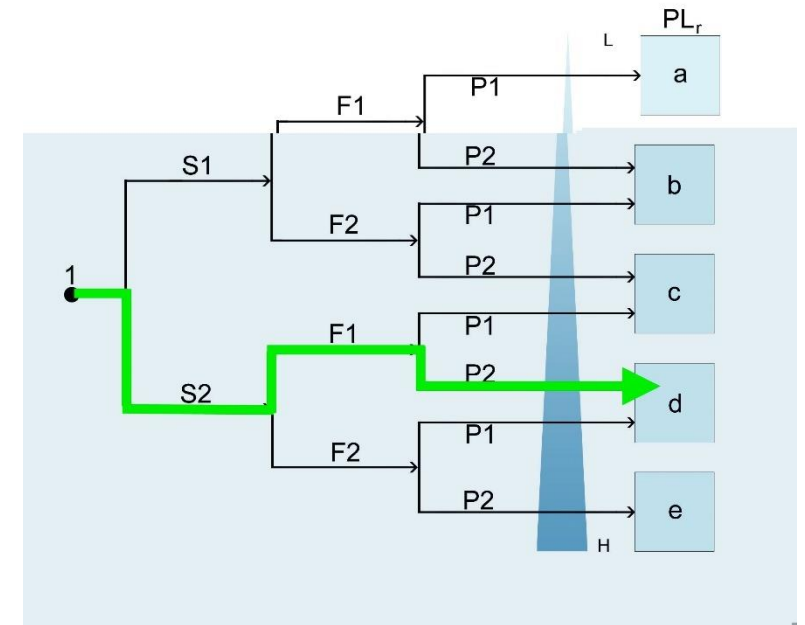
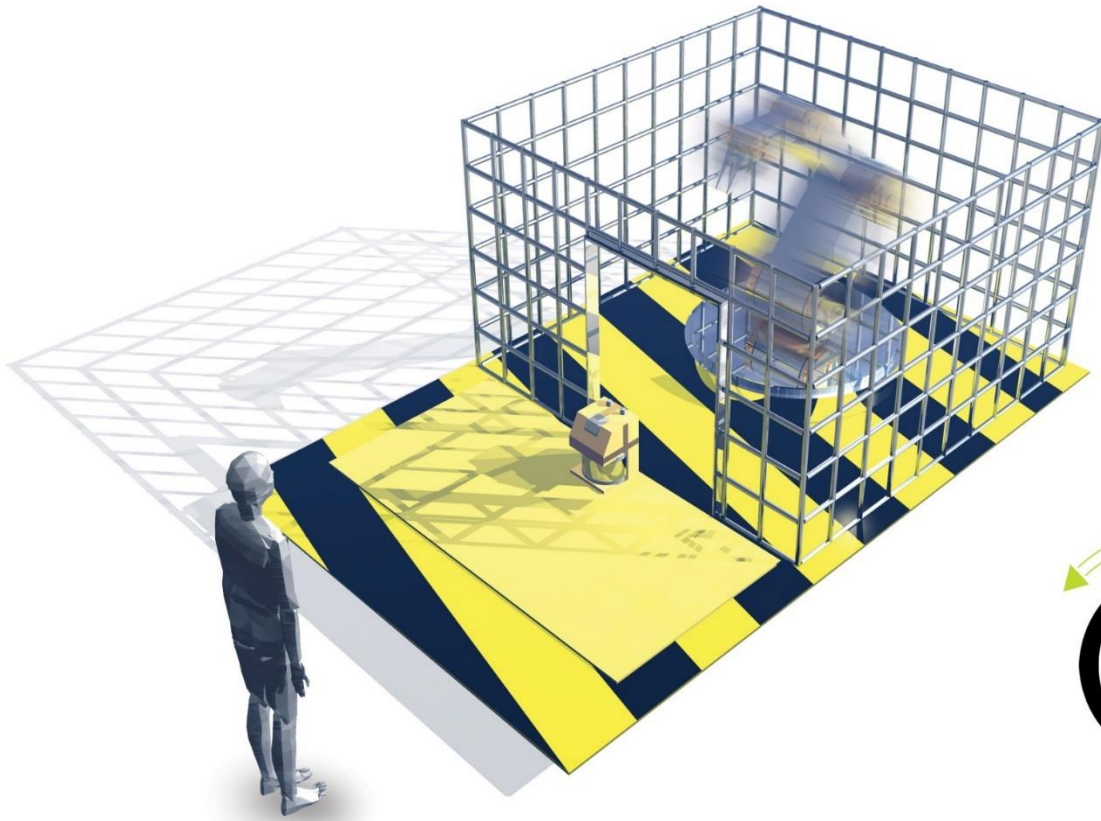
Wenn X kleiner ist als die Kosten einer Rückrufaktion - wird keine durchgeführt."

You are not your job.
You're not how much **money**
you have in the bank.
You're not the **car** you drive.
You're not the **contents** of your wallet.

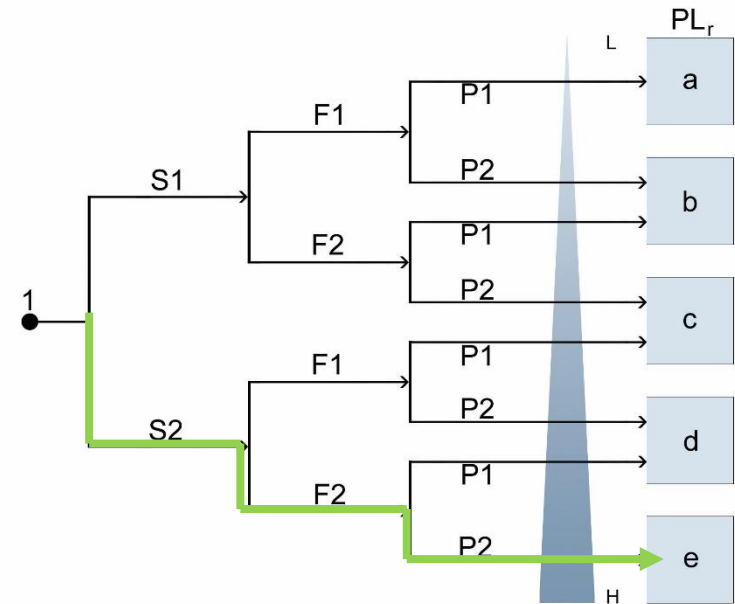
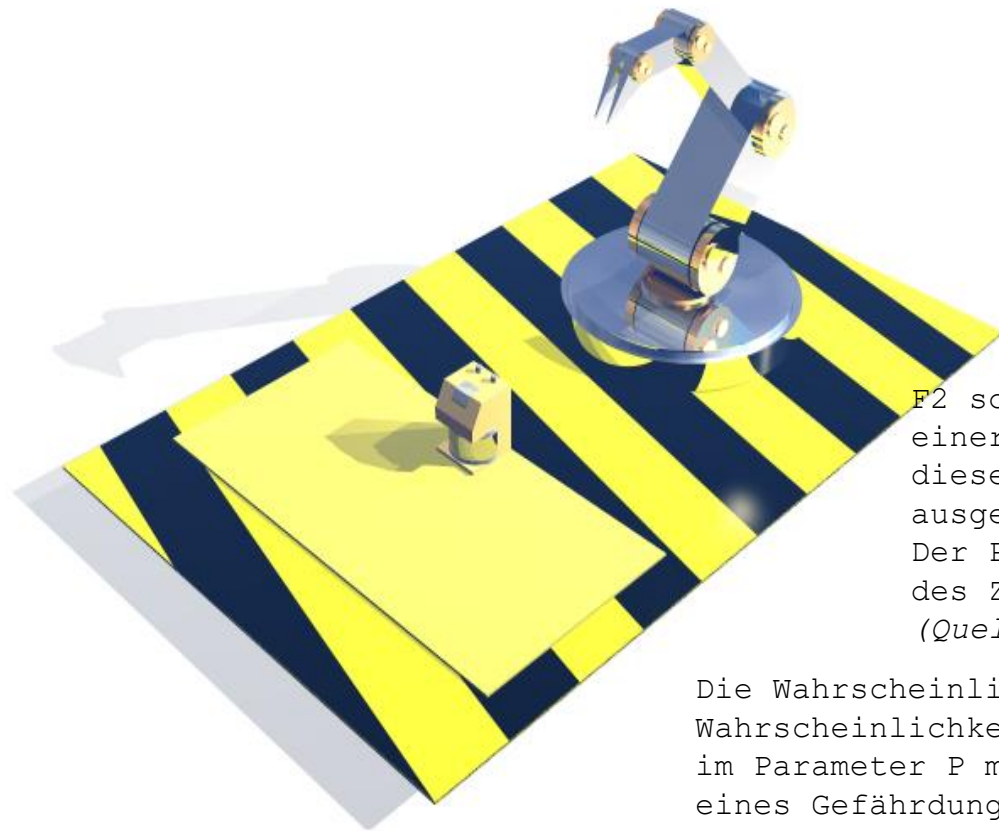
$$A \times B \times C = X$$



Anspruch an die Sicherheitsfunktion



Risikoanalyse bei MRK



F2 sollte ausgewählt werden, wenn eine Person häufig oder dauernd einer Gefährdung ausgesetzt ist. Dabei ist es unerheblich, ob dieselbe oder nacheinander unterschiedliche Personen der Gefährdung ausgesetzt werden, z. B. bei der Verwendung von Aufzügen. Der Parameter der Häufigkeit sollte nach der Häufigkeit und Dauer des Zugangs zur Gefährdung ausgewählt werden.

(Quelle: ISO 13849-1:2015)

Die Wahrscheinlichkeit, mit der die Gefährdung vermieden wird, und die Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines Gefährdungsereignisses sind beide im Parameter P miteinander kombiniert. Wenn die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Gefährdungsereignisses als niedrig bewertet werden kann, darf der PLr um einen Level verringert werden, siehe A.2.3.2.

Risikoanalyse bei MRK gemäß IEC 62061:2005

SIL 3

SIL

Norm EN IEC 62061:2005

Schwere der Verletzung (S)		Häufigkeit und Dauer(F)		Wahrscheinlichkeit des Ereignisses(W)		Vermeidung (P)	
Tot, Verlust von Arm oder Augen	4	<= Stunde	5	häufig	5	unmöglich	5
Permananter Schaden, Verlust von Finger	3	>Stunde <=Tag	5	wahrscheinlich	4	möglich	3
reversible Verletzung, Behandlung durch Arzt	2	>Tag <=2Wochen	4	möglich	3	wahrscheinlich	1
reversible Verletzung, erste Hilfe	1	>2Wochen <= Jahr	3	selten	2		
		>Jahr	2	vernachlässigbar	1		

12

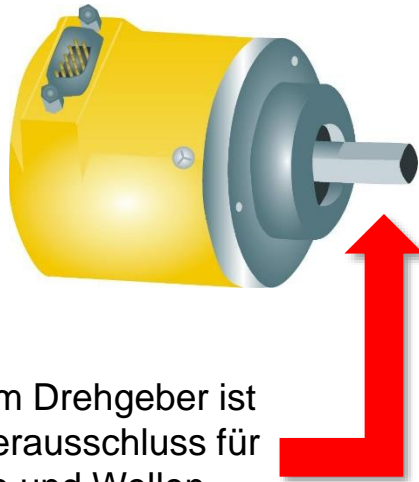
(S)	K 3-4	K 5-7	K 8-10	K 11-13	K 14-15
4	SIL 2	SIL 2	SIL 2	SIL 3	SIL 3
3		AM	SIL 1	SIL 2	SIL 3
2			AM	SIL 1	SIL 2
1				AM	SIL 1

0030:SFWP:K:12:SIL03

SFWP

Löschen

Roboter Bewegungssensoren



Fehlerarten

- X Wellenbruch
- X Schlupf
- X Begrenzung axialer und rotatorischer Kräfte
- X etc.

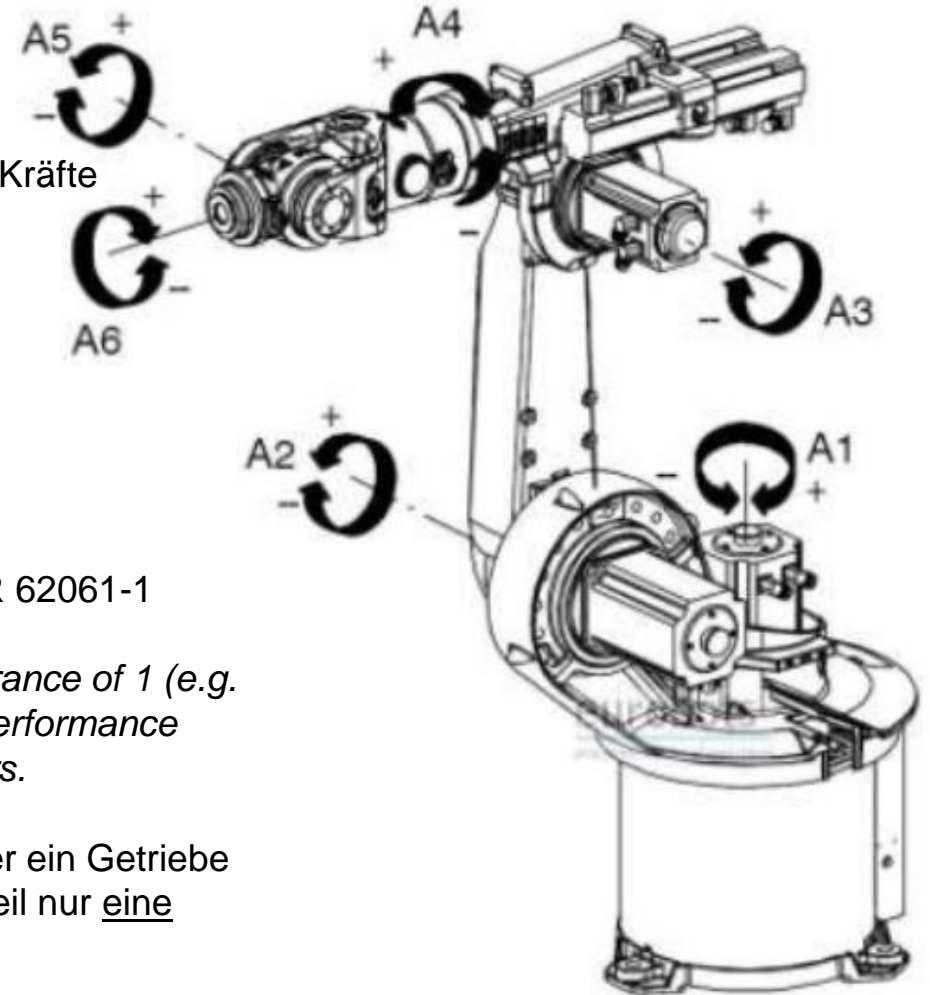
Bei einem Drehgeber ist ein Fehlerausschluss für die Welle und Wellenverbindung zu definieren:

Grenzen des Fehlerausschlusses ist definiert in ISO/TR 23849:2010 bzw. IEC/TR 62061-1






















7.2.2 Use of fault exclusions

... that has to achieve PL e or SIL 3 will need to incorporate a minimum fault tolerance of 1 (e.g. two conventional mechanical position switches) in order to achieve this level of performance since it is not normally justifiable to exclude faults such as broken switch actuators.

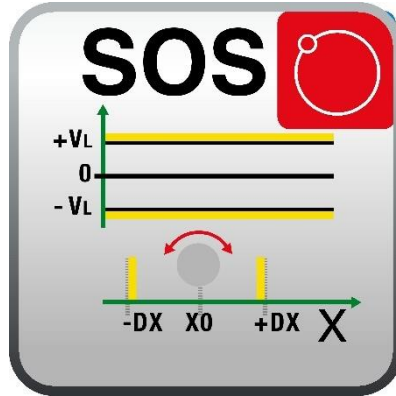
Daraus resultiert, dass durch die Verbindung des Drehgebers an einen Motor oder ein Getriebe der maximal erreichbare PL d ist oder SIL CL 2 maximal erreicht werden kann, weil nur eine Welle vorhanden ist.



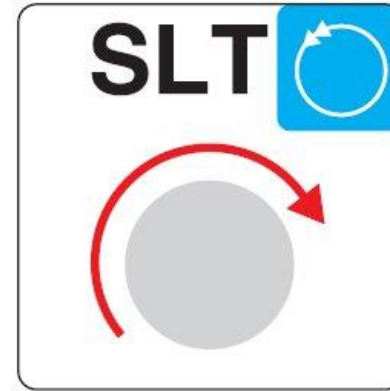
Sicherheitsfunktionen IEC 61800-5-2

<h2>Sicheres Bewegen</h2>	 SLS Safely Limited Speed	 SDI Safe Direction	 SLI Safely Limited Increment	 SSM Safe Speed Monitor	 SAR Safe Acceleration Range	 SSR Safe Speed Range	 SLA Safely Limited Acceleration
<h2>Sicheres Anhalten</h2>	 SSX Safe Stop 1,2	 SOS Safe Operating Stop	 SBT Safe Break Test	 SBC Safe Break Control	 EMU Emergency Monitoring Unit		
<h2>Sichere Position</h2>	 SOS Safe Operating Stop	 SEL Safe Emergency Limit	 SLP Safely Limited Position	 SCA Safe CAM			
<h2>Analog und Bewegung</h2>	 SLT Safely Limited Torque	 STR Safe Torque Range	 SWT Safe Motor Temperature	 SAC Safe Analogue Control			
<h2>Muting/Surpressing</h2>	 ECS Encoder Control Status		 PDM Position Deviation Mode				

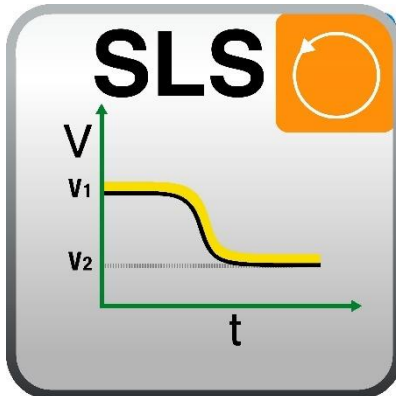
Sicherheitsfunktionen Safe-Motion für Roboter / MRK



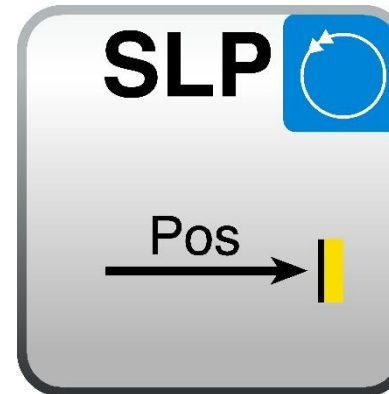
Safe Operating Stop
sicherer Betriebshalt – alle Achsen werden im Stillstand gehalten bei aktiven Antriebsregel



Safely Limited Torque
sicherer reduziertes Drehmoment – die „Achsenweichschaltung“ der Roboter überschreitet eine resultierende Kraft nicht

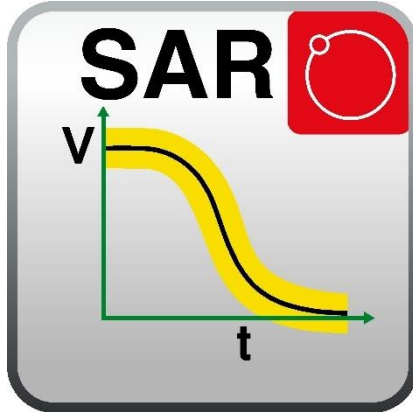


Safely Limited Speed
sicher reduzierte Geschwindigkeit – die resultierende Geschwindigkeit des Tool Center Points über alle Achsen überschreitet eine definierte Geschwindigkeit nicht



Safely Limited Position
sichere Position – der Roboter überschreitet mit dem TCP eine Koordinate nicht

Sicherheitsfunktionen Safe-Motion für Roboter / MRK



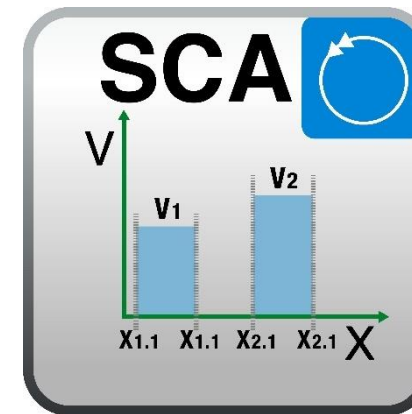
Safe Acceleration (range)
 sichere Beschleunigung, ein definierte maximale Beschleunigung wird nicht überschritten



Safe Break Control
 sichere Bremsen
 Ansteuerung, die Bremsen ist eine Sicherheitsbremse und wird sicherheitsgerichtet angesteuert und überwacht

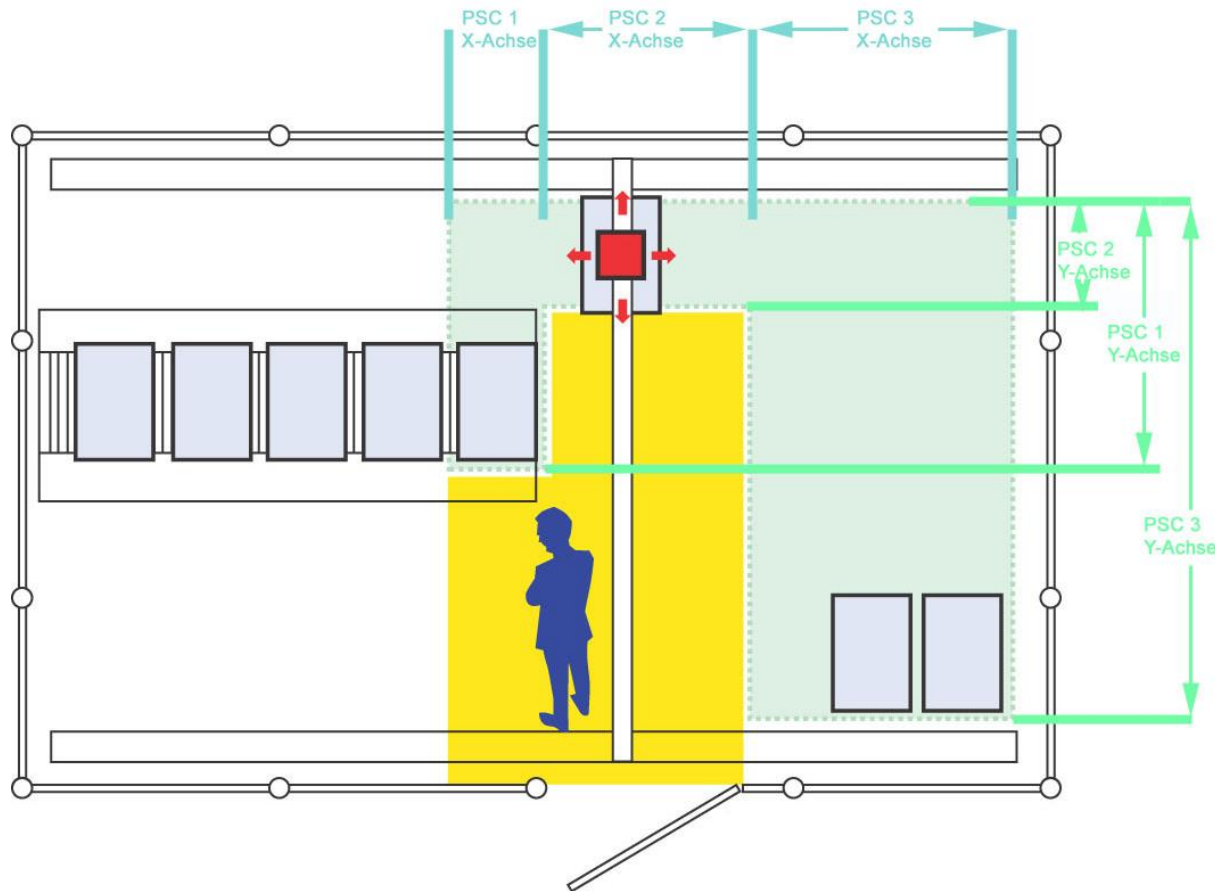


Sichere Zustimmfunktion
 - nur solange der Zustimmtaster gehalten wird, (Hold-toRun) ist eine Bewegung möglich

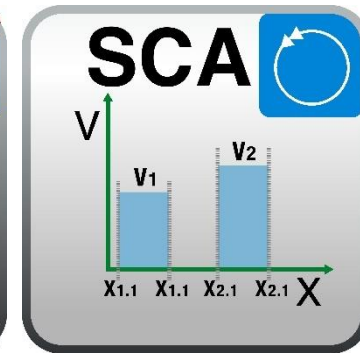
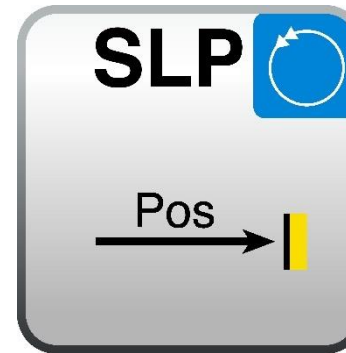


Safe CAM
 sicheres Software
 Nockenschaltwerk – eine „Endschalter“ der Achsen wird nicht überfahren

Schaffung von virtuellen Schutzräumen



Diese sicheren Antriebsfunktion ermöglichen es, beispielsweise Schutzräume zu definieren, die von dem Roboter nicht überschritten werden, wenn die Personendetektion eine Person feststellt



Sichere Geschwindigkeiten

Die Roboter Norm ISO 11161:2008 definiert sichere Geschwindigkeiten, welche ein Ausweichen ermöglicht:

8.6.2 Weitere Schutzmassnahmen

ANMERKUNG 1 Sicher reduzierte Geschwindigkeit ohne eine Zustimmungseinrichtung bedeutet, dass die Bewegung so langsam erfolgt, dass sich der Bediener dieser gefahrbringenden Bewegung entziehen kann. Nach der Risikobeurteilung kann deshalb in einigen Fällen eine Zustimmungseinrichtung sogar bei der reduzierten Geschwindigkeit (z.B. enger Raum) erforderlich sein.

ANMERKUNG 2 Beispiele für sichere reduzierte Geschwindigkeiten mit weniger als 10 mm/s bei Pressen, weniger als 250 mm/s bei Robotern, weniger als 250 mm/s bei allen Gefährdungen durch nicht scherende Bewegungen und weniger als 33 mm/s bei Gefährdungen durch Scherbewegungen.

Ansonsten für alle anderen Geschwindigkeiten oder Betrachtungen gilt GSM (gesunder Menschenverstand) mit Begründung

Die japanische Berufsgenossenschaft für Arbeitsschutz NIIS macht Untersuchungen am lebenden Objekt.

Sichere Geschwindigkeiten

Entfällt zugunsten
biomechanischer
Grenzwerte und Verweis
auf ISO TS 15066

Die Roboter Norm ISO 10218-1:2012 revidiert einige Anforderungen

- Sichere Kraftbegrenzung auf statisch max.150N oder 80 W Leistung.

Entfällt in EN 10218-1

- Sicher reduzierte Geschwindigkeit mit max. 250 mm/s und selbsttätiges Anhalten bei Annäherung

Entfällt in EN 10218-1

- Handführung mit sicher reduzierter Geschwindigkeit von max. 250 mm/s und Zustimmungsschalter

..ist auf PLd + Kat.3 erweitert

- Sicherheitsfunktionen müssen ISO 13849-1:1999 Kategorie 3 entsprechen

Ist „endlich“ zugunsten Sicherheitsfunktion entfallen!

- T1 Modus (Programmierung) und T2 (high Speed Programm Verifikation)

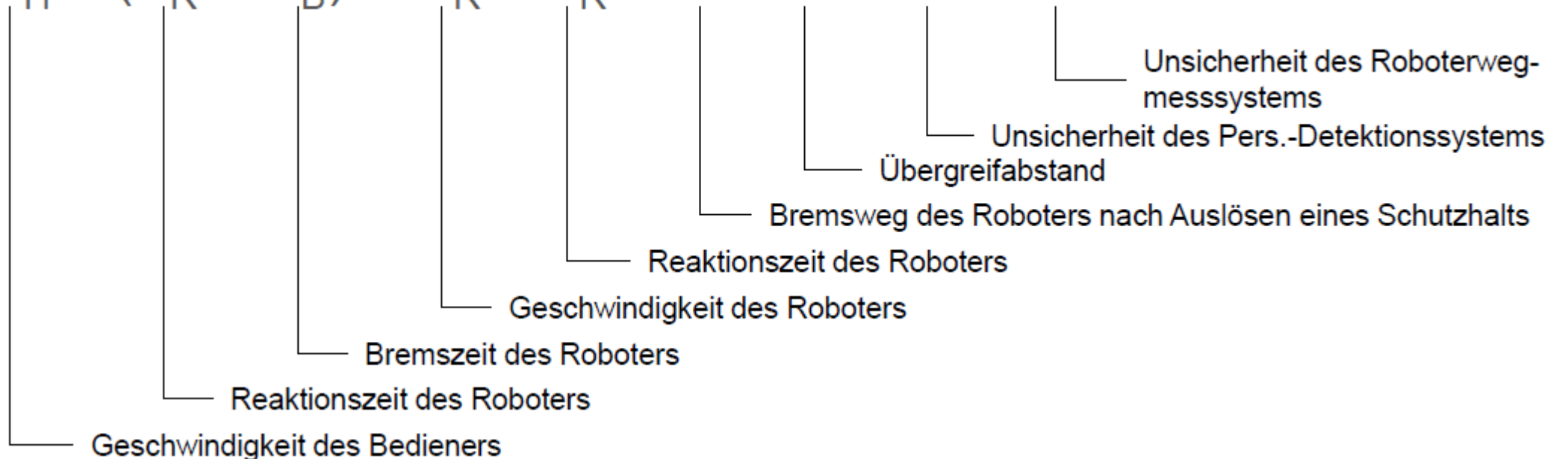
Abstände / Anhaltewege / Nachlauf

Berechnung nach EN 13855 / vormals EN 999:

$$S = (K * T) + C$$

- Sicherheitsabstand = S
- Annäherungsgeschwindigkeit K
- Gesamtreaktionszeit der Sicherheitskette T
- Reaktionszeit abhängig von dem optischen System C
(Eindringen in den Gefahrenbereich - z.B. Armlänge)
- optisch Auflösung

$$S = K_H \times (T_R + T_B) + K_R \times T_R + B + C + Z_s + Z_r$$



Abstände / Anhaltewege / Nachlauf

Berechnung nach EN 13855 / vormals EN 999:

$$S = (K * T) + C$$

- Sicherheitsabstand = S
- Annäherungsgeschwindigkeit K
- Gesamtreaktionszeit der Sicherheitskette T
- Reaktionszeit abhängig von dem optischen System C
(Eindringen in den Gefahrenbereich - z.B. Armlänge)
- optisch Auflösung

$$S = K_H \times (T_R + T_B) + K_R \times T_R + B + C + Z_s + Z_r$$

Geschwindigkeit des Bedieners

Reaktionszeit des Roboters

Bremszeit des Roboters

Geschwindigkeit des Roboters

Reaktionszeit des Roboters

Bremsweg des Roboters nach Auslösen eines Schutzhalts

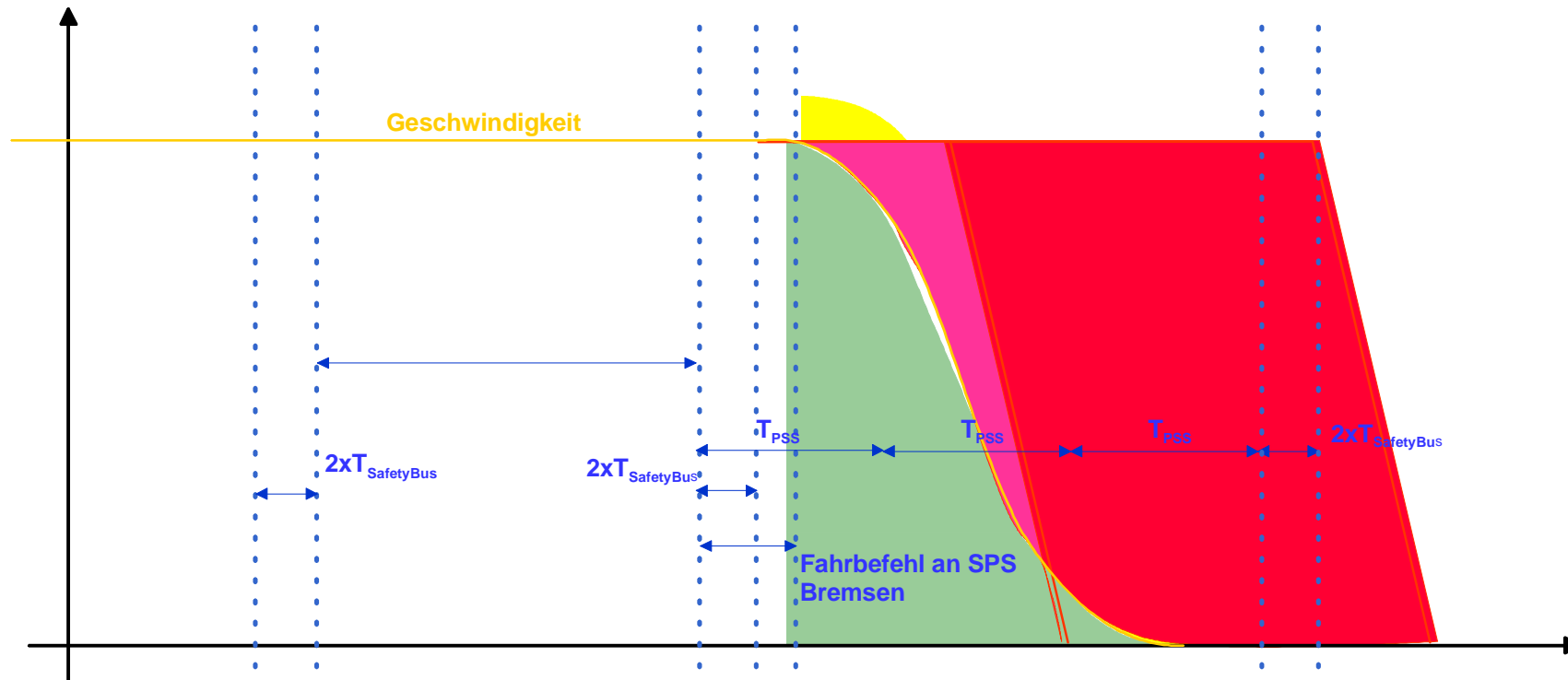
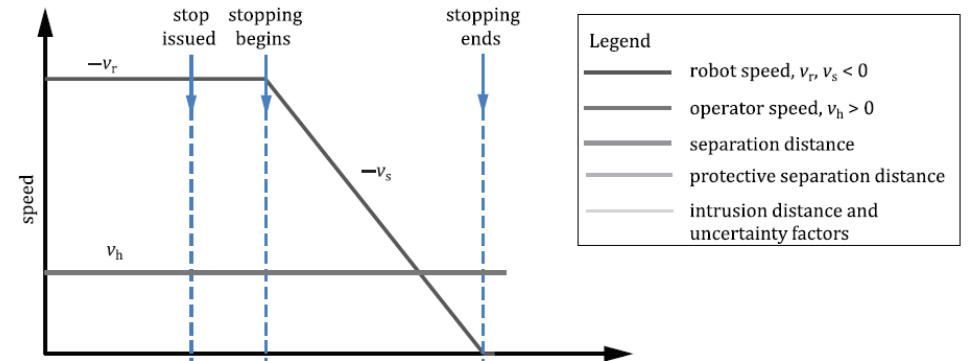
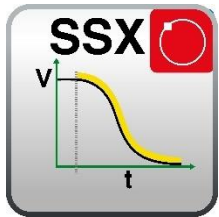
Übergreifabstand

Unsicherheit des Pers.-Detektionssystems

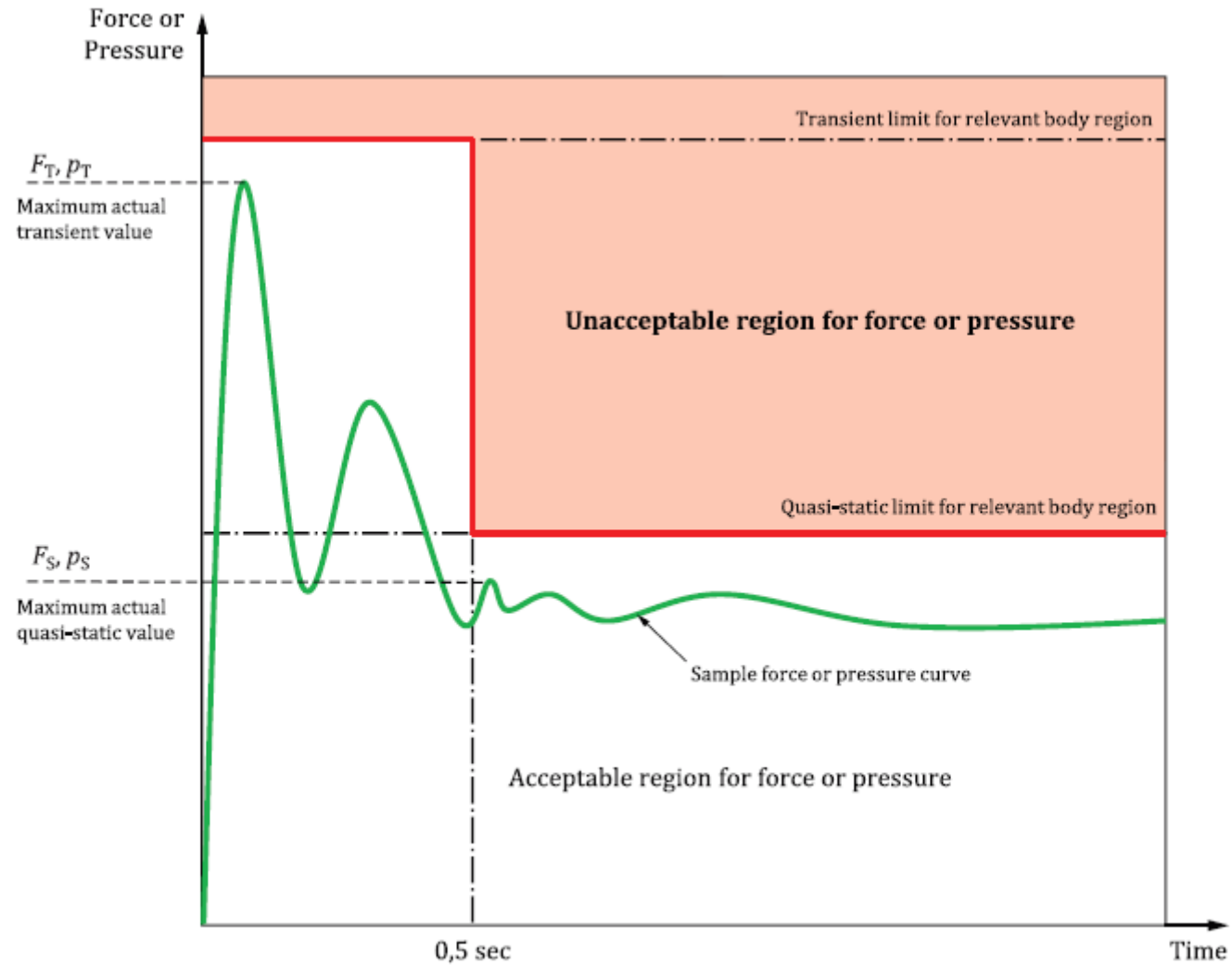
Unsicherheit des Roboterwegmesssystems

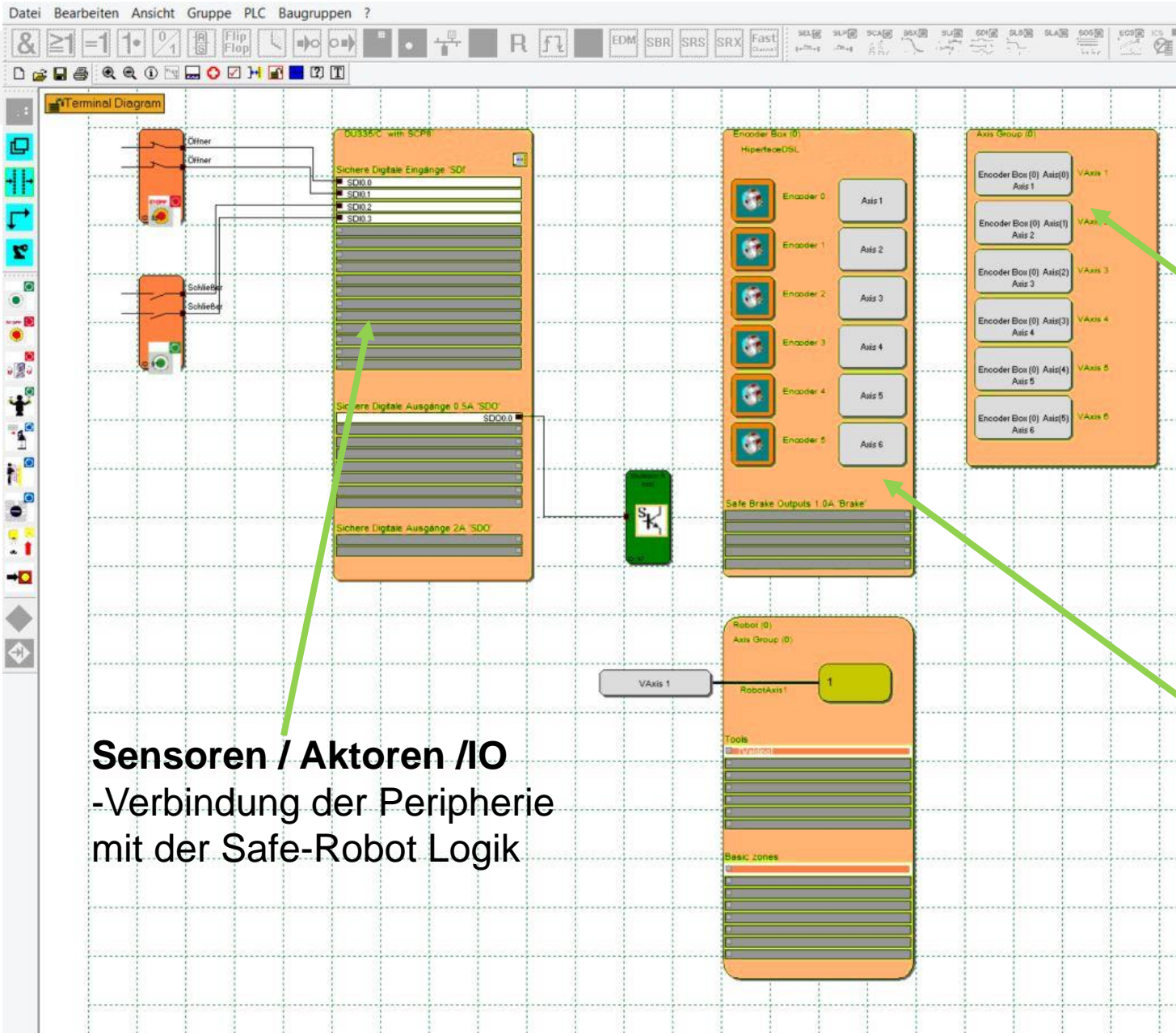


Sicherer Stopp [SS1,SS2]



Kräfte und Druck





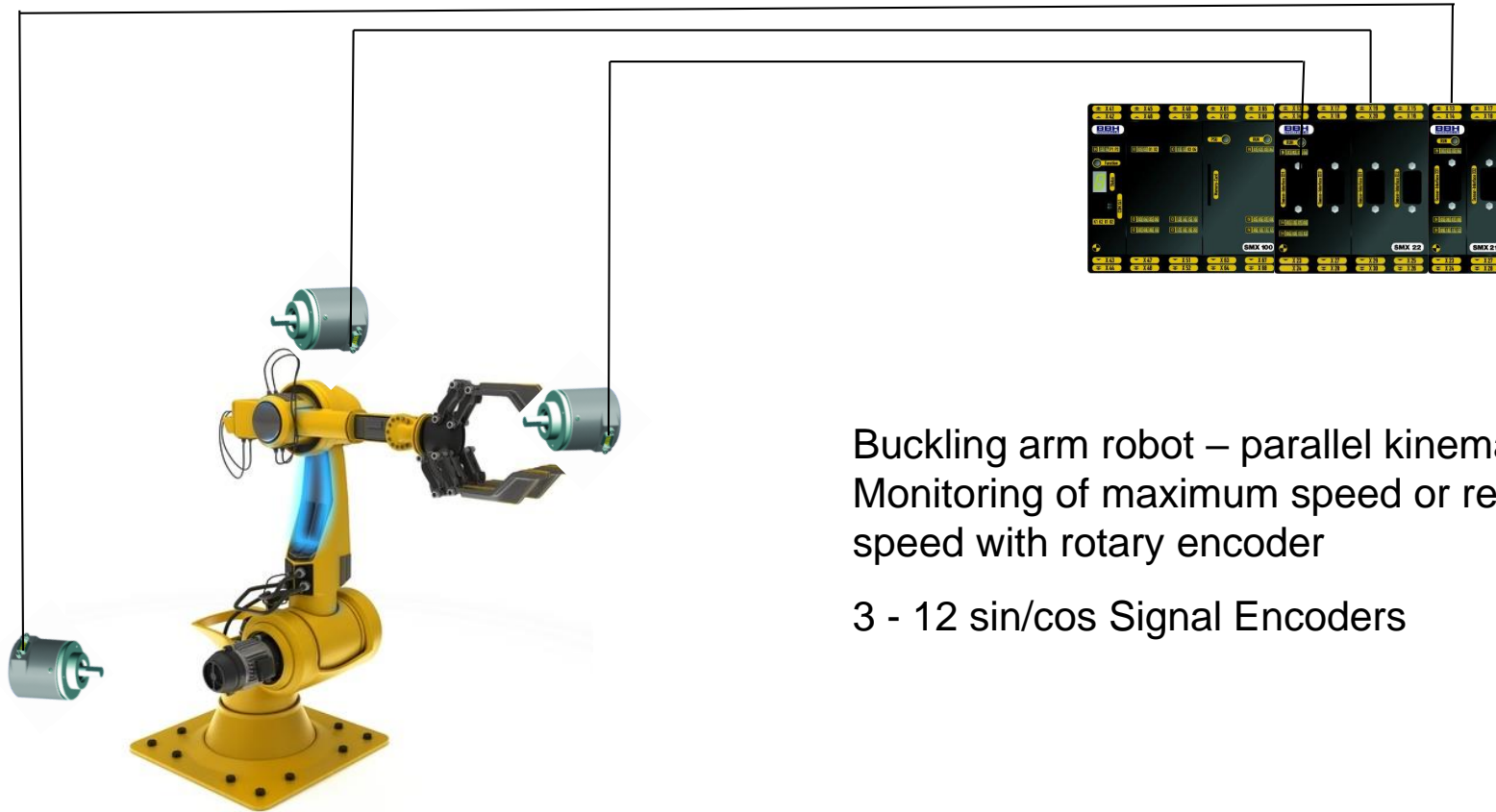
Sensoren / Aktoren / IO
 -Verbindung der Peripherie mit der Safe-Robot Logik

Gruppierung von Achsen
 -Zusammenwirkende Achsen sind definiert

Erfassung Achsen / Encoder
 -Resolver / Drehgeber werden an Encoder Erfassung verbunden und dimensioniert

Roboter wird definiert
 -Roboter als Einheit im Umfeld

Externe sichere Logik Einheiten



Buckling arm robot – parallel kinematics
Monitoring of maximum speed or reduced
speed with rotary encoder

3 - 12 sin/cos Signal Encoders

Virtuelle Schutzräume / sichere Geschwindigkeit

Device

Device type:

Device:

Axis Group

General robot parameters

Orientation type:

Number of robot axes:

Number of auxiliary:

Number of tools:

Number of basic:

Max. number of process:

Number of robot: (without considering tool guards)

Robot transformations

Base transformation | Start DH parameters | Flange DH parameters

with respect to the world coordinate

Position:

X mm

Y mm

Z mm

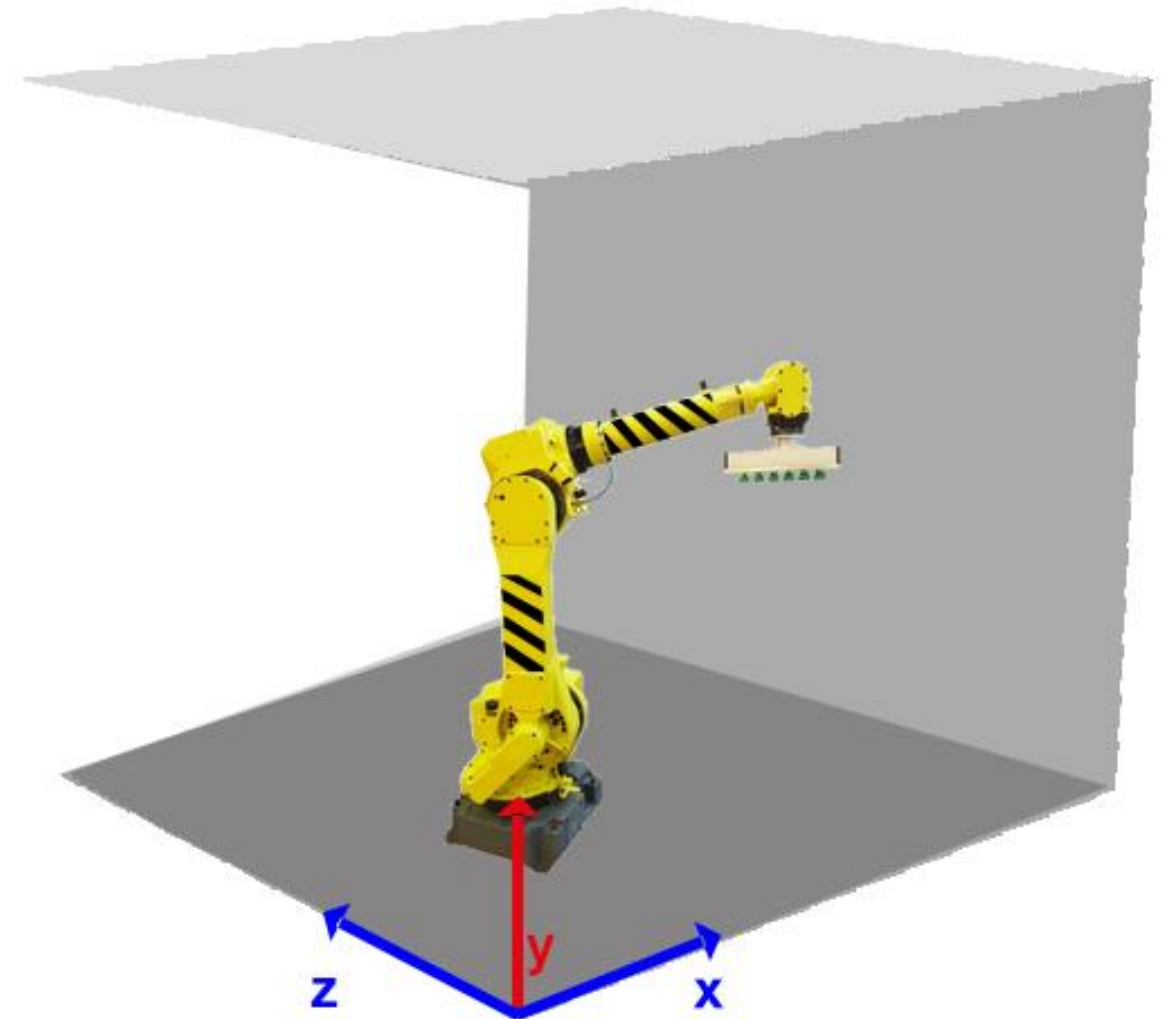
Orientation:

A °

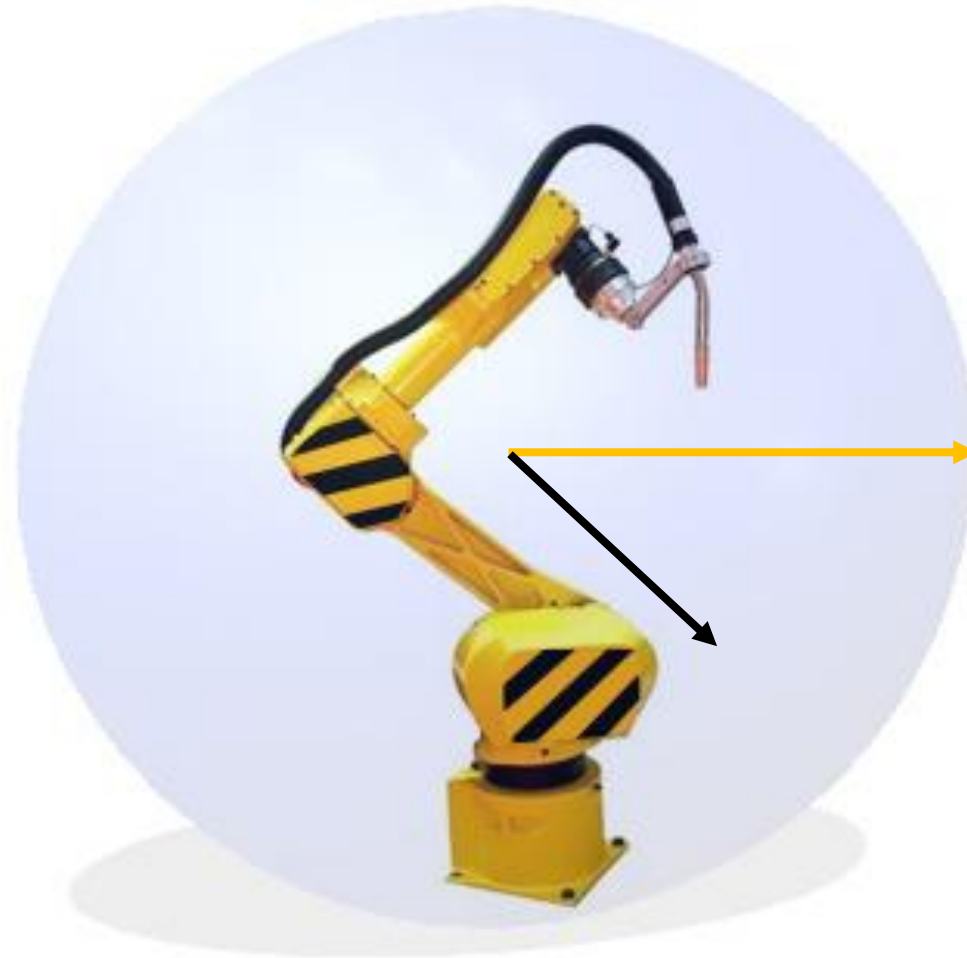
B °

C °

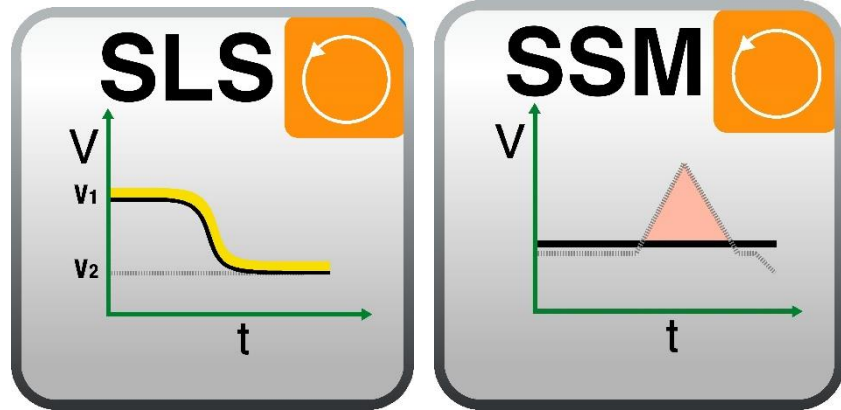
A,B,C = Cardan-angles (X-Y-Z)



Virtuelle Schutzräume / sichere Geschwindigkeit



[SLS] Sicher reduzierte Geschwindigkeit



Basic configuration

SLS ID:

Select robot

enable unconditioned

Speed limit
 mm/s

Select speed monitoring points (speed guards)

TCP Tool Robot axes Auxiliary axes

Number of monitored speed
(without considering tool guards)

Reset behavior

Reset 1 Reset 3 Reset 5
 Reset 2 Reset 4 Reset 6

Comment:

Vulnerabilität von elektronischen Sicherheitssystemen



Security



Quelle: Lambrechts Haac

Michael Duessel - Functional Safety Consultants Ltd

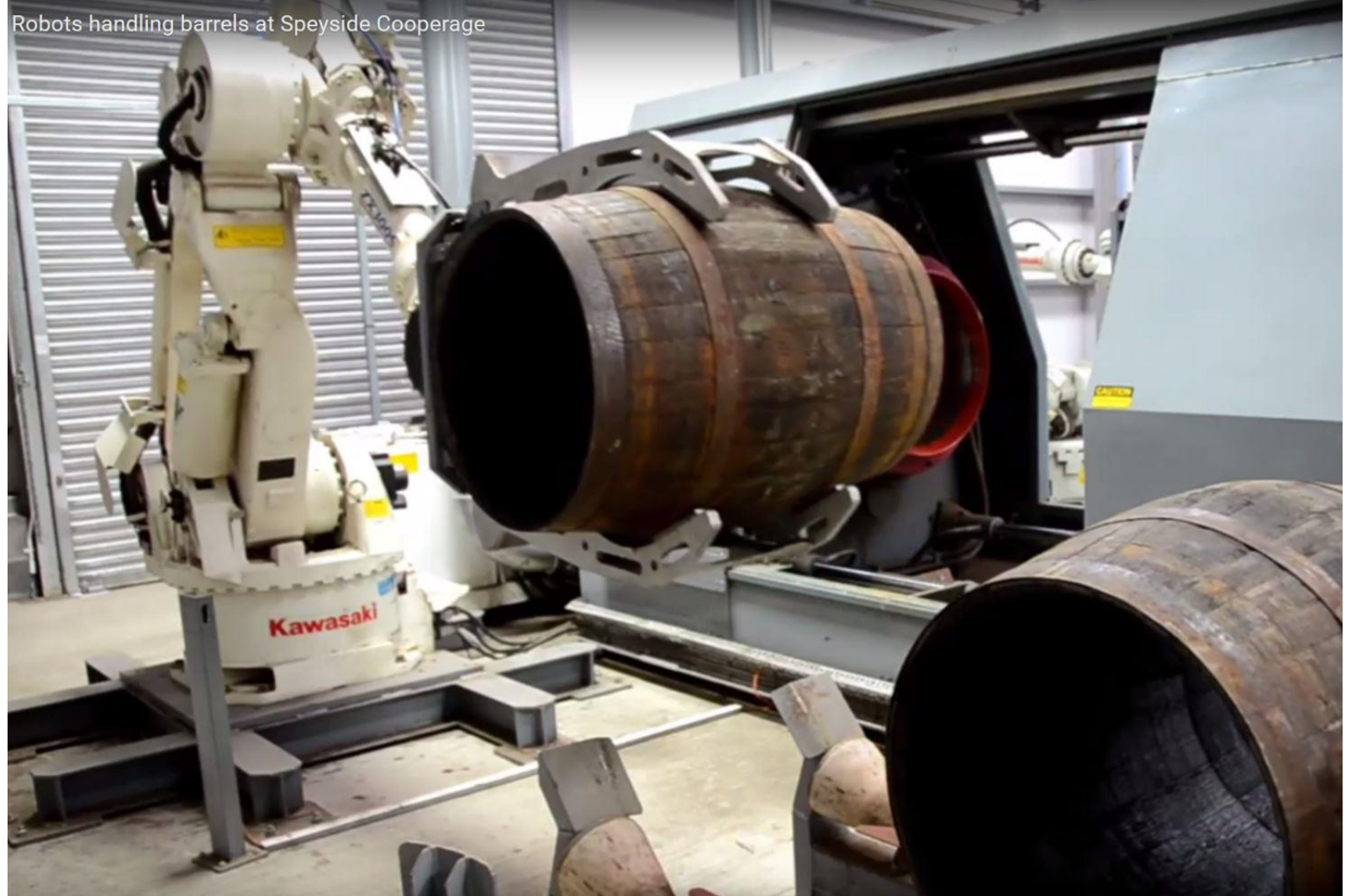


Quelle: GBO CERMEX



Quelle: RST Barbing

Security - der Quarterback Roboter

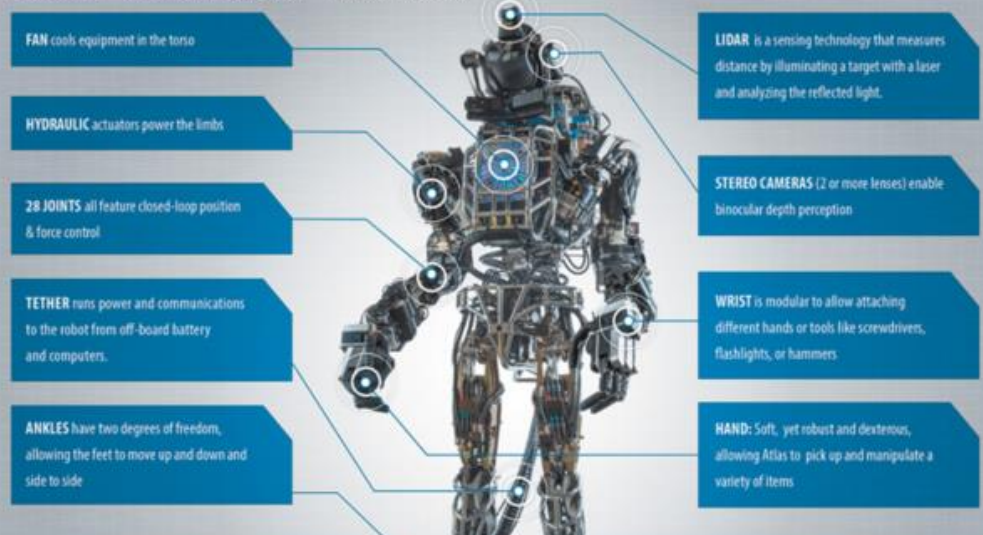


Boston Dynamics

WHAT GOES INTO A DISASTER-RESPONSE ROBOT?

The goal of the DARPA Robotics Challenge is to develop robots that can operate in spaces that are designed for humans, use tools that are built for humans, and can be controlled with only minimal training by people who are not robotics experts. Achieving these goals would mean that robots could be rapidly put to use assisting in human-led response to future emergencies.

NAME: ATLAS **WEIGHT: 330 LBS (150 KG)** **HEIGHT: 74" (1.88 M)**



Atlas is just one example of a disaster-response robot. Different robots in the DRC reflect different approaches and designs.

Vielen Dank!



Vielen Dank für Ihr Interesse....



Functional Safety Consultants Ltd.
Green Lanes 483
N13 4BS London
www.safe-motion.com

Ingenieurbüro für funktionale Sicherheit
Bürgermeister-Knorr-Straße 3
- Industriegebiet Brandweiher -
D - 92637 Weiden
info@sicherheitssteuerung.de