



safety SERVICE

# FUNKTIONALE SICHERHEIT

Praxishandbuch für EN ISO 12100 und EN ISO 13849-1&2  
und deren Anwendungen

Herausgeber: Wieland Electric GmbH  
Brennerstr. 10-14  
96052 Bamberg

Internet: [www.wieland-electric.com](http://www.wieland-electric.com)  
Telefon: 0951 / 9324-0  
Telefax: 0951 / 9324-198  
Email: [info@wieland-electric.com](mailto:info@wieland-electric.com)

## Inhalt

1	Vorwort .....	7
2	Einleitung .....	8
2.1	Sicherheitstechnik – Recht und Normen .....	8
2.2	Wie wird meine Maschine sicher? .....	10
2.3	Die Sicherheitsfunktion .....	11
3	Sicherheitsfunktionen .....	12
3.1	Türschalter, magn. – SS2 in PL d .....	12
3.2	NOT-Halt – einkanalig in PL c .....	23
3.3	NOT-Halt – zweikanalig in PL d .....	26
3.4	NOT-Halt – zweikanalig, Querschlusserkennung in PL e .....	29
3.5	Türschalter, mech. – einkanalig in PL c .....	33
3.6	Türschalter, mech. – zweikanalig äquivalent in PL c/d .....	36
3.7	Türschalter, mech. – zweikanalig antivalent in PL c/d .....	40
3.8	Türschalter, mech. & magnetisch – je einkanalig in PL e .....	44
3.9	Türschalter, magn. – zweikanalig, äquivalent in PL e .....	48
3.10	Türschalter, magn. – zweikanalig, antivalent in PL e .....	51
3.11	Türschalter, magn. und Trittmatte – querschließend in PL d .....	54
3.12	Bumper einkanalig – zwangsöffnend in PL d .....	58
3.13	Zweihand Typ III A in PL c .....	63
3.14	Zweihand Typ III C in PL e .....	66
3.15	Lichtvorhang/-gitter Typ 4 in PL e .....	69
3.16	NOT-Halt in Reihe – zweikanalig in PL d .....	72
3.17	NOT-Halt & Türschalter, mech. in Reihe, einkanalig in PL c .....	76
3.18	NOT-Halt & Türschalter, magn. in Reihe, zweikanalig in PL c .....	79
3.19	Türschalter, magn. in Reihe – zweikanalig in PL d .....	82
3.20	Türschalter, RFID in Reihe – zweikanalig, äquivalent in PL e .....	86
3.21	Türschalter, RFID & Not-Halt in Reihe (1) – Not-Halt –S1 in PL c .....	89
3.22	Türschalter, RFID & Not-Halt in Reihe (1) – Türe –B1 in PL e .....	93
3.23	Türschalter, RFID & Not-Halt in Reihe (1) – Türe –B2 in PL e .....	97
3.24	Türschalter, RFID & Not-Halt in Reihe (2) – Not-Halt in PL e .....	101
3.25	Türschalter, RFID & Not-Halt in Reihe (2) – Türe in PL e .....	105
3.26	Betriebsartenwahlschalter in PL e .....	109
3.27	Zustimmtaster in PL e .....	113
3.28	Türzuhaltung in PL d .....	117
4	Sicherheitsaspekte .....	121
4.1	Türen und andere Schutzeinrichtungen .....	121
4.2	Reset oder Restart .....	123
4.3	Not Halt Aspekte .....	124
4.4	LoTo (Lockout/Tagout ) .....	129
4.5	Fehlerrückmeldung .....	130
4.6	Fehlerverdeckung – Fault masking .....	131

4.7	Nicht sichere Elektronik und Software .....	135
4.8	Mensch-Roboter- „Kooperation/Kollaboration/Koexistenz“ (MRK).....	135
5	Tabellen & Formeln .....	137
5.1	Symbole .....	137
5.2	PL Ermittlung .....	139
5.3	DC Maßnahmen.....	146
5.4	Sicherheitsprinzipien.....	150
5.5	Gefährdungen (EN ISO 12100 Tabelle B.1).....	163
5.6	Schutzeinrichtungen .....	166
5.7	Aktorik .....	168
5.8	Biometrische Grenzwerte .....	173
6	Normen und Verweise .....	176
7	Hinweise .....	178
7.1	Copyright.....	178
7.2	Haftung .....	178
	Index .....	179

## Abbildungen

Abbildung 1: Europa – Normen und Gesetze.....	8
Abbildung 2: Übersicht wesentlicher Normen der Sicherheitstechnik.....	9
Abbildung 3: Risikobeurteilung .....	10
Abbildung 4: Risikograph der EN ISO 13849-1 .....	11
Abbildung 5: Direkte Fehlerverdeckung nach ISO/TR 24119 .....	134
Abbildung 7: Körpermodell (DIN ISO/TS 15066:2017).....	173
Abbildung 8: Biomechanische Grenzwerte (DIN ISO/TS 15066:2017).....	175



	PL	Kat	Reihenschaltung	Not-Halt	Zweihand	Zustimmtaster	Betriebsarten-Wahlschalter	Türschalter, mechanisch	Türschalter, magnetisch	Türschalter, RFID	Trittmatte / Bumper	Lichtgitter / Lichtvorhang	Türzuhaltung	Ventil Pneumatik, STO	Relais, STO	Frequenzumrichter, STO	Frequenzumrichter, SS2	Frequenzumrichter, SLS	Zeitverzögerung	Kapitel
NOT-Halt – einkanalig in PL c	c	1		X						X					X					3.2
NOT-Halt – zweikanalig in PL d	d	3		X												X				3.3
NOT-Halt – zweikanalig, Querschlusserkennung in PL e	e	4		X						X					X					3.4
Türschalter, mech. – einkanalig in PL c	c	1					X								X					3.5
Türschalter, mech. – zweikanalig äquivalent in PL c/d	c/d	4					X								X					3.6
Türschalter, mech. – zweikanalig antivalent in PL c/d	c/d	4					X								X					3.7
Türschalter, mech. & magnetisch – je einkanalig in PL e	e	4					X		X						X					3.8
Türschalter, magn. – zweikanalig, äquivalent in PL e	e	4							X						X					3.9
Türschalter, magn. – zweikanalig, antivalent in PL e	e	4							X						X					3.10
Türschalter, magn. – SS2 in PL d	d	3							X							X				3.1
Türschalter, magn. und Trittmatte – querschließend in PL d	d	4							X		X				X					3.11
Bumper einkanalig – zwangsöffnend in PL d	d	3									X									3.12
Zweihand Typ III A in PL c	c	1			X											X				3.13
Zweihand Typ III C in PL e	e	4			X										X					3.14
Lichtvorhang/-gitter Typ 4 in PL e	e	4										X					X			3.15
NOT-Halt in Reihe – zweikanalig in PL d	e	4	X	X											X					3.16
NOT-Halt & Türschalter, mech. in Reihe, einkanalig in PL c	c	1	X	X			X								X					3.17
NOT-Halt & Türschalter, magn. in Reihe, zweikanalig in PL c	c	1	X	X				X							X					3.18
Türschalter, magn. in Reihe – zweikanalig in PL d	d	3	X	X					X						X					3.19
Türschalter, RFID in Reihe – zweikanalig, äquivalent in PL e	e	4	X	X						X						X				3.20

Kapitel	3.21	3.22	3.23	3.24	3.25	3.26	3.27	3.28
Zeitverzögerung								X
Frequenzumrichter, SLS								
Frequenzumrichter, SS2								
Frequenzumrichter, STO						X	X	
Relais, STO	X	X	X	X	X			
Ventil Pneumatik, STO								
Türzuhaltung								X
Lichtgitter / Lichtvorhang								
Trittmatte / Bumper								
Türschalter, RFID	X	X	X	X	X			
Türschalter, magnetisch							X	
Türschalter, mechanisch								
Betriebsarten-Wahlschalter						X		
Zustimmtaster							X	
Zweihand								
Not-Halt	X	X	X	X	X			
Reihenschaltung	X	X	X	X	X			
Kat	1	4	4	3	4	4	3	2
PL	c	e	e	e	e	e	e	d
Türschalter, RFID & Not-Halt in Reihe (1) – Not-Halt –S1 in PL c								
Türschalter, RFID & Not-Halt in Reihe (1) – Türe –B1 in PL e								
Türschalter, RFID & Not-Halt in Reihe (1) – Türe –B2 in PL e								
Türschalter, RFID & Not-Halt in Reihe (2) – Not-Halt in PL e								
Türschalter, RFID & Not-Halt in Reihe (2) – Türe in PL e								
Betriebsartenwahlschalter in PL e								
Zustimmtaster in PL e								
Türzuhaltung in PL d								

## 1 Vorwort

Mit diesem Applikationshandbuch möchten wir Ihnen eine praxisnahe Hilfe beim Entwurf Ihrer Sicherheitslösungen bieten. Musterlösungen für die täglichen Anwendungen rund um Ihre Maschine helfen Ihnen dabei von unserer Erfahrung zu profitieren. Wieland ist seit 1910 in der elektrischen Verbindungstechnik tätig und damit ein Pionier in diesem Bereich. Als Hersteller von Sicherheitssteuerungen und Sicherheitssensorik kann Wieland auf eine über 30-jährige Erfahrung in diesen Bereichen zurückblicken. Unsere Experten in Schulung, Beratung und dem Technischen Support sind immer für Sie da. Nutzen Sie unser Wissen.

Die vorliegende Version 2 aktualisiert die Beispiele und nimmt neue Themen auf z.b. neue Aspekte der Not-Halt Thematik, Die Nutzung softwarebehafteter elektronischer Komponenten ohne Sicherheitseinstufung Lock Out Tag-Out, und MRK.

### Serviceleistungen direkt vor Ort

Wieland Electric unterstützt über den gesamten Lebenszyklus einer Maschine auch mit Serviceleistungen direkt vor Ort:

- Risikobeurteilung
- Verifikation und Validierung
- Inbetriebnahme Check
- Nachlaufmessung
- Wiederkehrende Prüfung von Lichtgittern
- Inspektion vor und während des Betriebs
- Programmierunterstützung
- Certified Functional Safety Expert (CFSE) for Electrical and Fluid Power Systems acc. EN ISO 13849 by SGS-TÜV Saar



### 2 Einleitung

#### 2.1 Sicherheitstechnik – Recht und Normen

Seit der Ratifizierung der Maschinenrichtlinie (MRL) im Jahre 1993 ist seitens der EU-Kommission der Rahmen in Europa klar gesteckt. Maschinen müssen sicher sein. Sicher bedeutet in diesem Zusammenhang, dass von Maschinen keine Gefährdungen für Mensch und Umwelt ausgehen dürfen. In einigen Bereichen wird der Rahmen sogar noch weiter gefasst und selbst die Produktionsmittel und die erzeugten Produkte dürfen nicht durch die Maschinen gefährdet werden. Seit dem Jahre 1993 hat die Maschinenrichtlinie einiges bewegt und wurde selbst auch mehrfach aktualisiert und angepasst. Die aktuell gültige Version ist die Richtlinie 2006/42/EG welche im EU-Amtsblatt unter der Nummer 2006 L 157/24 veröffentlicht wurde. Die Umsetzung dieser Richtlinie in nationales Recht der EU-Staaten erfolgt in jedem Land der EU auf unterschiedliche Art.

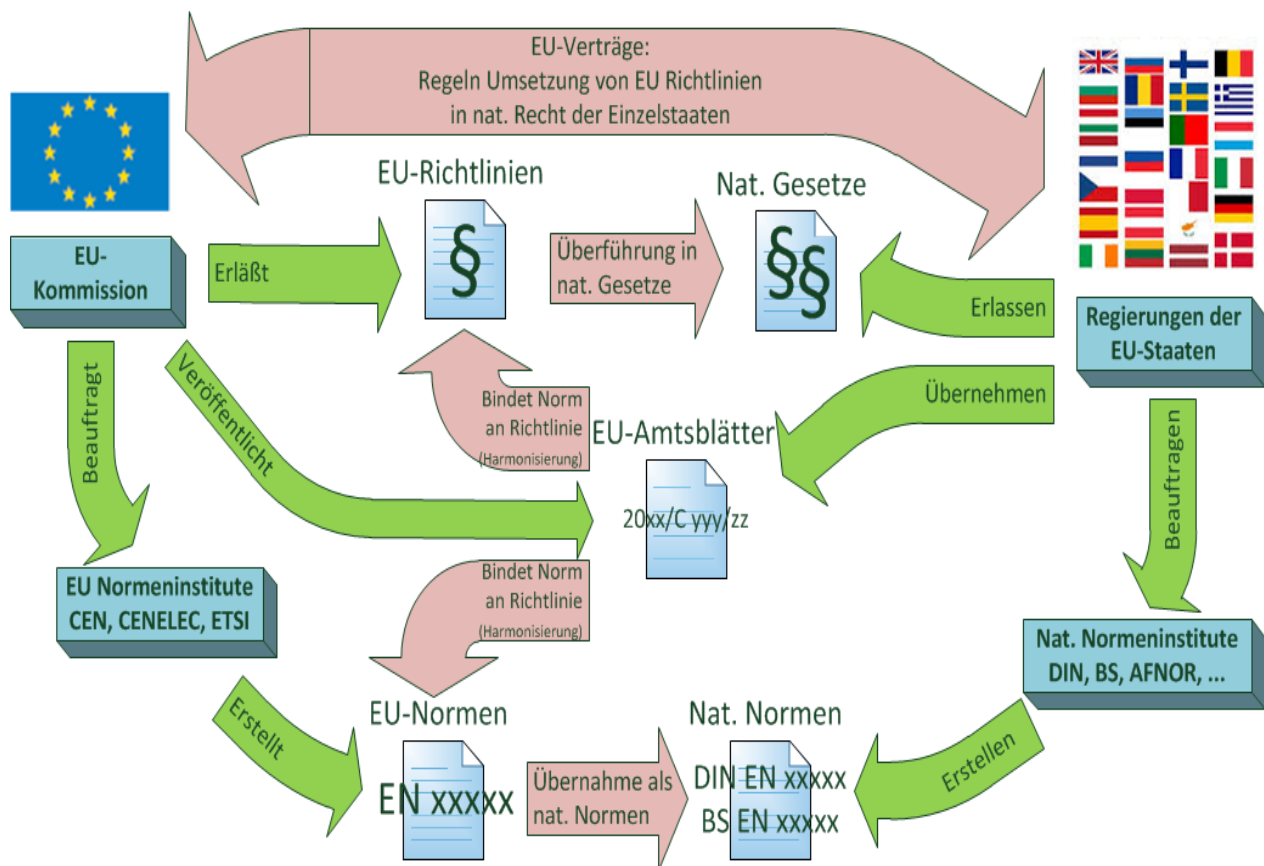


Abbildung 1: Europa – Normen und Gesetze

Gleich ist dabei immer der Inhalt, selbst wenn Form und Aufmachung sich unterscheiden. In Deutschland wird die Maschinenrichtlinie durch mehrere Gesetze und Verordnungen in nationales Recht umgesetzt. Von besonderer Bedeutung sind:

- Produktsicherheitsgesetz - ProdSG
- Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV

Auch wenn formal nur deutsche Gesetze in Deutschland von Bedeutung sind, ebenso wie in den anderen Staaten nur deren nationale Gesetze gelten, so ist es hilfreich zu wissen, dass alle EU Staaten inhaltsgleiche Gesetze haben, welche sich alle an der Maschinenrichtlinie orientieren. Es genügt also die europäische Richtlinie zu kennen und zu befolgen um auch in den anderen EU Staaten die wichtigsten Rechtsanforderungen zu erfüllen.



Als besonders hilfreich erweist sich die europäische Besonderheit der harmonisierten Normen. In Europa können Normen mittels einer amtlichen Mitteilung, dem EU-Amtsblatt, an Richtlinien gebunden werden. Damit erhält der Anwender der entsprechenden Norm Rechtssicherheit. Wer eine harmonisierte Norm verwendet kann davon ausgehen, dass er sich rechtskonform im Rahmen des Geltungsbereichs der Norm verhält. Normen werden damit zwar nicht zu technischen Gesetzen insbesondere, weil immer auch andere als die in den Normen beschriebenen Lösungen möglich sein müssen, aber wer die Normen erfüllt braucht sich nicht mehr um den Gesetzestext sorgen. Derzeit sind allein zur Maschinenrichtlinie fast 800 Normen als harmonisiert gelistet, insbesondere für viele gefährliche Maschinen. Von den allgemeinen Normen sind sicher die wichtigsten Vertreter die EN ISO 12100 und EN ISO 13849-1 welche im folgende näher erläutert werden. Da sich die Recherche von Normen für viele mangels Zugriff auf Normendatenbanken als schwierig erweist, mag die beigefügte Normenübersicht zumindest für Typ-B Normen, die sich auf Gefährdungen, Aspekte und Technologien beziehen, als hilfreich erweisen. Man sollte sich dabei auch stets bewusst sein, dass Normen einem kontinuierlichen Aktualisierungsprozess unterworfen sind. Typische Aktualisierungszeiträume liegen bei 3 bis 5 Jahren, weshalb eine regelmäßige Prüfung der Aktualität der verwendeten Normen dringend angeraten ist. Eine der wenigen kostenfreien und immer aktuellen Recherchequellen stellen dabei die Online-Shops der Normenverlage wie Beuth (<http://www.beuth.de/de>), ISO (<http://www.iso.org/iso/home/store>) oder IEC (<https://webstore.iec.ch>) dar, auch wenn diese nicht wirklich für diesen Zweck entworfen wurden.

Abbildung 2: Übersicht wesentlicher Normen der Sicherheitstechnik

Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsleitsätze – Risikobeurteilung und Risikominderung EN ISO 12100 (TYP-A STANDARD)					
Typ-B Standards bezogen auf: Gefährdungen			Typ-B Standards bezogen auf: Aspekte und Technologien		
<b>LÄRM</b>	<b>SUBSTANZEN</b>	<b>VIBRATION &amp; SHOCK</b>	<b>ABMESSUNGEN &amp; ABSTÄNDE</b>	<b>ENERGIE-VERSORGUNG</b>	<b>SICHERHEITS-GERÄTE</b>
Emissions-Schalldruckpegeln EN ISO 11200 bis 11205	Bewertung der Emission von luftgetragenen Gefahrstoffen ISO 29042 Serie	Ganz-Körper Vibration ISO 2631 Serie	Mindestabstände zur Vermeidung des Quetschens EN ISO 13854	Elektrische Ausrüstung EN 60204-1	Trennende Schutzeinrichtungen EN ISO 14120
Schalleistungspegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen EN ISO 3741, 3743-1, 3744, 3745, 3746, 3747	Reduzierung des Gesundheitsrisikos durch Gefahrstoffe ISO 14123-1 & -2	Hand-Arm Vibration EN ISO 13753	Anordnung von Schutzeinrichtungen EN ISO 13855	Pneumatikanlagen EN ISO 4414	Verriegelungseinrichtungen EN ISO 14119
Schalleistungspegel von Geräuschquellen aus Schallintensitätsmessungen EN ISO 9614 Serie	Hygieneanforderungen EN ISO 14159	Handgeführte Maschinen EN ISO 20643	Sicherheitsabstände EN ISO 13857	Hydraulikanlagen EN ISO 4413	Reihenschaltung von trennenden Schutzeinrichtungen EN ISO/TR 24119
Schalldämmung von Schallschutzkapseln EN ISO 11546 Serie	<b>THERMISCHE GEFÄHRDUNGEN</b>	<b>ERGONOMIE</b>	Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen EN ISO 14122 Serie	<b>STEUERUNGSSYSTEME</b>	2-Hand Bediengeräte EN ISO 13851
Messung der Schalldämmung von Schallschutzkabinen EN ISO 11957	Menschliche Reaktionen bei Kontakt mit Oberflächen EN ISO 13732-1 & 3	Zugangsöffnungen EN ISO 15534	<b>ALARME &amp; WARNUNGEN</b>	Vermeidung unerwarteter Wiederanlauf EN ISO 14118	Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen EN 61496 Serie
Angabe und Nachprüfung von Geräuschemissionswerten EN ISO 4871	<b>BRAND</b>	Anthropometrische Anforderungen an die Gestaltung von Maschinenarbeitsplätzen EN ISO 14738	Sicherheitsfarben und Sicherheitszeichen ISO 3864-1	Gestaltung Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen EN ISO 13849-1	Schutzausrüstungen zur Anwesenheitserkennung von Personen EN 62046
	Brandschutz EN ISO 19353	Computer-Manikins und Körperumriss-schablonen EN ISO 15536-1	Registrierte Sicherheitszeichen EN ISO 7010	Validierung Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen EN ISO 13849-2	Druckempfindliche Schutzeinrichtungen EN ISO 13856 Serie
	<b>ELEKTRISCHE GEFÄHRDUNGEN</b>	<b>GEFÄHRDUNGEN DURCH STRAHLUNG</b>	Akustische Gefahrensignale EN ISO 7731	Not-Halt EN ISO 13850	<b>VERBUNDENE MASCHINEN</b>
	Schutz gegen elektrischen Schlag EN 60204-1	Laser und Laseranlagen EN ISO 11145	Sichtbare, hörbare und tastbare Signale EN 61310-1		Integrierte Fertigungssysteme EN ISO 11161

## Wie wird meine Maschine sicher?

### 2.2 Wie wird meine Maschine sicher?

Grundlage für jegliche Sicherheitstechnik ist die Risikobeurteilung der Maschine. Dabei helfen harmonisierte Normen für die jeweilige Maschine, sogenannte C-Normen. Gibt es keine C-Norm, oder ist diese nicht für alle Aspekte der Maschine anwendbar, so kommt die EN ISO 12100 zum Einsatz. Hierin wird erläutert wie die Grenzen der Maschine festgelegt werden, welche Gefährdungen zu berücksichtigen sind und wie die Risikoeinschätzung und Risikobewertung zu erfolgen hat (siehe Abbildung 3).

Die Risikobewertung erfolgt dabei typischerweise anhand eines Risikographen. Der bekannteste Risikograph ist hierbei sicherlich der Risikograph der EN ISO 13849-1, (siehe Abbildung 4 auf Seite 11) welcher lediglich eine grobe Klassifizierung von Schwere der Verletzung, Häufigkeit der Gefährdungsexposition und Vermeidbarkeit vornimmt. Andere Risikographen sind gleichberechtigt einsetzbar.

Erst in einem zweiten Schritt erfolgt die Risikominderung. Wichtig ist es hierbei zu berücksichtigen, dass die Maßnahmen der Risikominderung eine eindeutige Priorität haben. Laut EN ISO 12100 gilt, dass die inhärent sichere Konstruktion immer zuerst verwendet werden muss. Derartige Lösungen sind in aller Regel auch die kostengünstigsten. Kann mittels inhärent sicherer Konstruktion das Risiko nicht hinreichend vermindert werden, so können technische Schutzmaßnahmen zum Einsatz kommen. Diese sind dann auch in ihrer Wirksamkeit und Eignung unter Anwendung der EN ISO 13849 zu bewerten. Nur wenn auch mit technischen Maßnahmen das Risiko nicht hinreichend reduziert werden kann dürfen Benutzerinformationen als letzte Option verwendet werden. Diese sind dann allerdings recht umfangreich, denn dann gilt es Möglichkeiten eines sicheren Betriebes ausführlich zu dokumentieren und die Benutzer entsprechend auszubilden.

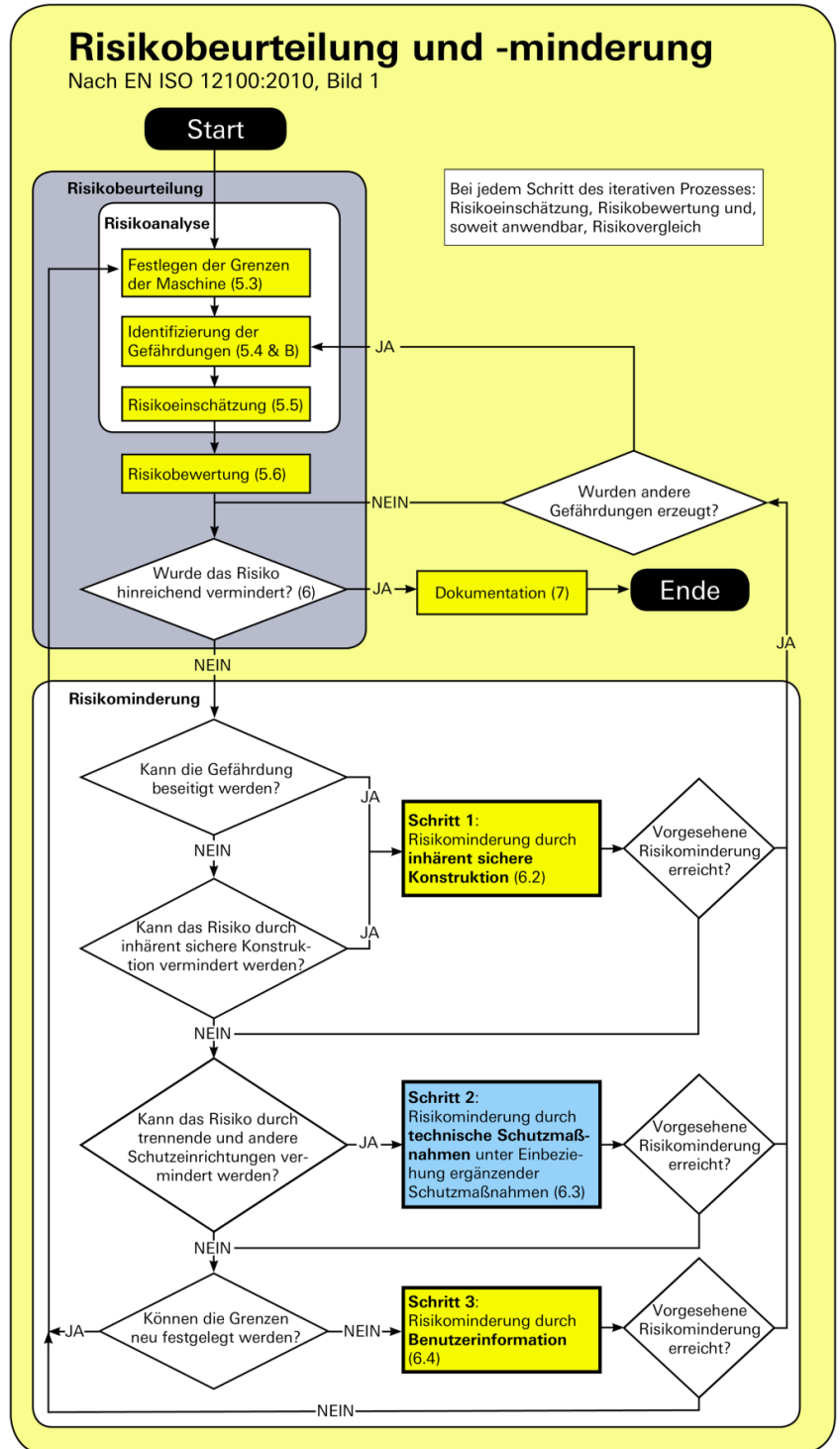


Abbildung 3: Risikobeurteilung

### 2.3 Die Sicherheitsfunktion

Sind die Risiken bekannt und bewertet und sollen diese mittels technischer Schutzmaßnahmen für die Absicherung reduziert werden, so kommt die EN ISO 13849-1 zu Einsatz. Der erste Schritt bei der Umsetzung ist hierbei stets die Formulierung der Sicherheitsfunktion, auch häufig mit der Abkürzung SRP/CS (Safety related part of a control system) bezeichnet. In Praxis wird hier oft der Term „Subsystem“ benutzt. Die Sicherheitsfunktion muss dabei so gewählt werden, dass das Risiko auf ein akzeptables Maß reduziert wird. Bei der Formulierung der Sicherheitsfunktion hilft es das *auslösende Ereignis*, die *Reaktion* und den *sicheren Zustand* klar zu benennen. In aller Regel wird die Sicherheitsfunktion mittels mehrerer Elemente realisiert. Typisch ist dabei eine dreistufige Umsetzung. Die Erfassung der Situation geschieht mittels einer Sensorik welche den gefährlichen Zustand erkennt. Diese ist in der EN ISO 13849-1 als *Input* bezeichnet. Die logische Verarbeitung erfolgt in der *Logik*. Die Reaktion wird durch den *Output* bzw. die Aktorik umgesetzt und führt zum sicheren Zustand. Die einzelnen Elemente kommen meist nicht nur in einer sondern in mehreren Sicherheitsfunktionen zum Einsatz. So kann beispielsweise derselbe Schütz für die sicherheitsgerichtete Abschaltung einer Not-Halt Sicherheitsfunktion oder einer Sicherheitsfunktion welche den Zutritt zu einem Risiko überwacht verwendet werden. Ebenso kommt meist dieselbe Sicherheitslogik in beiden Fällen zum Einsatz. Lediglich der *Input* wird in diesen beiden Fällen unterschiedlich sein, nämlich mal ein Not-Halt Schalter, mal ein Lichtgitter oder Lichtvorhang.

Die in diesem Handbuch gezeigten Applikationen zeigen jeweils eine komplette Sicherheitsfunktion, der Fokus ist aber je nach Beispiel mal auf der *Input*- oder *Output*-Seite. Sofern die Anzahl der Ein- und Ausgänge nicht das begrenzende Element ist und für die Diagnose der Sensoren und Aktoren keine besonderen Anforderungen gestellt werden, sind die meisten Beispiele problemlos variierbar, indem einfach die gewünschten Eingangs- und Ausgangsbaugruppen passend zusammengestellt werden. Wo immer möglich wird auf konkrete Produkte Bezug genommen. Demnach sind die Sicherheitskenndaten als Beispiele zu verstehen. Anders als in manchen Normen oder Beispielsammlungen werden Anforderungen die durch den Maschinenbauer zu erfüllen sind explizit benannt. Dies betrifft vor allem Fehlerausschlüsse und deren Bedingungen.

Die sicherheitstechnischen Berechnungen werden typischerweise mit Berechnungstools wie z.B. Sistema durchgeführt, weshalb in diesem Dokument diese keine besondere Betrachtung erhält, sondern lediglich die zur Berechnung erforderlichen Eingabeparameter genannt werden. Alle Beispiele sind als Sistema Projekte separat zum Download (<http://wie.li/safetytools>) erhältlich.

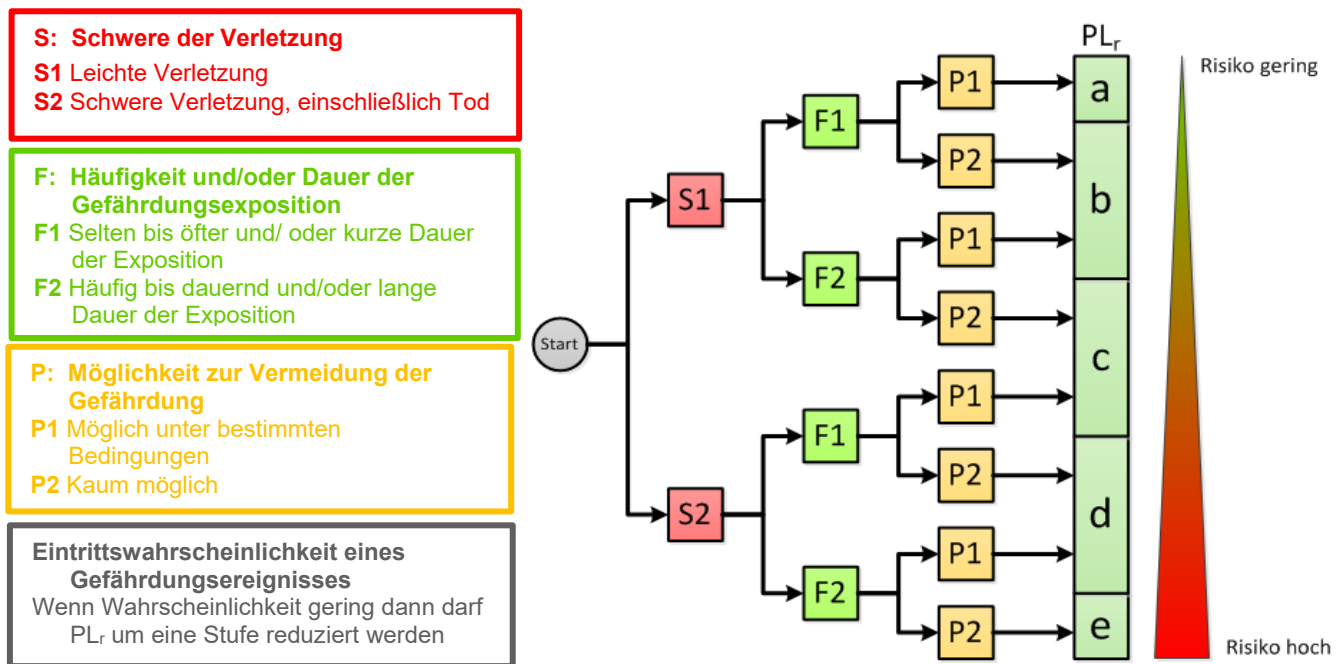


Abbildung 4: Risikograph der EN ISO 13849-1

Weil die einzelnen Beispiele der Sicherheitsfunktionen bewusst kompakt gehalten sind, ist ein etwas umfangreiches Beispiel in 3.1, mit allen zugehörigen Schritten, vorweg dargestellt. Außerdem ist es leider

## Türschalter, magn. – SS2 in PL d

unmöglich alle Kombinationen von Sensorik, Logik und Aktorik abzubilden. Normalerweise lassen sich aber die jeweiligen Aspekte aus mehreren der im Folgenden genannten Beispiel-Sicherheitsfunktionen mit wenig Aufwand zusammenführen, indem die einzelnen Subsysteme für Sensorik, Logik und Aktorik passend kombiniert werden. Es kann also meist problemlos die Sensorik einer Sicherheitsfunktion mit der Aktorik einer anderen Sicherheitsfunktion kombiniert werden. Eine Übersicht der einzelnen Funktionen, sowie deren Hauptaspekte, findet sich in *Übersicht der Sicherheitsfunktionen* auf Seite 5.

### 3 Sicherheitsfunktionen

#### 3.1 Türschalter, magn. – SS2 in PL d

##### 3.1.1 Problemstellung

In einem Arbeitsbereich kann der Antrieb zu einer Gefährdung für die Arbeiter führen. Daher ist der Arbeitsbereich mit Schutzzaun und einer Schutztüre mit Türsensor –B1 abgesichert. Da die Kalibrierung der Antriebsposition zeitaufwändig ist soll statt einer Energiefreischaltung ein sicherer Stopp unter Energie (SS2) zum Einsatz kommen. Hierzu kommt ein Frequenzumrichter –T1 mit integriertem SS2 zum Einsatz. Zur korrekten Funktion benötigt der Frequenzumrichter eine Positionsinformation des Antriebs welche mittels eines Drehgebers –B11 ermittelt wird. Als Sicherheitslogik wird Sicherheitssteuerung –K1 verwendet.

##### 3.1.2 Sicherheitsfunktion

<b>Sicherheitsfunktion</b>	Durch Öffnen der Türe –B1 wird der Antrieb –T1 kontrolliert (geführt) still gesetzt. Der sichere Zustand ist erreicht, wenn die Antriebsachse in der aktuellen Position verharrt
<b>Auslösendes Ereignis</b>	Öffnen der Schutztüre –B1
<b>Reaktion</b>	Aktivierung der Sicherheitsfunktion SS2 im Antriebsregler –T1 und Verhinderung des unbeabsichtigten Anlaufs
<b>Sicherer Zustand</b>	Sicheres Stillsetzen des Antriebs und Halten der Position.

##### 3.1.3 Beschreibung

<b>Funktion</b>	Durch Öffnen der Schutztüre –B1 wird: <ul style="list-style-type: none"><li>• der Eingangskreis am Sicherheitsschaltgerät –K1 wird unterbrochen</li><li>• der Frequenzumrichter –T1 aktiviert SS2</li><li>• der Frequenzumrichter –T1 überwacht mittels Drehgeber –B11 den Stillstand</li><li>• im Fehlerfall löst der Frequenzumrichter –T1 einen STO aus.</li></ul>
<b>Manuelle Rückstellungsfunktion (Manual reset)</b>	Da ein Hintertreten der Schutztüre –B1 nicht möglich ist geschieht die manuelle Rückstellungsfunktion der Sicherheitsfunktion durch Schließen der Türe –B1.
<b>Start-/Wiederanlaufsfunktion (Restart)</b>	Die Start/Wiederanlaufsfunktion geschieht automatisch mit dem Schließen der Türe geschehen oder über einen getrennten Start Befehl.

### 3.1.4 Sicherheitsbetrachtung

<b>Sensorik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erdschlüsse und Querschlüsse im Eingangskreis werden durch Testimpulse auf den Sensorleitungen durch –K1 erkannt.</li> <li>• Diagnose mittels „Kreuzvergleich mit Dynamisierung und hochwertiger Fehlererkennung“ durch –K1. DC = 99%</li> <li>• Synchronzeitüberwachung zwischen den Eingangskreisen -K1:I1 und –K1:I2</li> </ul>
<b>Aktorik</b>	Eine besondere Überwachung der Aktorik ist nicht erforderlich da es sich um ein zertifiziertes Sicherheitsbauteil handelt.

### 3.1.5 Häufigkeiten

Die Häufigkeiten für Betrieb und Zutritt zum Gefahrenbereich sind zu ermitteln.

<b>Betriebstage pro Jahr</b>	d <sub>op</sub>	<b>365</b>
<b>Betriebsstunden /Tag</b>	h <sub>op</sub>	<b>16</b>
<b>Abstand zwischen zwei Zutritten in den Gefährdungsbereichs in Stunden</b>	t <sub>Zyklus</sub>	<b>4</b>

### 3.1.6 Bestimmung des Performance Level PL<sub>r</sub>

Der PL<sub>r</sub> wird anhand des Risikographen der EN ISO 13849-1 gemäß Abbildung 4 (Seite 11) ermittelt. Für die Parameter für die ein niedriges Risiko angenommen wird, sollte eine ausführliche Begründung erfolgen. Teilweise legen Produktnormen (C-Normen) den PL<sub>r</sub> sowie die einzusetzende Kategorie bereits fest. In diesen Fällen sollte dies dokumentiert werden.

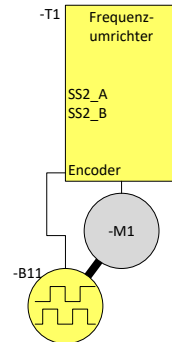
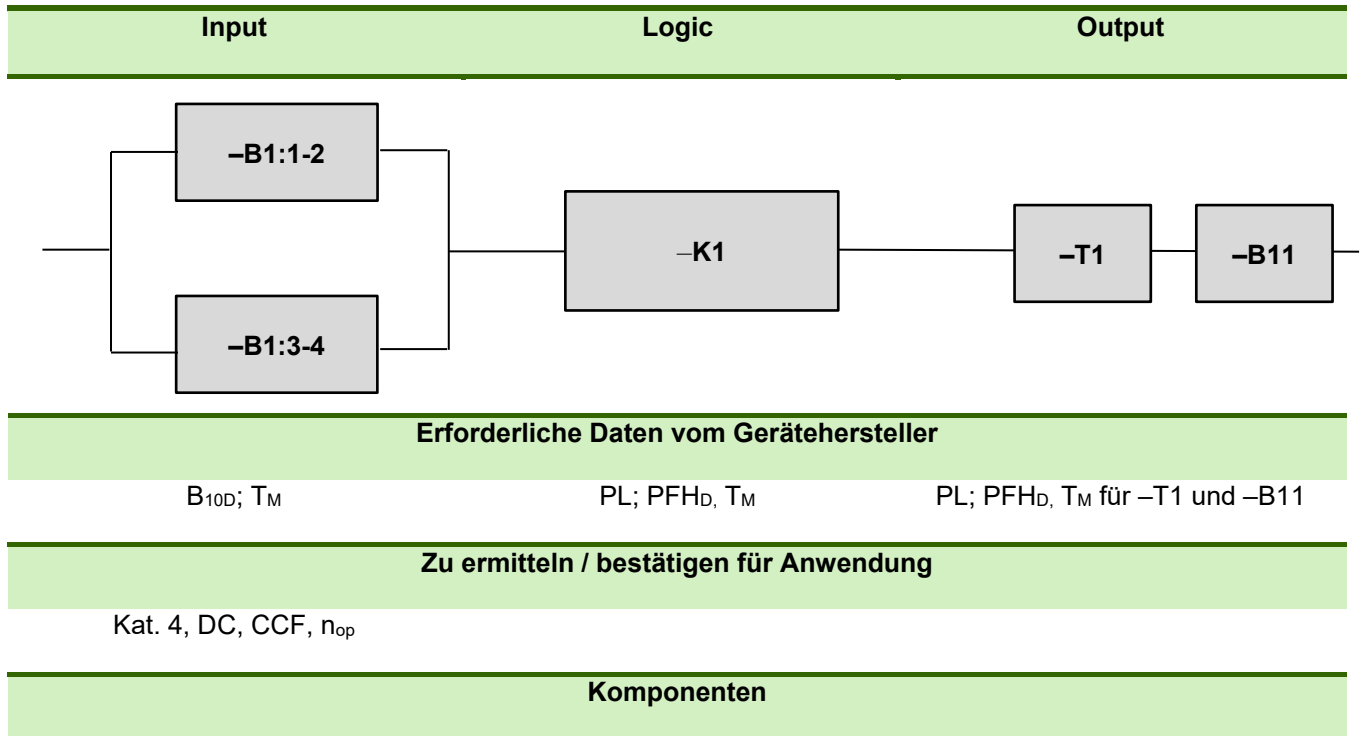
<b>PL<sub>r</sub></b>	PL d
<b>Begründung für die Wahl der Parameter</b>	F1: Eine Häufigkeit von alle 4 Stunden wird als selten angesehen. Eine Störungsbeseitigung dauert nur wenige Minuten (< 5 Minuten).
<b>Gibt es Kategorie Anforderungen aus C-Normen</b>	Nein

# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, magn. – SS2 in PL d

## 3.1.7 Realisierung



Auswahl der benötigten Komponenten für die Sicherheitsfunktion und Modellierung des Ersatzschaltbildes:



## Türschalter, magn. – SS2 in PL d

### 3.1.8 Produkte

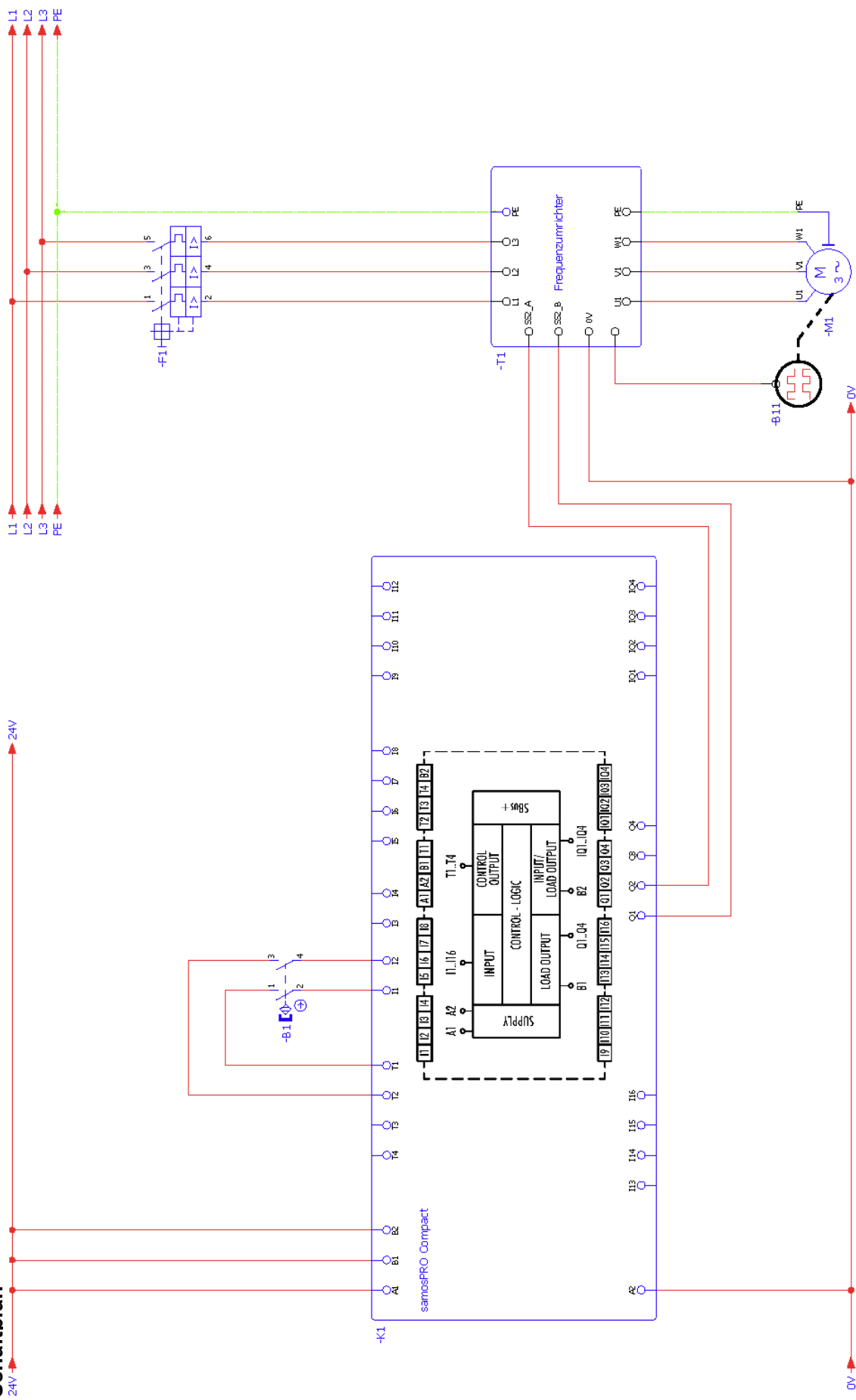
Ermittlung der Kenndaten für die verwendeten Komponenten anhand der Herstellerdokumentation.

	Produkt
 <b>B1</b>	<p>Verriegelungseinrichtung Bauart 3 (Türschalter mit magnetischer Wirkweise) <b>sensor</b> PRO: SMA01xx Bestellnummer: R1.100.0113.0</p> <p>Kenndaten:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <math>B_{10D} = 10.000.000</math></li><li>• <math>T_M = 20</math> Jahre</li></ul>
 <b>-K1</b>	<p>Programmierbare Sicherheitssteuerung <b>samos</b> PRO: SP-COP2 Bestellnummer: R1.190.1310.0</p> <p>Kenndaten:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• PL = PL e</li><li>• <math>PFH_D = 1,3 \times 10^{-9}</math></li><li>• <math>T_M = 20</math> Jahre</li></ul>
<b>-T1</b>	<p>Sicherer Frequenzumrichter mit integrierter Diagnose und einer Bewertung als PL e. Integrierte Sicherheitsfunktion SS2.</p> <p>Kenndaten:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• PL = PL e</li><li>• <math>PFH_D = 7,79 \times 10^{-10}</math></li><li>• <math>T_M = 20</math> Jahre</li></ul>
<b>-B11</b>	<p>Sicherer Drehgeber (zum Anschluss an -T1)</p> <p>Kenndaten:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• PL = PL d</li><li>• <math>PFH_D = 2,16 \times 10^{-8}</math></li><li>• <math>T_M = 20</math> Jahre</li></ul>

# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, magn. – SS2 in PL d

## 3.1.9 Schaltplan





### 3.1.10 Ermittlung des $MTTF_D$ der einzelnen Kanäle des Subsystems Input basierend auf der Nutzungshäufigkeit

Für Komponenten bei denen der Verschleiß abhängig von der Nutzungshäufigkeit ist wird der  $MTTF_D$  über den  $B_{10D}$  ermittelt.

Komponente	Türschalter –B1		
Herstellerdaten	$B_{10D}$	10.000.000	Zyklen
	$T_M$	20	Jahre
Häufigkeiten	$d_{op}$	365	Tage
	$h_{op}$	16	Stunden/Tag
	$t_{zyklus}$	4	Stunden
		14.400	Sekunden
$n_{op}$ ermitteln	$n_{op}$	$n_{op} = \frac{d_{op} \cdot h_{op}}{t_{zvklus}} \cdot 3600 \frac{s}{h}$	
		1.460	
$MTTF_D$ ermitteln	$MTTF_D$	$MTTF_D = \frac{B_{10D}}{0,1 \cdot n_{op}}$	
		68.493	

Türschalter, magn. – SS2 in PL d

### 3.1.11 Ermittlung des DC für Subsystem Input

Den DC für das Subsystem ermitteln. Idealerweise anhand EN ISO 13849-1 Anhang E.

Subsystem	Input			
Werte laut EN ISO 13849-1 Anhang E oder über FMEA ermittelte Werte	Komponente	DC		Begründung
	-B1	99	%	Direkte Überwachung (z. B. elektrische Stellungsüberwachung der Steuerungsventile, Überwachung elektromechanischer Einheiten durch Zwangsführung)
DC <sub>avg</sub> ermitteln  (Keine Begrenzung des MTTFD auf 100 bzw. 2500 Jahre)	DC <sub>avg</sub>	$DC_{avg} = \frac{DC_1}{\frac{1}{MTTF_{D,1}} + \frac{1}{MTTF_{D,2}} + \dots + \frac{1}{MTTF_{D,n}}}$		
		99		
DC Bezeichnung (hoch / mittel / niedrig /kein)	DC <sub>avg</sub>	hoch		

### 3.1.12 Ermittlung des MTTFD für Subsystem Input

Für das Subsystem Input aus den MTTFD Werten der einzelnen Komponenten den MTTFD des Subsystems ermitteln.

Subsystem	Input			
Herstellerdaten oder errechnete Werte	Komponente	MTTF <sub>D</sub>	T <sub>10D</sub>	
	-B1	68.493	6.849	Jahre
MTTF <sub>D</sub> Kanal 1	MTTF <sub>D,C1</sub>	$MTTF_{D,Ci} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{D,i}}}$		
		68.493		
MTTF <sub>D</sub> Kanal 2	MTTF <sub>D,C2</sub>	68.493		
Wenn 2 Kanäle  (Kanäle auf 100 bzw. 2500 Jahre begrenzen)	MTTF <sub>D,ges</sub>	$MTTF_{D,ges} = \frac{2}{3} \left[ MTTF_{D,C1} + MTTF_{D,C2} - \frac{1}{\frac{1}{MTTF_{D,C1}} + \frac{1}{MTTF_{D,C2}}} \right]$		
		2.500		
MTTF <sub>D,ges</sub>	MTTF <sub>D,ges</sub>	2.500		

Türschalter, magn. – SS2 in PL d

### 3.1.13 Ermittlung des CCF für Subsystem Input

Wenn für das Subsystem eine Kategorie 2 oder höher zum Einsatz kommt und nicht alle Elemente vom Hersteller mit PL Werten klassifiziert wurden, dann ist die Ermittlung des CCF für das Subsystem erforderlich.

Maßnahme gegen CCF	Für Elektronik	Punkte	Erfüllt?
Trennung zwischen den Signalpfaden	Luft- und Kriechstrecken auf gedruckten Schaltungen	15	15
Diversität	z.B. unterschiedliche Prozessoren	20	0
Schutz gegen Überspannung, Überdruck...	Schutz gegen Überspannung (z.B. Schütze, Netzteil)	15	15
Verwendung bewährter Bauteile		5	0
FMEA in der Entwicklung	FMEA bei der Konzeption des Systems	5	5
Kompetenz / Ausbildung	Qualifizierungsmaßnahme	5	5
Schutz vor Verunreinigung und EMV	EMV-Prüfung	25	25
Andere Einflüsse (u.a. Temperatur, Schock)	Einhalten der Umweltbedingung gemäß Produktspezifikation	10	10
<b>CCF-Gesamt</b>	Summe der Punktezahl ( $65 \leq CCF \leq 100$ ):		<b>75</b>

### 3.1.14 Ermittlung des PL und PFH<sub>D</sub> für Subsystem Input

Mit den ermittelten Daten kann für das Subsystem Input anhand EN ISO 13849-1 Anhang K (siehe Kapitel 5.2.6) der PL und PFH<sub>D</sub> ermittelt werden.

Subsystem	Input	
Abhängig vom Subsystem	Ermittelte Werte (EN ISO 13849-1 Anhang K)	
MTTF <sub>D,ges</sub>	2.500	Jahre
DC <sub>avg</sub>	99	%
Kategorie	4	
PL	e	
PFH <sub>D</sub>	9,06 x 10 <sup>-10</sup>	1/h
CCF erfüllt?	Ja	Erfüllt?
T <sub>M</sub>	20 Jahre	Jahre

Türschalter, magn. – SS2 in PL d

### 3.1.15 Ermittlung des PL und PFH<sub>D</sub> für Subsystem Logic

Da es sich beim Subsystem Logic um eine vorzertifizierte Komponente handelt ist keine Ermittlung der Daten erforderlich.

<b>Subsystem</b>	<b>Logic – SPS –K1</b>	
<b>Abhängig vom Subsystem</b>	Herstellerdaten	
<b>Kategorie</b>	4	
<b>PL</b>	PL e	
<b>PFH<sub>D</sub></b>	1,1 x 10 <sup>-9</sup>	1/h
<b>T<sub>M</sub></b>	20 Jahre	Jahre

### 3.1.16 Ermittlung des PL und PFH<sub>D</sub> für Subsystem Output

Das Subsystem Output besteht aus zwei vorzertifizierten Komponenten. Diese können entweder als getrennte Subsysteme betrachtet werden oder wie hier gezeigt zu einem Subsystem zusammengefasst werden.

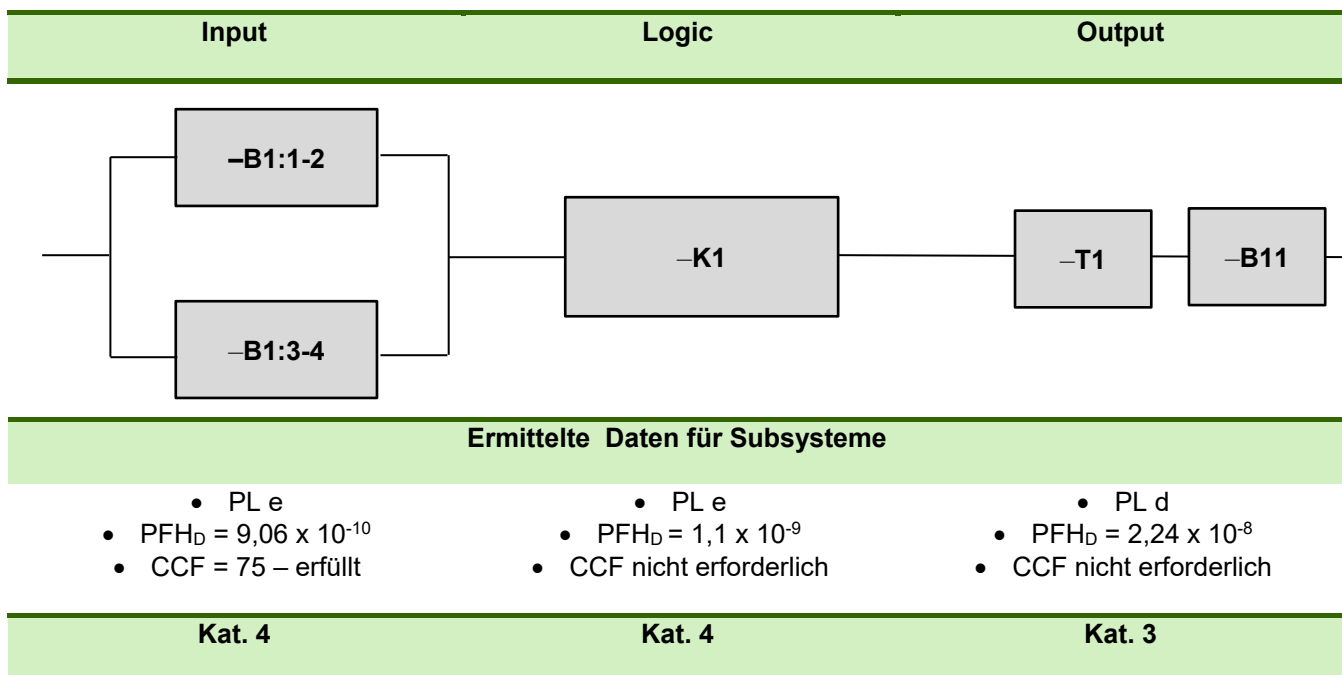
Subsystem	Output				
<b>Werte laut Herstellerangaben</b>	Komponente	PL	PFH <sub>D</sub>	Kat	T <sub>M</sub>
	-T1	e	7,79 x 10 <sup>-10</sup>	4	20
	-B11	d	2,16 x 10 <sup>-8</sup>	3	20
<b>PFH<sub>D</sub> ermitteln</b>	PFH <sub>D</sub>	$PFH_D = 7,79 \times 10^{-10} + 2,16 \times 10^{-8}$ $= 2,24 \times 10^{-8}$		$PFH_D = \sum_i PFH_{D,i}$	
<b>PL ermitteln</b>	PL	$PL \leq \min_i PL_i$ sowie PL Grenze für PFH <sub>D</sub> berücksichtigen <b>PL d</b>			
<b>Kat. ermitteln</b>	Kat	$Kat \leq \min_i Kat_i$ <b>Kat. 3</b>			

Türschalter, magn. – SS2 in PL d

Subsystem	Output	
Abhängig vom Subsystem	Ermittelte Daten	
Kategorie	3	
PL	PL d	
PFH <sub>D</sub>	2,24 x 10 <sup>-8</sup>	1/h
T <sub>M</sub>	20	Jahre

### 3.1.17 Bestimmung des Gesamt PL

Der Gesamt PL wird basierend auf den zuvor ermittelten Werten der Subsysteme ermittelt. Abschließend wird bewertet, ob der erreichte PL für den erforderlichen PL ausreicht.



# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, magn. – SS2 in PL d

Zusammenfassung		
Erforderlicher Performance Level	PL <sub>r</sub>	PL d
CCF für alle Subsysteme erfüllt?	Erfüllt?	Ja
Kategorieanforderungen aus C-Normen für alle Subsysteme erfüllt?	Erfüllt?	Keine Anforderungen
PFH <sub>D,ges</sub> ermitteln	PFH <sub>D,ges</sub>	$PFH_D = \sum_i PFH_{D,i}$ <b>2,45 x 10<sup>-8</sup></b>
PFH <sub>D</sub> ausreichend bis (Anforderungen aus EN ISO 13849-1 Tab.3 – Siehe 5.2.3)	PL <sub>PFHD</sub>	PL e
PL <sub>ges</sub> ermitteln basierend auf PL der Subsysteme und Anforderungen aus EN ISO 13849-1 Tab.3	PL <sub>ges</sub>	$PL_{ges} \leq \min_i PL_i$ <b>PL d</b>
PL <sub>r</sub> ≤ PL?	Erfüllt?	Ja

## NOT-Halt – einkanalig in PL c

### 3.2 NOT-Halt – einkanalig in PL c

#### 3.2.1 Sicherheitsfunktion

<b>Sicherheitsfunktion</b>	Durch Betätigen des Not-Halt Tasters –S1 werden alle Antriebe der Anlage kontrolliert (geführt) still gesetzt.
<b>Auslösendes Ereignis</b>	Betätigen eines der Not-Halt Betätiger durch den Bediener.
<b>Reaktion</b>	Spannungsfreischalten der Antriebe.
<b>Sicherer Zustand</b>	Antriebe sind energiefrei.

#### 3.2.2 Beschreibung



<b>Funktion</b>	<p>Durch Betätigung des Not-Halt–Tasters –S1 wird:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• der Eingangskreis am Sicherheitsschaltgerät –K1 wird unterbrochen</li> <li>• die Sicherheitskontakte von –K1 öffnen</li> <li>• das Schütz –Q1 fällt ab</li> <li>• der Motor –M1 wird gestoppt</li> </ul>
<b>Manuelle Rückstellfunktion (Manual reset)</b>	Die manuelle Rückstellfunktion der Sicherheitsfunktion geschieht durch Dreh-Entriegeln des Not-Halt–Tasters –S1.
<b>Start-/Wiederanlauf-funktion (Restart)</b>	<p>Die Start-/Wiederanlauffunktion geschieht durch Betätigen von –S2. Ein Start-/Wiederanlauf darf nur möglich sein wenn:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Not-Halt–Taster –S1 nicht betätigt ist</li> </ul>
<b>Rückführkreis</b>	Es wird kein Rückführkreis verwendet

#### 3.2.3 Sicherheitsbetrachtung

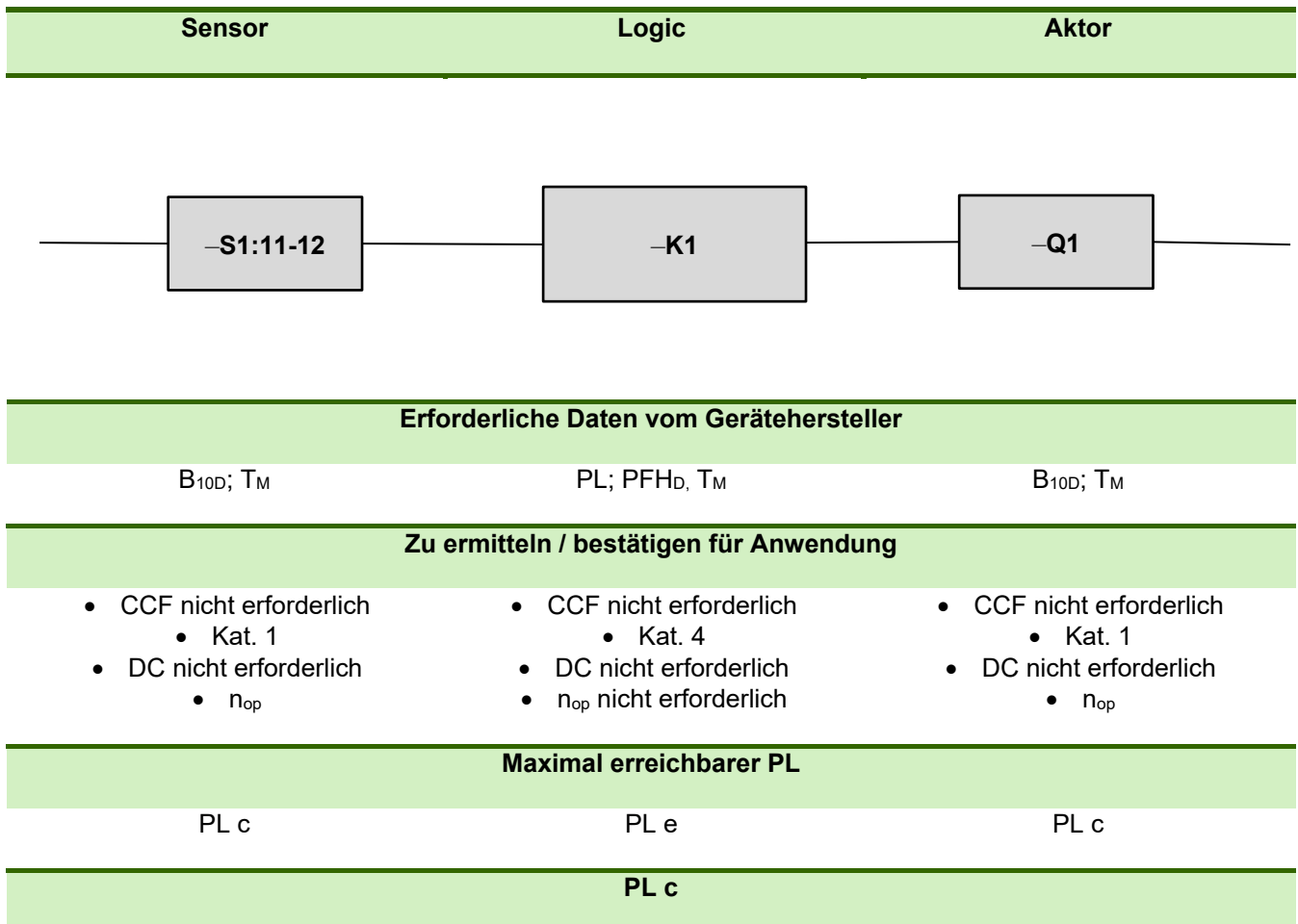
<b>Sensorik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erdschlüsse im Eingangskreis auf der Sensorleitung werden durch –K1 erkannt.</li> <li>• Der Not-Halt–Taster verfügt über eine Störfall Absicherung. Diese erkennt wenn sich der Betätiger von den Schaltkontakten löst und unterbricht den elektrischen Not-Halt Kreise.</li> </ul>
<b>Aktorik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ist ein bewährtes Bauteil im Sinne der EN ISO 13849-2</li> </ul>

## NOT-Halt – einkanalig in PL c

### 3.2.4 Produkte (Optionen)

	Produkt
-S1 	Not-Halt Befehlsgerät (1-Kanalig) mit integrierter Störabfallsicherung <b>sensor</b> PRO: SNH-1102 Bestellnummer: R1.200.1102.0
-K1 	Sicherheitsschaltgerät <b>safe</b> RELAY: SNO 4003K Bestellnummer: R1.188.0500.1
-Q3	Leistungsschutz mit folgenden Eigenschaften: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geeignet für die zu erwartende Schaltlast und Frequenz</li> <li>• Herstellerangabe von <math>B_{10D}</math> und <math>T_M</math></li> </ul>

### 3.2.5 Modellierung gemäß EN ISO 13849-1

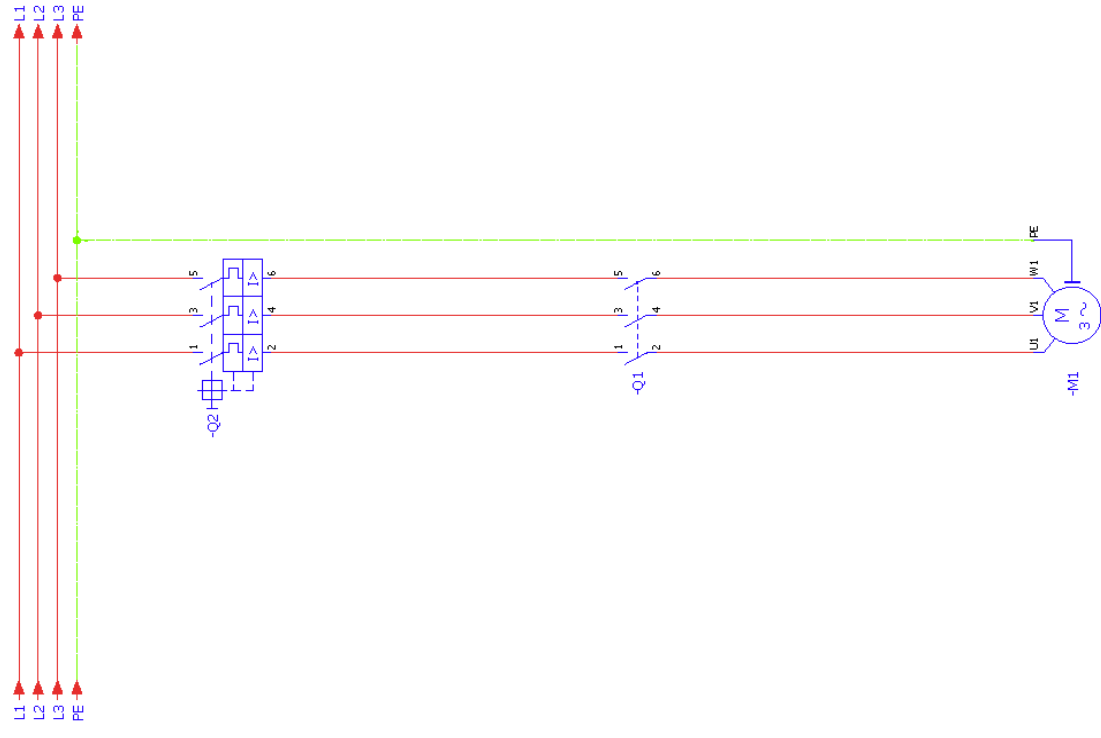
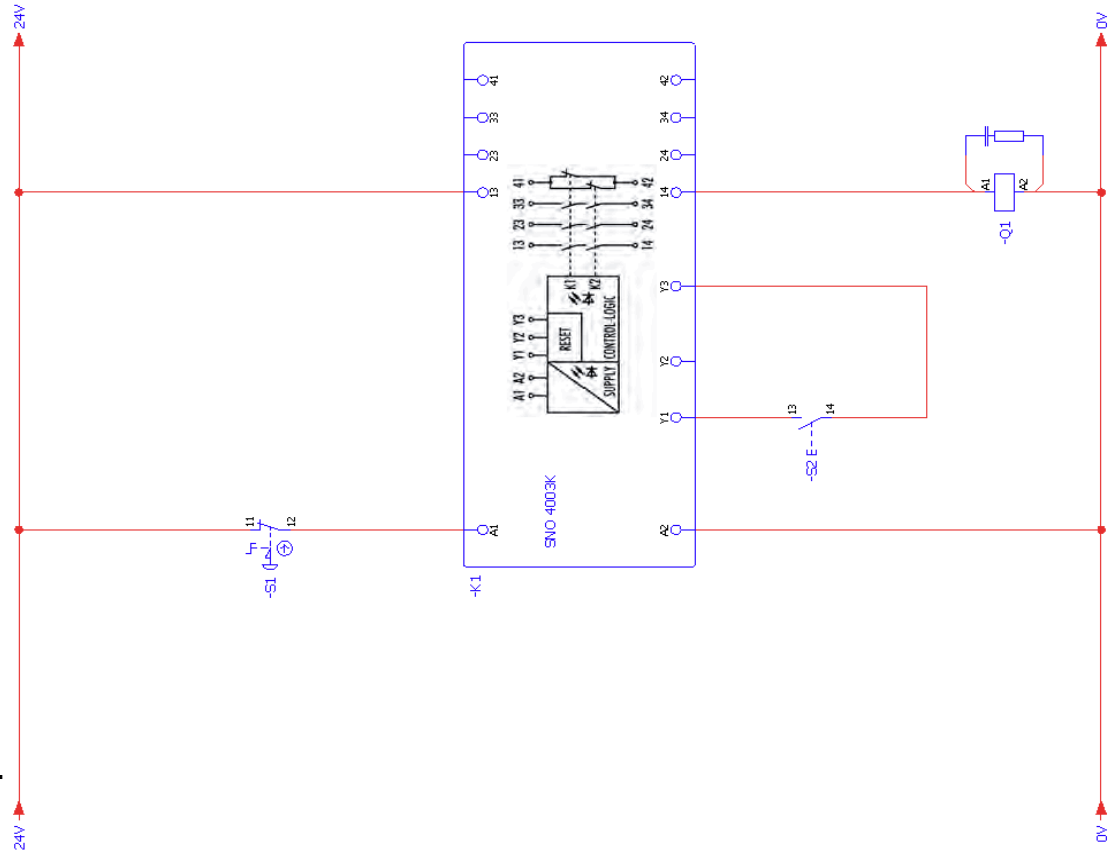




# Sicherheitsfunktionen

NOT-Halt – einkanalig in PL c

## 3.2.6 Schaltplan



## NOT-Halt – zweikanalig in PL d

### 3.3 NOT-Halt – zweikanalig in PL d

#### 3.3.1 Sicherheitsfunktion

<b>Sicherheitsfunktion</b>	Durch Betätigen des Not-Halt Tasters –S1 werden alle Antriebe der Anlage kontrolliert (geführt) still gesetzt.
<b>Auslösendes Ereignis</b>	Betätigen eines der Not-Halt Betätiger durch den Bediener.
<b>Reaktion</b>	Spannungsfreischalten der Antriebe.
<b>Sicherer Zustand</b>	Antriebe sind energiefrei.

#### 3.3.2 Beschreibung



<b>Funktion</b>	<p>Durch Betätigung des Not-Halt–Tasters –S1 wird:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• der Eingangskreis am Sicherheitsschaltgerät –K1 wird unterbrochen</li> <li>• die Sicherheitskontakte von –K1 öffnen</li> <li>• der FU –T1 mit Sicherheitseingang STO schaltet energielos</li> <li>• die Maschine 1 wird gestoppt.</li> </ul>
<b>Manuelle Rückstellfunktion (Manual reset)</b>	Die manuelle Rückstellfunktion der Sicherheitsfunktion geschieht durch Dreh-Entriegeln des Not-Halt–Tasters –S1.
<b>Start-/Wiederanlauffunktion (Restart)</b>	<p>Die Start-/Wiederanlauffunktion geschieht durch Betätigen von –S2. Ein Start-/Wiederanlauf darf nur möglich sein wenn:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Not-Halt–Taster –S1 nicht betätigt ist</li> </ul>
<b>Rückführkreis</b>	Wird hier nicht benötigt, da –T1 ein Gerät mit integrierter Diagnose.

#### 3.3.3 Sicherheitsbetrachtung

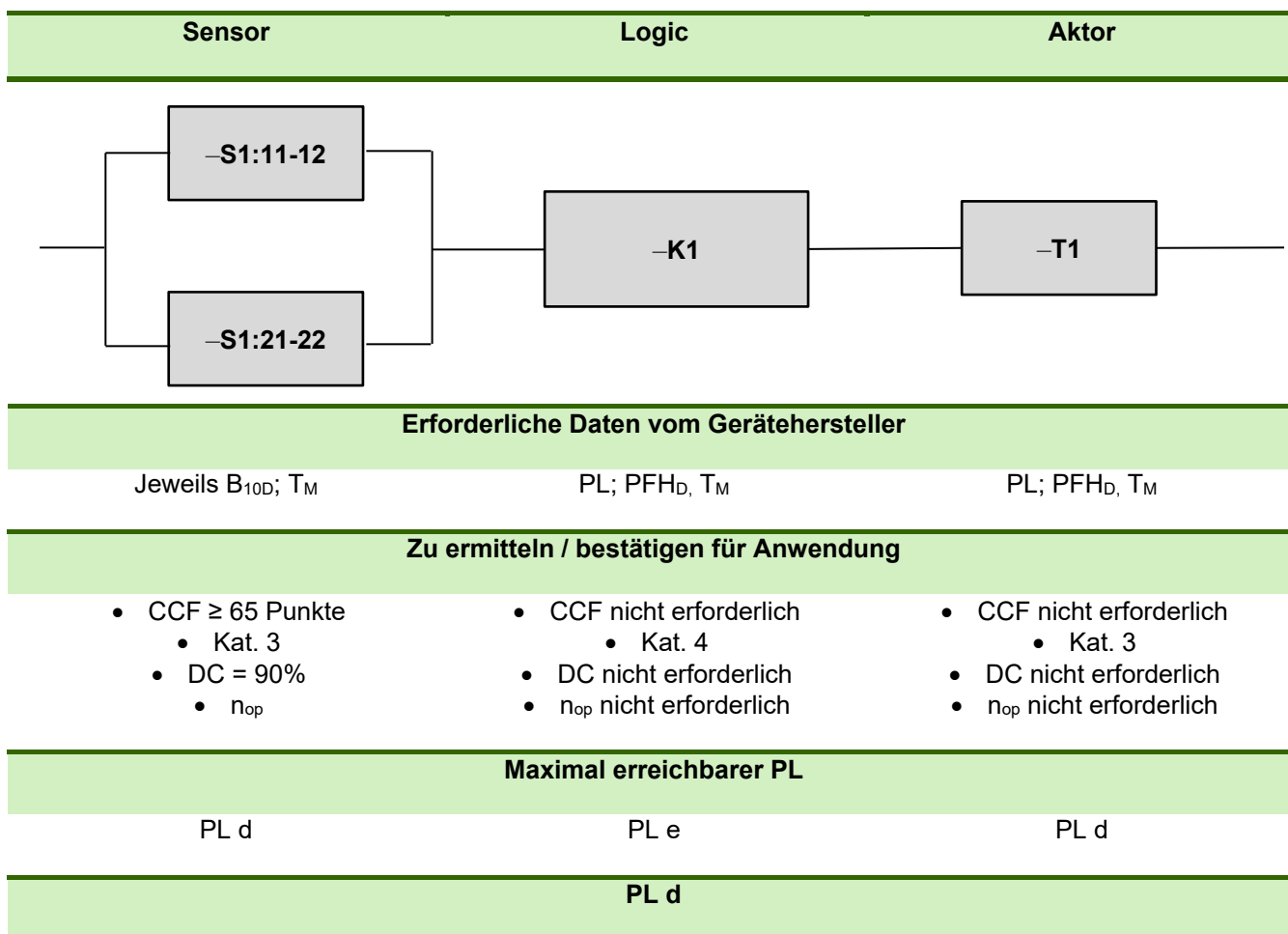
<b>Sensorik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erdschlüsse im Eingangskreis werden auf den Sensorleitungen durch –K1 erkannt. Querschlüsse werden auf Grund der Struktur Kat. 3 nicht erkannt somit „Kreuzvergleich mit Dynamisierung ohne hochwertiger Fehlererkennung“ → DC = 90 %</li> <li>• Der Not-Halt–Taster verfügt über eine Störfall Absicherung. Diese erkennt, wenn sich der Betätiger von den Schaltkontakten löst und unterbricht einen der elektrischen Not-Halt Kreise.</li> <li>• Synchronzeitüberwachung zwischen den Eingangskreisen –S12 und –S22</li> </ul>
<b>Aktorik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frequenzumrichter mit integrierter Diagnose und einer Bewertung als PL d.</li> <li>• STO Eingang ist als PL d klassifiziert.</li> <li>• Fehlerausschluss auf Verdrahtung von –K1 zu –T1 da im Schaltschrank</li> </ul>

## NOT-Halt – zweikanalig in PL d

### 3.3.4 Produkte (Optionen)

	Produkt
<b>-S1</b> 	Not-Halt Befehlsgerät (2-Kanalig) mit integrierter Störabfallsicherung <b>sensor</b> PRO: SNH-1122 Bestellnummer: R1.200.1122.0
<b>-K1</b> 	Sicherheitsschaltgerät <b>safe</b> RELAY: SNO 4062KM Bestellnummer: R1.188.0720.2
<b>-T1</b>	Sicherer Frequenzumrichter mit integrierter Diagnose und einer Bewertung als PL d. Integrierte Sicherheitsfunktion STO.

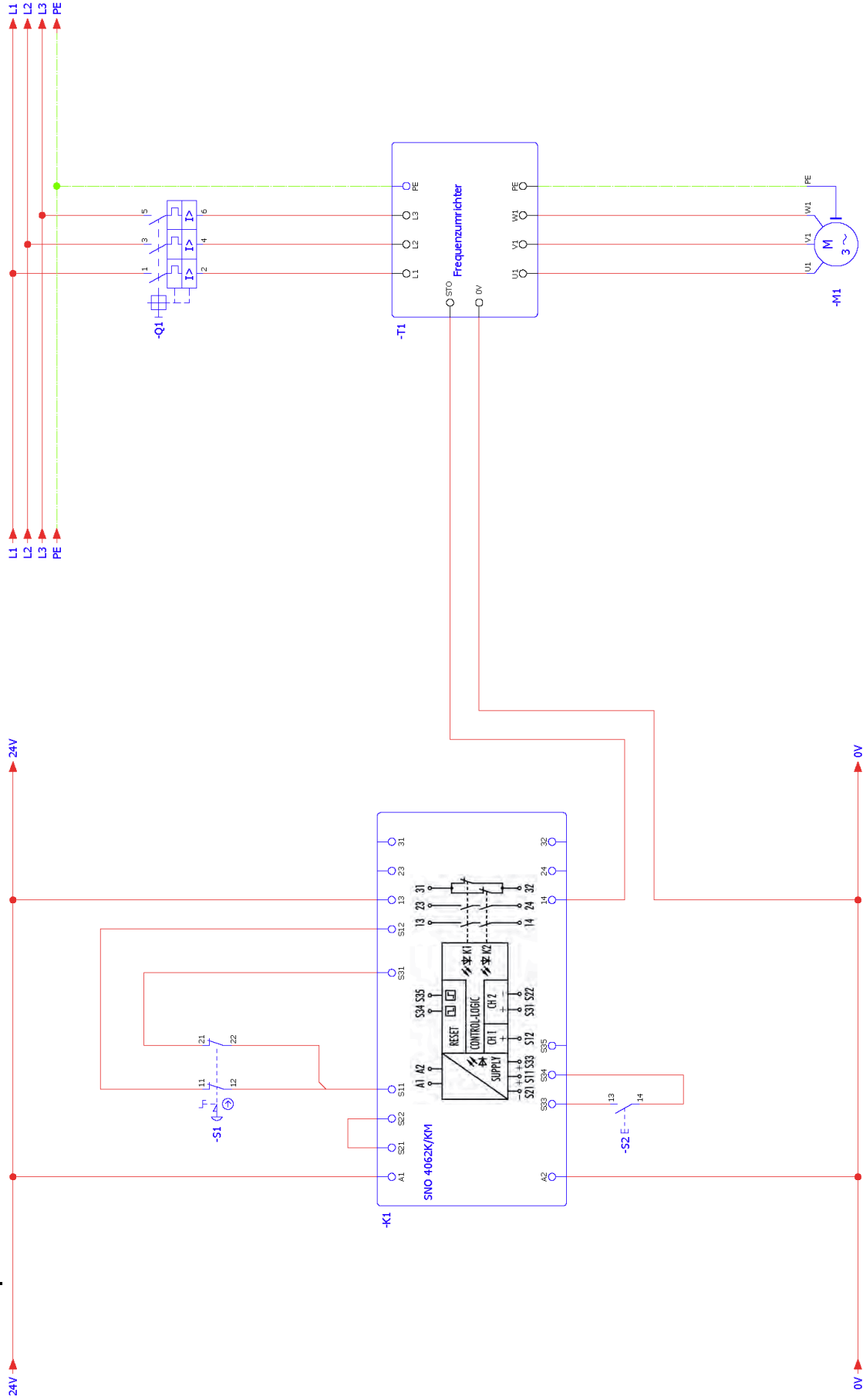
### 3.3.5 Modellierung gemäß EN ISO 13849-1



# Sicherheitsfunktionen

NOT-Halt – zweikanalig in PL d

## 3.3.6 Schaltplan



## NOT-Halt – zweikanalig, Querschlusserkennung in PL e

### 3.4 NOT-Halt – zweikanalig, Querschlusserkennung in PL e

#### 3.4.1 Sicherheitsfunktion

<b>Sicherheitsfunktion</b>	Durch Betätigen des Not-Halt Tasters –S1 werden alle Antriebe der Anlage kontrolliert (geführt) still gesetzt.
<b>Auslösendes Ereignis</b>	Betätigen des Not-Halt Betätigers –S1 durch den Bediener.
<b>Reaktion</b>	Spannungsfreischalten der Antriebe.
<b>Sicherer Zustand</b>	Antriebe sind energiefrei.



#### 3.4.2 Beschreibung

<b>Funktion</b>	<p>Durch Betätigung des Not-Halt–Tasters –S1 wird:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• der Eingangskreis am Sicherheitsschaltgerät –K1 wird unterbrochen</li> <li>• die Sicherheitskontakte von –K1 öffnen</li> <li>• die Schütze –Q1 und –Q2 fallen ab.</li> <li>• die Maschine M1 wird gestoppt.</li> </ul>
<b>Manuelle Rückstellfunktion (Manual reset)</b>	Die manuelle Rückstellfunktion der Sicherheitsfunktion geschieht durch Dreh-Entriegeln des Not-Halt–Tasters –S1.
<b>Start-/Wiederanlauf-funktion (Restart)</b>	<p>Die Start-/Wiederanlauf-funktion geschieht durch Betätigen von –S2. Ein Start-/Wiederanlauf darf nur möglich sein wenn:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Not-Halt–Taster –S1 nicht betätigt ist</li> <li>• Schütze –Q1 und –Q2 abgefallen sind</li> </ul>
<b>Rückführkreis</b>	Die zwangsgeführten Öffnerkontakte der Schütze –Q1: 21-22 und –Q2: 21-22 werden in dem Rückführkreis des Sicherheitsschaltgerätes –K1 überwacht.

### 3.4.3 Sicherheitsbetrachtung

<b>Sensorik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erdschlüsse und Querschlüsse im Eingangskreis werden durch Testimpulse auf den Sensorleitungen durch –K1 erkannt.</li> <li>• Diagnose mittels „Kreuzvergleich mit Dynamisierung und hochwertiger Fehlererkennung“ durch –K1. DC = 99%“</li> <li>• Der Not-Halt-Taster verfügt über eine Störfall Absicherung. Diese erkennt wenn sich der Betätiger von den Schaltkontakten löst und unterbricht einen der elektrischen Not-Halt Kreise.</li> <li>• Synchronzeitüberwachung zwischen den Eingangskreisen –K1:S12 und K1:S22</li> </ul>
<b>Aktorik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufgrund der getrennten Ansteuerung von –Q1 und –Q2, sowie der hochwertigen Diagnose mittels Rücklesen der Kontakte, kann auf eine geschützte Verlegung der Leitung zwischen –K1 und –Q1 / –Q2 verzichtet werden.</li> <li>• Die Schütze verfügen über zwangsgeführte Rückführkontakte.</li> <li>• Direkte Überwachung (z. B. elektrische Stellungs-überwachung der Steuerungsventile, Überwachung elektromechanischer Einheiten durch Zwangsführung) durch –K1. DC = 99%</li> </ul>

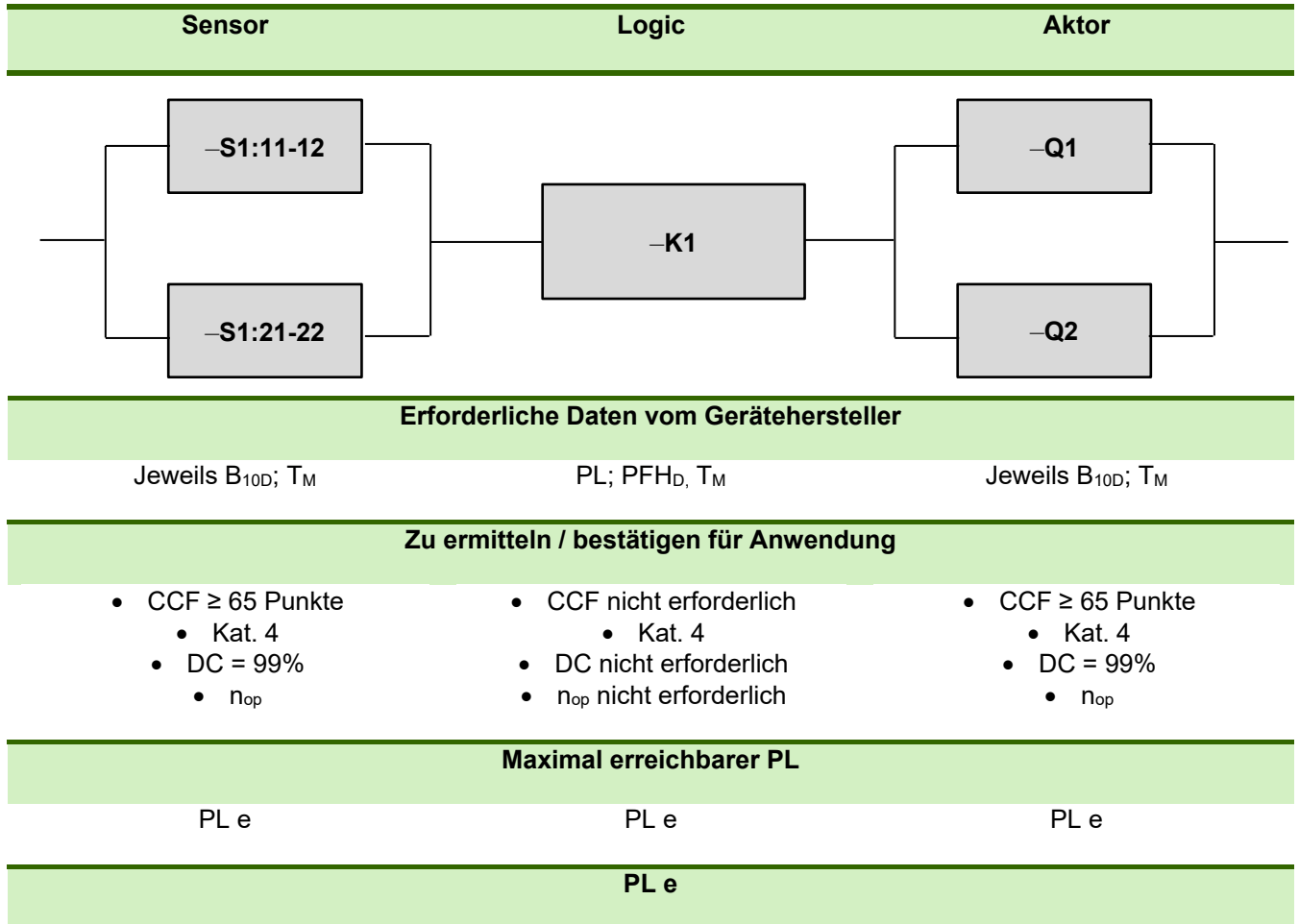
### 3.4.4 Produkte (Optionen)

	Produkt
–S1 	Not-Halt Befehlsgerät (2-Kanalig) mit integrierter Störfallsicherung <b>sensor</b> PRO: SNH-1122 Bestellnummer: R1.200.1122.0
–K1 	Sicherheitsschaltgerät <b>safe</b> RELAY: SNO 4083KM Bestellnummer: R1.188.3580.0
–Q1; –Q2	Leistungsschütz mit folgenden Eigenschaften: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schütz mit zwangsgeführten Rückführkontakten.</li> <li>• Geeignet für die zu erwartende Schaltlast und Frequenz</li> <li>• Herstellerangabe von <math>B_{10D}</math> und <math>T_M</math></li> </ul>

# Sicherheitsfunktionen

NOT-Halt – zweikanalig, Querschlusserkennung in PL e

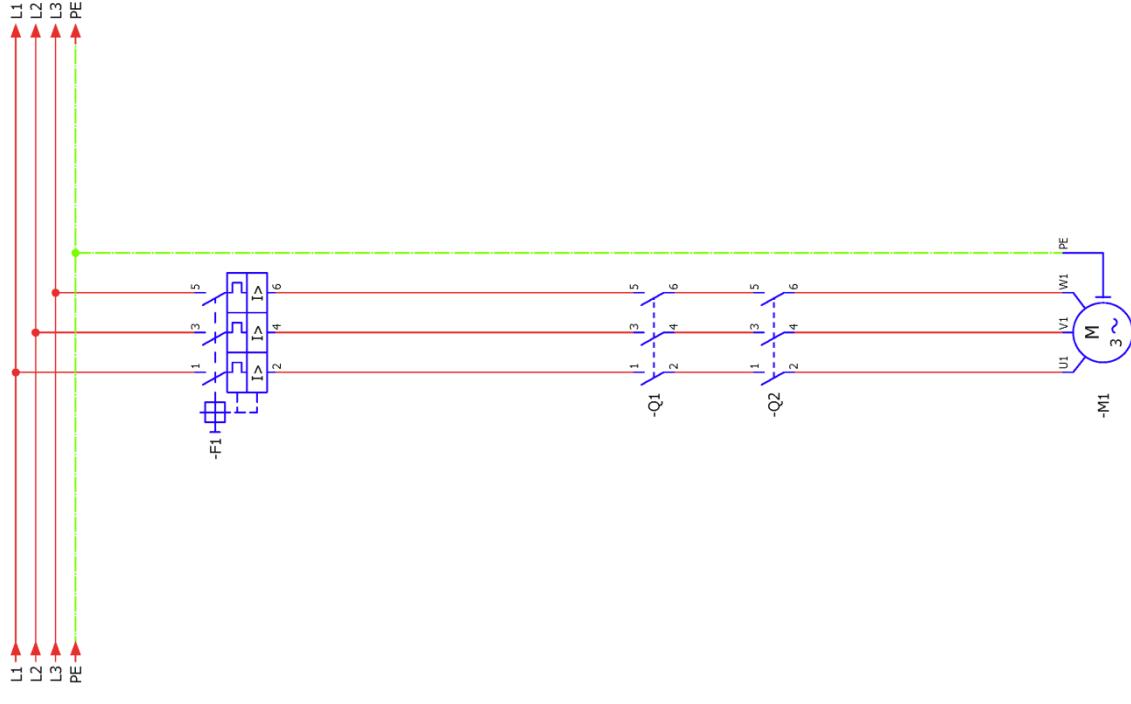
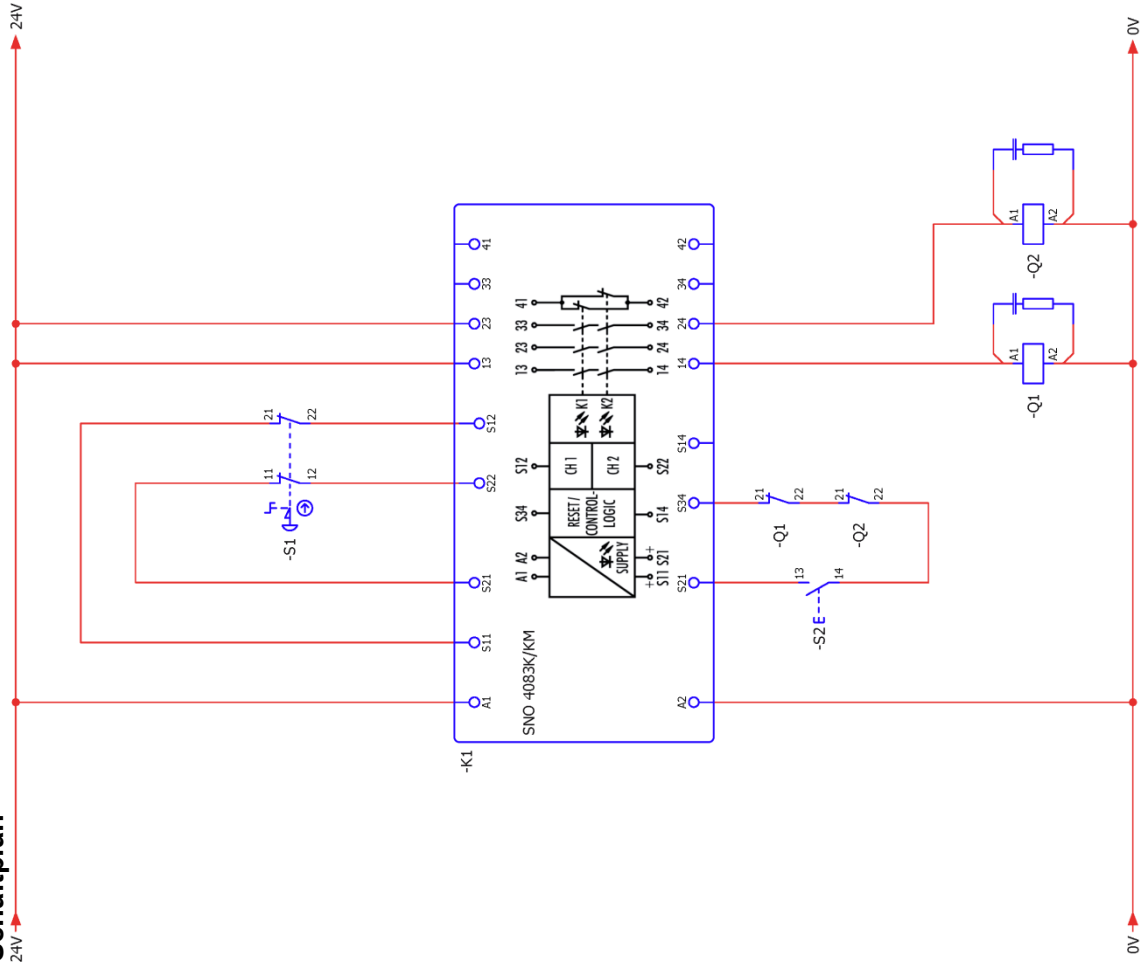
## 3.4.5 Modellierung gemäß EN ISO 13849-1



# Sicherheitsfunktionen

NOT-Halt – zweikanalig, Querschlusserkennung in PL e

## 3.4.6 Schaltplan





## Türschalter, mech. – einkanalig in PL c

### 3.5 Türschalter, mech. – einkanalig in PL c

#### 3.5.1 Sicherheitsfunktion

<b>Sicherheitsfunktion</b>	Durch Öffnen der Tür werden alle Antriebe der Anlage still gesetzt / energiefrei geschaltet.
<b>Auslösendes Ereignis</b>	Öffnen einer Tür durch den Bediener.
<b>Reaktion</b>	Spannungsfreischalten der Antriebe.
<b>Sicherer Zustand</b>	Antriebe sind energiefrei.

#### 3.5.2 Beschreibung

<b>Funktion</b>	<p>Durch das Öffnen der Tür(en) wird:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• der Türschalter betätigt</li> <li>• der Eingangskreis am Sicherheitsschaltgerät –K1 wird unterbrochen</li> <li>• die Sicherheitskontakte von –K1 öffnen</li> <li>• das zwangsgeführte Schütz –Q1 fällt ab.</li> <li>• die Maschine 1 wird gestoppt.</li> </ul>
<b>Manuelle Rückstellfunktion (Manual Reset)</b>	Die manuelle Rückstellung der Sicherheitsfunktion geschieht durch das Schließen der Tür. Der Türschalter –B1 wird geschlossen. Es ist konstruktiv sichergestellt, dass die Tür(en) sich nicht unbeabsichtigt schließen können.
<b>Start-/Wiederanlauf-funktion (Restart)</b>	<p>Die Start-/Wiederanlauf-funktion geschieht durch Schließen der Tür(en). Ein Start-/Wiederanlauf darf nur möglich sein wenn:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Türen geschlossen sind</li> <li>• Zwangsgeführten Schütze –Q1 und –Q2 abgefallen sind</li> </ul> <p>Ein Hintertreten der Türe ist konstruktiv ausgeschlossen.</p>
<b>Rückführkreis</b>	Der zwangsgeführte Öffnerkontakt des Schützes –Q1 wird in dem Rückführkreis des Sicherheitsschaltgerätes –K1 überwacht.



#### 3.5.3 Sicherheitsbetrachtung

<b>Sensorik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erdschlüsse im Eingangskreis auf der Sensorleitung werden durch –K1 erkannt.</li> <li>• Ein Fehler kann zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen. DC = kein</li> <li>• Fehler werden erst beim nächsten Prüfzyklus erkannt (manuellen).</li> </ul>
<b>Aktorik</b>	Das Schütz verfügt über einen zwangsgeführten Rückführkontakt. DC = 99%. Es ist aber keine Fehlerreaktion möglich und In Kat. 1 ist kein DC erforderlich.

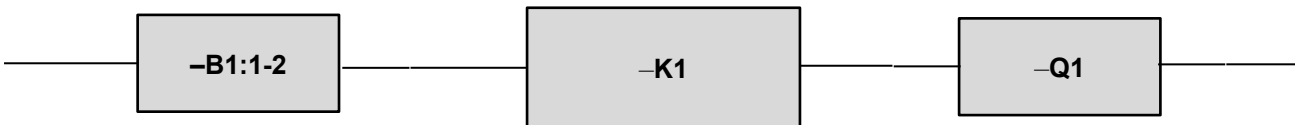
# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, mech. – einkanalig in PL c

## 3.5.4 Produkte (Optionen)

	Produkt
<b>-B1</b> 	Verriegelungseinrichtung Bauart 2 (Türschalter mit getrenntem Betätiger) <b>sensor PRO: SMS3x10</b> Bestellnummer: R1.320.3010.0
<b>-K1</b> 	Sicherheitsschaltgerät <b>safe RELAY: SNO 4003K</b> Bestellnummer: R1.188.0500.1
<b>-Q1</b>	Leistungsschutz mit folgenden Eigenschaften: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schütz mit zwangsgeführten Rückführkontakten.</li> <li>• Geeignet für die zu erwartende Schaltlast und Frequenz</li> <li>• Herstellerangabe von <math>B_{10D}</math> und <math>T_M</math></li> </ul>

## 3.5.5 Modellierung gemäß EN ISO 13849-1

Sensor	Logic	Aktor
		
Erforderliche Daten vom Gerätehersteller		
$B_{10D}; T_M$	$PL; PFH_D, T_M$	$B_{10D}; T_M$
Zu ermitteln / bestätigen für Anwendung		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• CCF nicht erforderlich                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kat. 1</li> </ul> </li> <li>• DC = kein                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>n_{op}</math></li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CCF nicht erforderlich                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kat. 4</li> </ul> </li> <li>• DC nicht erforderlich</li> <li>• <math>n_{op}</math> nicht erforderlich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CCF nicht erforderlich                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kat. 1</li> </ul> </li> <li>• DC = kein                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>n_{op}</math></li> </ul> </li> </ul>
Maximal erreichbarer PL		
PL c	PL e	PL c
PL c		



# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, mech. – zweikanalig äquivalent in PL c/d

## 3.6 Türschalter, mech. – zweikanalig äquivalent in PL c/d

### 3.6.1 Sicherheitsfunktion

<b>Sicherheitsfunktion</b>	Durch Öffnen der Tür werden alle Antriebe der Anlage still gesetzt / energiefrei geschaltet.
<b>Auslösendes Ereignis</b>	Öffnen der Tür durch den Bediener.
<b>Reaktion</b>	Spannungsfreischnalten der Antriebe.
<b>Sicherer Zustand</b>	Antriebe sind energiefrei.



### 3.6.2 Beschreibung

<b>Funktion</b>	Durch das Öffnen der Tür(en) wird: <ul style="list-style-type: none"><li>• der Türschalter betätigt</li><li>• der Eingangskreis am Sicherheitsschaltgerät –K1 wird unterbrochen</li><li>• die Sicherheitskontakte von –K1 öffnen</li><li>• die zwangsgeführten Schütze –Q1 und –Q2 fallen ab.</li><li>• die Maschine 1 wird gestoppt.</li></ul>
<b>Manuelle Rückstellfunktion (Manual Reset)</b>	Die manuelle Rückstellung der Sicherheitsfunktion geschieht durch das Schließen der Tür. Der Türschalter –B1 wird geschlossen. Es ist konstruktiv sichergestellt, dass die Tür(en) sich nicht unbeabsichtigt schließen können.
<b>Start-/Wiederanlauf-funktion (Restart)</b>	Die Start-/Wiederanlauf-funktion geschieht durch Schließen der Tür. Ein Start-/Wiederanlauf darf nur möglich sein wenn: <ul style="list-style-type: none"><li>• Die Türen geschlossen sind</li><li>• Zwangsgeführten Schütze –Q1 und –Q2 abgefallen sind</li></ul> Ein Hintertreten der Türe ist konstruktiv ausgeschlossen.
<b>Rückführkreis</b>	Die zwangsgeführten Öffnerkontakte der Schütze –Q1 und –Q2 werden in dem Rückführkreis des Sicherheitsschaltgerätes –K1 überwacht.

### 3.6.3 Sicherheitsbetrachtung

<b>Sensorik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erdschlüsse und Querschlüsse im Eingangskreis werden durch Testimpulse auf den Sensorleitungen durch –K1 erkannt.</li> <li>• Diagnose mittels „Kreuzvergleich mit Dynamisierung und hochwertiger Fehlererkennung“ durch –K1.</li> </ul> <p>Fehlerrückmeldungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fehlerausschluss auf Bruch des Betätigers durch den Maschinenbauer. Hierzu in der Regel mindestens erforderlich der Einbau gemäß den Einbauvorschriften des Schalterherstellers.</li> <li>• Fehlerausschluss auf mechanischen Ausfall des Schalters. Hierzu in der Regel mindestens erforderlich der Einbau gemäß den Einbauvorschriften des Schalterherstellers.</li> <li>• Werden die Fehlerrückmeldungen benutzt, ist Kat.4 erreichbar aber der PL auf PL d begrenzt.</li> <li>• Sofern diese Fehlerrückmeldungen nicht möglich sind, ist maximal Kat. 1 erreichbar.</li> </ul>
<b>Aktorik</b>	<p>Aufgrund der getrennten Ansteuerung von –Q1 und –Q2, sowie der hochwertigen Diagnose mittels Rücklesen der Kontakte, kann auf eine geschützte Verlegung der Leitung zwischen –Q1 und –Q2 verzichtet werden.</p> <p>Die Schütze verfügen über zwangsgeführte Rückführkontakte. DC = 99%</p>

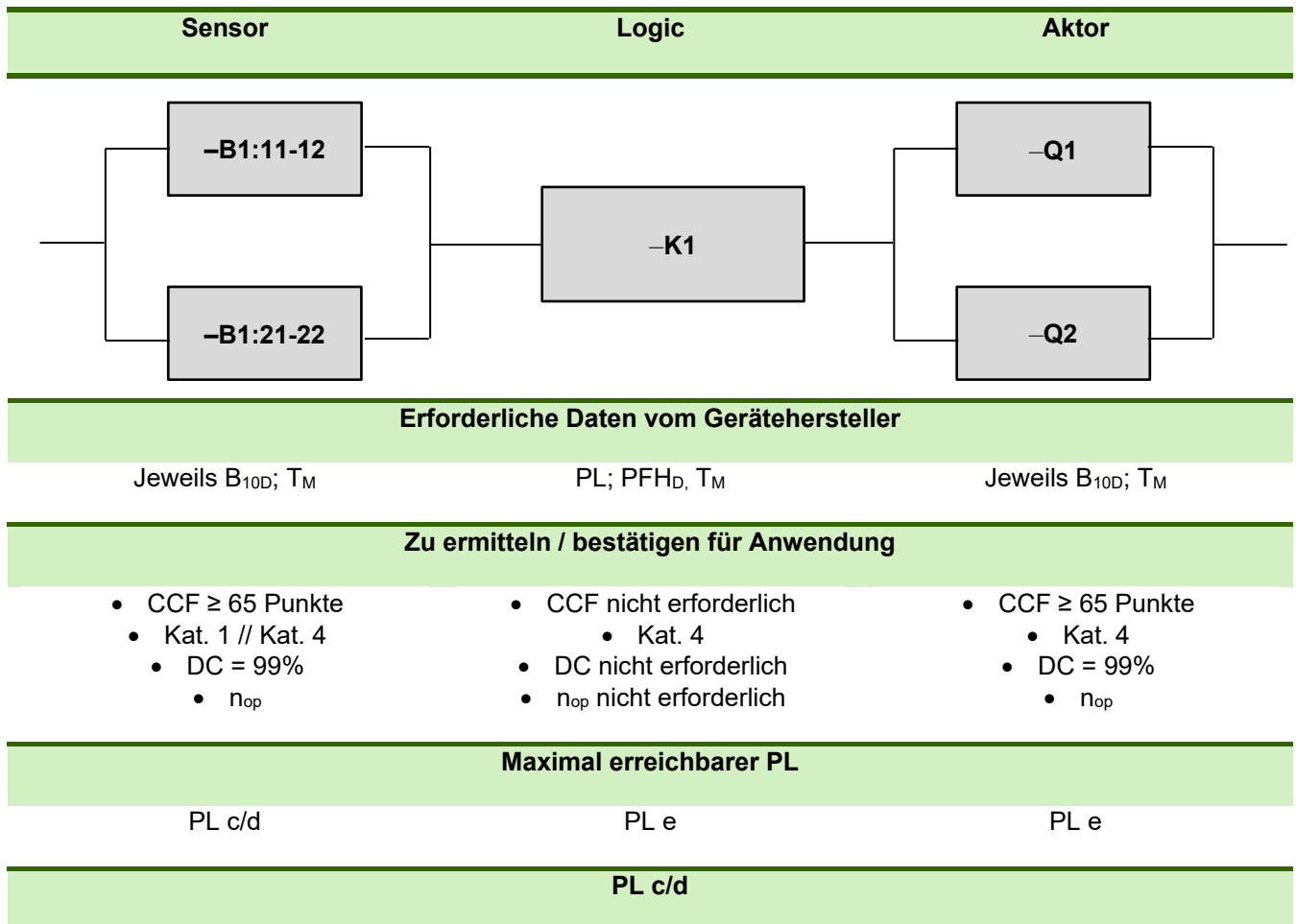
### 3.6.4 Produkte (Optionen)

Produkt	
–B1 	Verriegelungseinrichtung Bauart 2 (Türschalter mit getrenntem Betätiger) <b>sensor</b> PRO: SMS2x20 Bestellnummer: R1.320.2020.0
–K1 	Sicherheitsschaltgerät <b>safe</b> RELAY: SNO 4083KM Bestellnummer: R1.188.3580.0
–Q1; –Q2	Leistungsschütz mit folgenden Eigenschaften: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schütz mit zwangsgeführten Rückführkontakten.</li> <li>• Geeignet für die zu erwartende Schaltlast und Frequenz</li> <li>• Herstellerangabe von B<sub>10D</sub> und T<sub>M</sub></li> </ul>

# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, mech. – zweikanalig äquivalent in PL c/d

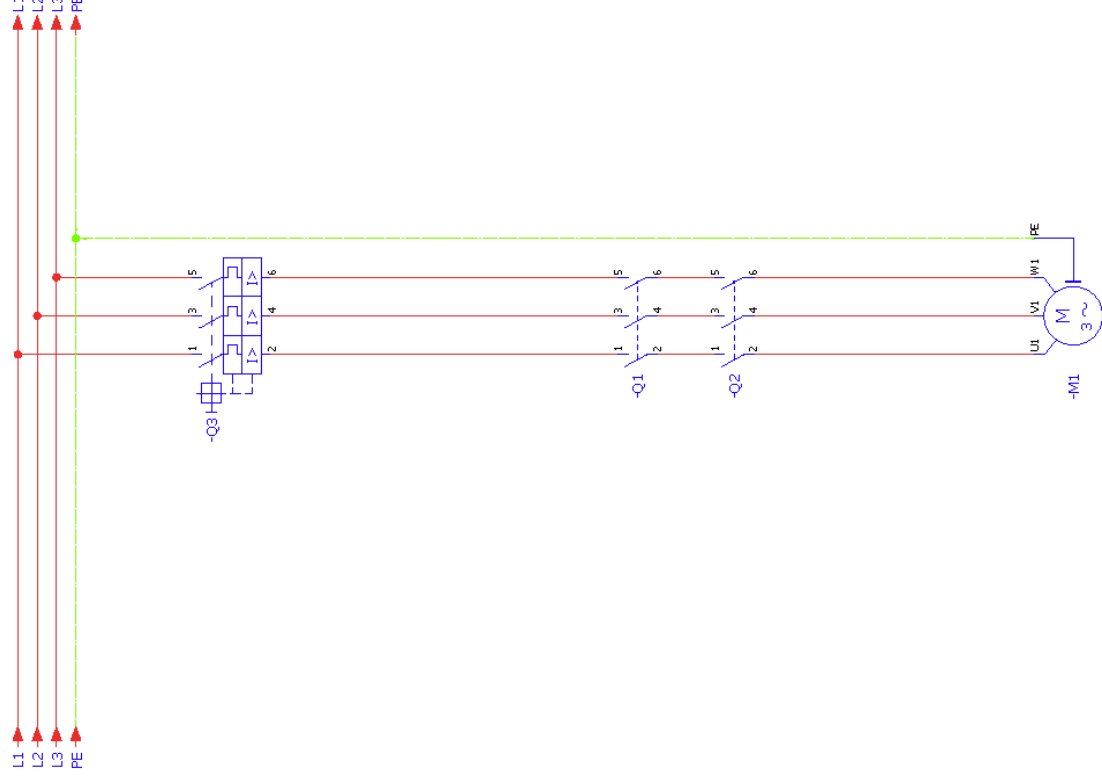
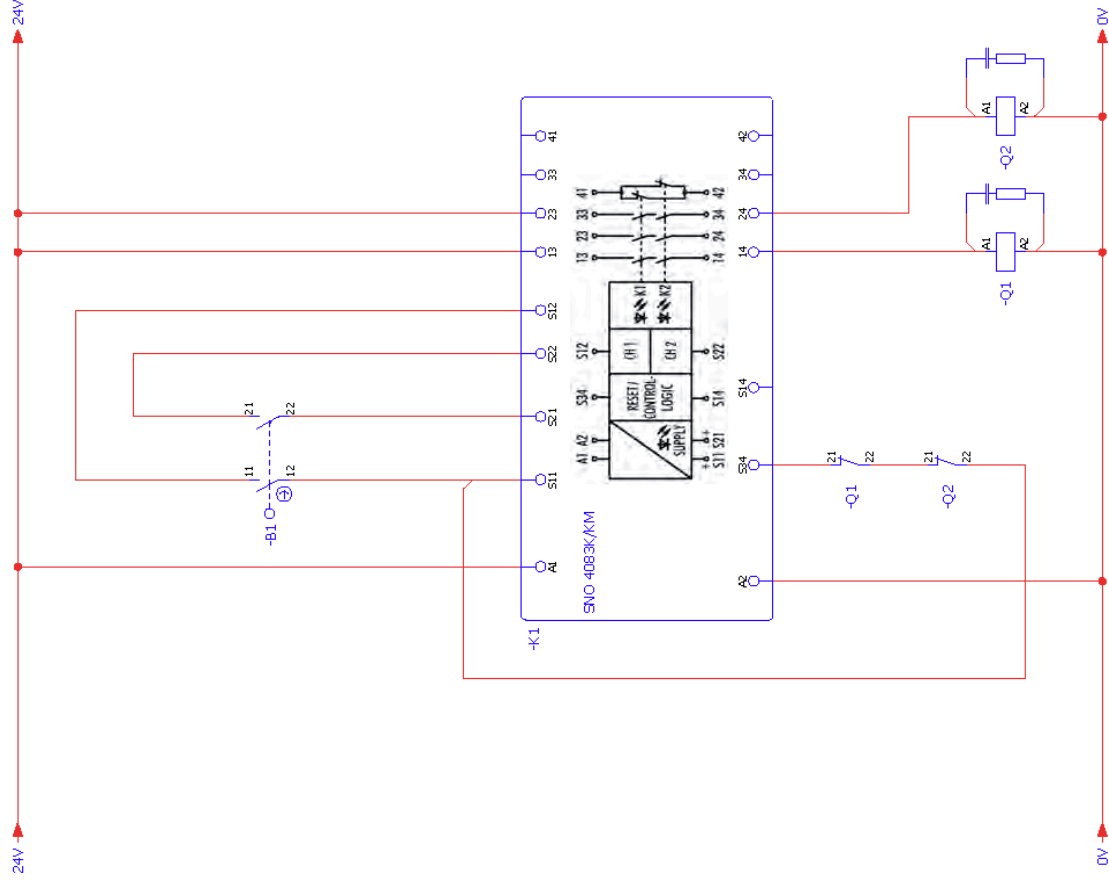
## 3.6.5 Modellierung gemäß EN ISO 13849-1



# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, mech. – zweikanalig äquivalent in PL c/d

## 3.6.6 Schaltplan



# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, mech. – zweikanalig antivalent in PL c/d

## 3.7 Türschalter, mech. – zweikanalig antivalent in PL c/d

### 3.7.1 Sicherheitsfunktion

<b>Sicherheitsfunktion</b>	Durch Öffnen der Tür werden alle Antriebe der Anlage still gesetzt / energiefrei geschaltet.
<b>Auslösendes Ereignis</b>	Öffnen der Tür durch den Bediener.
<b>Reaktion</b>	Spannungsfreischnalten der Antriebe.
<b>Sicherer Zustand</b>	Antriebe sind energiefrei.

### 3.7.2 Beschreibung



<b>Funktion</b>	Durch das Öffnen der Tür(en) wird: <ul style="list-style-type: none"><li>• der Türschalter betätigt</li><li>• der Eingangskreis am Sicherheitsschaltgerät –K1 wird unterbrochen bzw. geschlossen</li><li>• die Sicherheitskontakte von –K1 öffnen</li><li>• die zwangsgeführten Schütze –Q1 und –Q2 fallen ab.</li><li>• die Maschine 1 wird gestoppt.</li></ul>
<b>Manuelle Rückstellfunktion (Manual Reset)</b>	Die manuelle Rückstellung der Sicherheitsfunktion geschieht durch das Schließen der Tür. Der Türschalter –B1 wird geschlossen. Es ist konstruktiv sichergestellt, dass die Tür(en) sich nicht unbeabsichtigt schließen können.
<b>Start-/Wiederanlauf-funktion (Restart)</b>	Die Start-/Wiederanlauf-funktion geschieht durch Schließen der Tür. Ein Start-/Wiederanlauf darf nur möglich sein wenn: <ul style="list-style-type: none"><li>• Die Türen geschlossen sind</li><li>• Zwangsgeführten Schütze –Q1 und –Q2 abgefallen sind</li></ul> Ein Hintertreten der Türe ist konstruktiv ausgeschlossen.
<b>Rückführkreis</b>	Die zwangsgeführten Öffnerkontakte der Schütze –Q1 und –Q2 werden in dem Rückführkreis des Sicherheitsschaltgerätes –K1 überwacht.



### 3.7.3 Sicherheitsbetrachtung

<b>Sensorik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erdschlüsse, Querschlüsse und Schlüsse gegen 24VDC im Eingangskreis werden durch unterschiedliche Potenziale auf den zwei Sensorleitungen durch –K1 erkannt.</li> <li>• Diagnose mittels „Kreuzvergleich mit Dynamisierung und hochwertiger Fehlererkennung“ durch –K1.</li> </ul> <p>Fehlerrückmeldungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fehlerausschluss auf Bruch des Betätigers durch den Maschinenbauer. Hierzu in der Regel mindestens erforderlich der Einbau gemäß den Einbauvorschriften des Schalterherstellers.</li> <li>• Fehlerausschluss auf mechanischen Ausfall des Schalters. Hierzu in der Regel mindestens erforderlich der Einbau gemäß den Einbauvorschriften des Schalterherstellers.</li> <li>• Werden die Fehlerausschlüsse gemacht ist Kat.4 erreichbar aber der PL auf PL d begrenzt.</li> <li>• Sofern diese Fehlerausschlüsse nicht möglich sind, ist maximal Kat. 1 erreichbar.</li> </ul>
<b>Aktorik</b>	<p>Aufgrund der getrennten Ansteuerung von –Q1 und –Q2, sowie der hochwertigen Diagnose mittels Rücklesen der Kontakte, kann auf eine geschützte Verlegung der Leitung zwischen –Q1 und –Q2 verzichtet werden.</p> <p>Die Schütze verfügen über zwangsgeführte Rückführkontakte. DC = 99%</p>

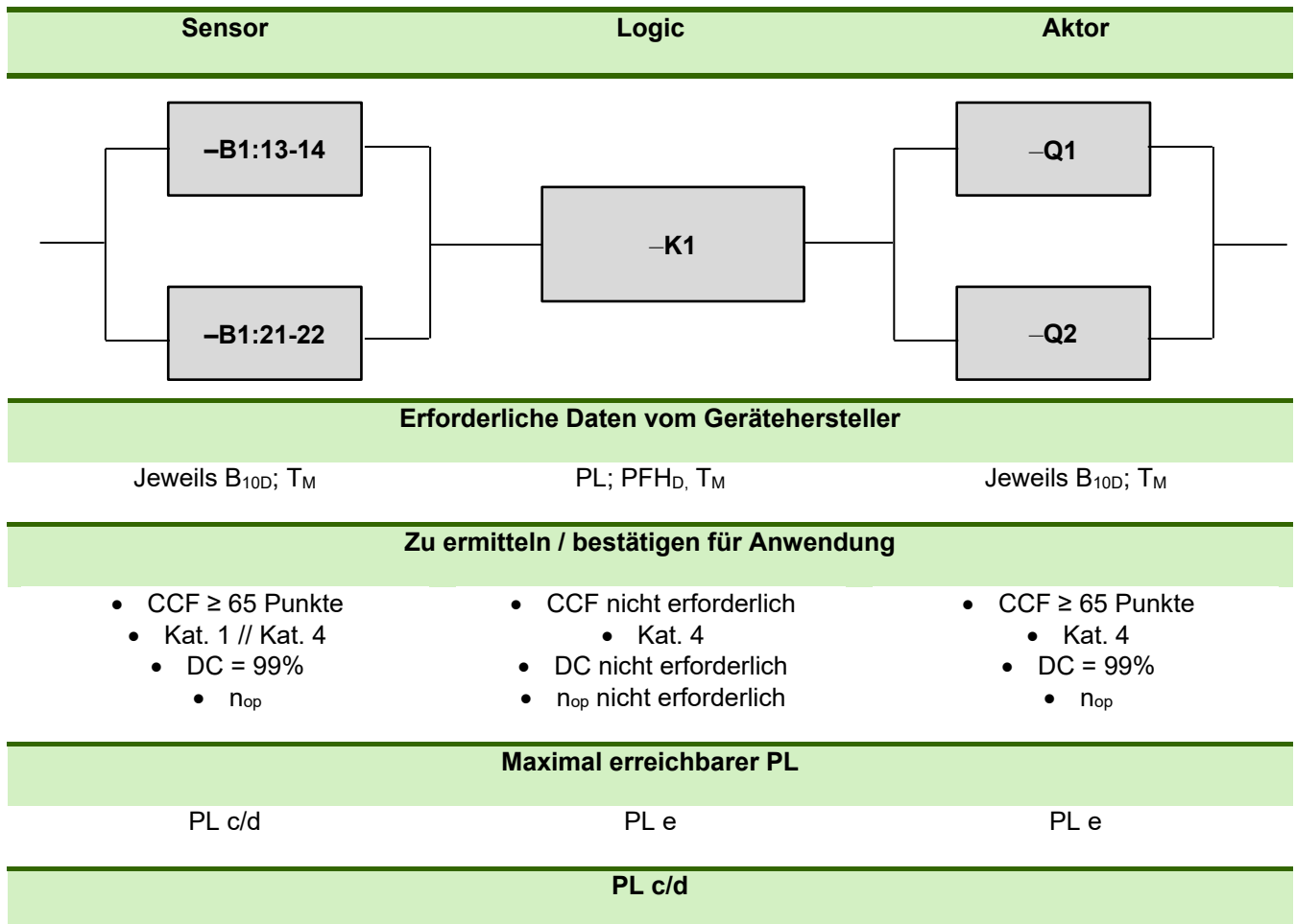
### 3.7.4 Produkte (Optionen)

<b>Produkt</b>	
–B1 	Verriegelungseinrichtung Bauart 2 (Türschalter mit getrenntem Betätiger) <b>sensor</b> PRO: SMS2x40 Bestellnummer: R1.320.2040.0
–K1 	Sicherheitsschaltgerät <b>safe</b> RELAY: SNO 4083KM Bestellnummer: R1.188.3580.0
–Q1; –Q2	Leistungsschütz mit folgenden Eigenschaften: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schütz mit zwangsgeführten Rückführkontakten.</li> <li>• Geeignet für die zu erwartende Schaltlast und Frequenz</li> <li>• Herstellerangabe von <math>B_{10D}</math> und <math>T_M</math></li> </ul>

# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, mech. – zweikanalig antivalent in PL c/d

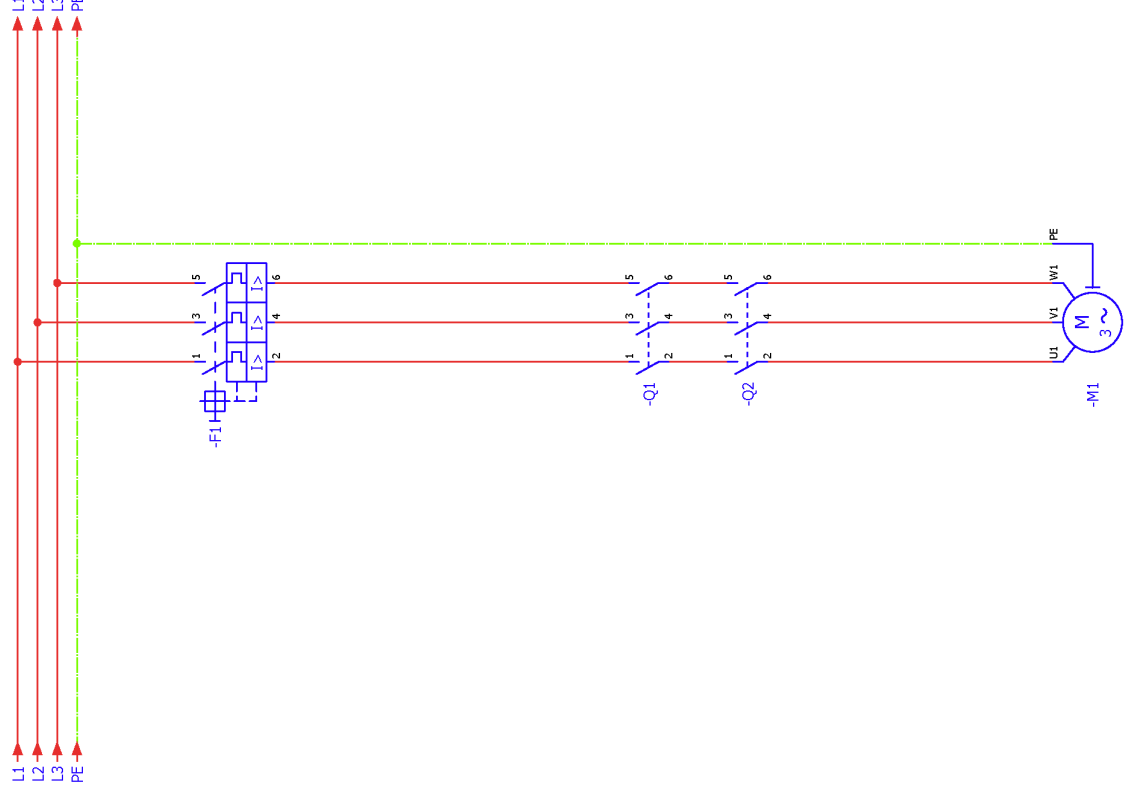
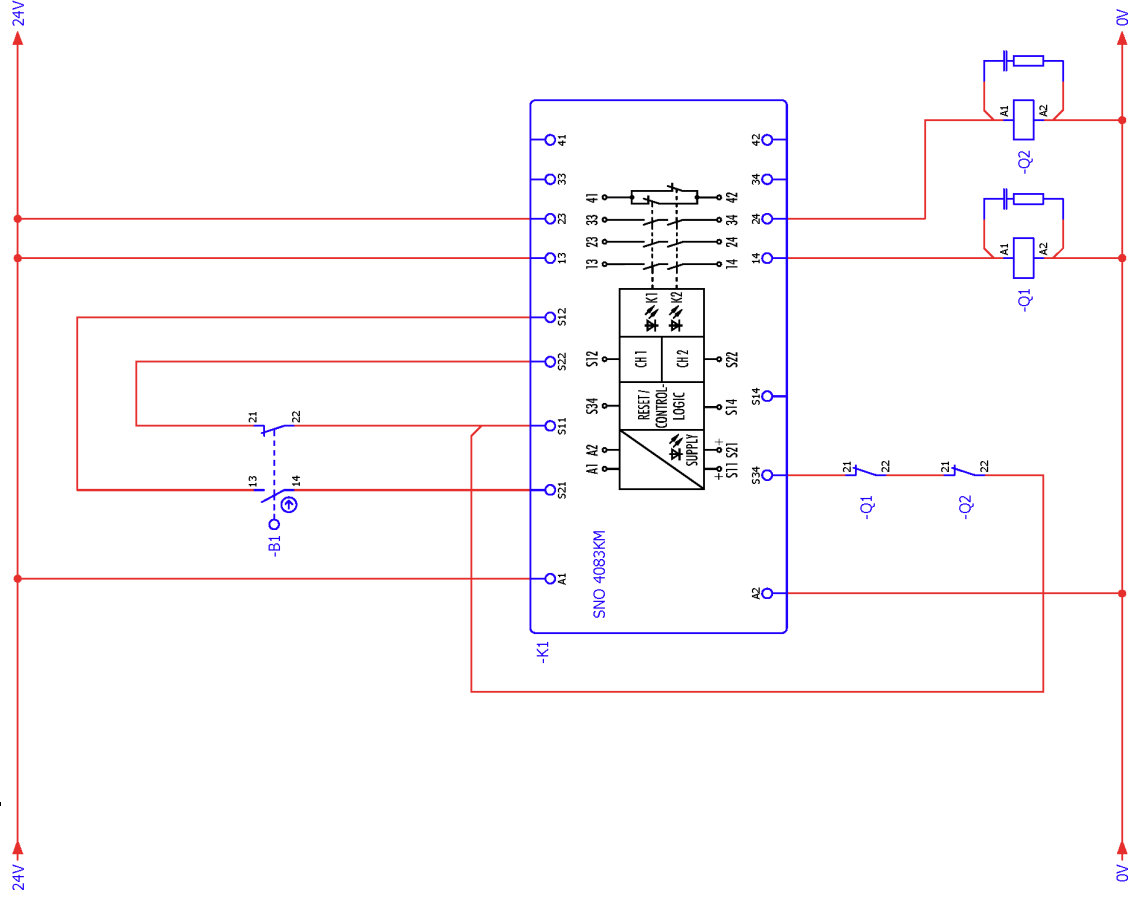
## 3.7.5 Modellierung gemäß EN ISO 13849-1



# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, mech. – zweikanalig antivalent in PL c/d

## 3.7.6 Schaltplan



# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, mech. & magnetisch – je einkanalig in PL e

## 3.8 Türschalter, mech. & magnetisch – je einkanalig in PL e

### 3.8.1 Sicherheitsfunktion

<b>Sicherheitsfunktion</b>	Durch Öffnen der Tür werden alle Antriebe der Anlage still gesetzt / energiefrei geschaltet.
<b>Auslösendes Ereignis</b>	Öffnen der Tür durch den Bediener.
<b>Reaktion</b>	Spannungsfreischnalten der Antriebe.
<b>Sicherer Zustand</b>	Antriebe sind energiefrei.

### 3.8.2 Beschreibung

<b>Funktion</b>	Durch das Öffnen der Tür(en) wird: <ul style="list-style-type: none"><li>• der Türschalter –B1 betätigt</li><li>• der Türschalter –B2 betätigt</li><li>• der Eingangskreis am Sicherheitsschaltgerät –K1 wird unterbrochen</li><li>• die Sicherheitskontakte von –K1 öffnen</li><li>• die zwangsgeführten Schütze –Q1 und –Q2 fallen ab.</li><li>• die Maschine 1 wird gestoppt.</li></ul>
<b>Manuelle Rückstellfunktion (Manual Reset)</b>	Die manuelle Rückstellung der Sicherheitsfunktion geschieht durch das Schließen der Tür. Die Türschalter –B1 und –B2 werden geschlossen. Es ist konstruktiv sichergestellt, dass die Tür(en) sich nicht unbeabsichtigt schließen können.
<b>Start-/Wiederanlauf-funktion (Restart)</b>	Die Start-/Wiederanlauf-funktion geschieht durch Schließen der Tür. Ein Start-/Wiederanlauf darf nur möglich sein wenn: <ul style="list-style-type: none"><li>• Die Tür geschlossen ist</li><li>• Zwangsgeführten Schütze –Q1 und –Q2 abgefallen sind</li></ul> Ein Hintertreten der Türe ist konstruktiv ausgeschlossen.
<b>Rückführkreis</b>	Die zwangsgeführten Öffnerkontakte der Schütze –Q1 und –Q2 werden in dem Rückführkreis des Sicherheitsschaltgerätes –K1 überwacht.




# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, mech. & magnetisch – je einkanlig in PL e

## 3.8.3 Sicherheitsbetrachtung

<b>Sensorik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erdschlüsse, Querschlüsse und Schlüsse gegen 24V im Eingangskreis werden durch Testimpulse auf den Sensorleitungen durch –K1 erkannt.</li> <li>• Ein Einzelfehler führt aufgrund der diversitären Redundanz nicht zum Verlust der Sicherheit</li> <li>• Diagnose mittels „Kreuzvergleich mit Dynamisierung und hochwertiger Fehlererkennung“ durch –K1. DC = 99%</li> </ul>
<b>Aktorik</b>	<p>Aufgrund der getrennten Ansteuerung von –Q1 und –Q2, sowie der hochwertigen Diagnose mittels Rücklesen der Kontakte, kann auf eine geschützte Verlegung der Leitung zwischen –Q1 und –Q2 verzichtet werden.</p> <p>Die Schütze verfügen über zwangsgeführte Rückführkontakte. DC = 99%</p>

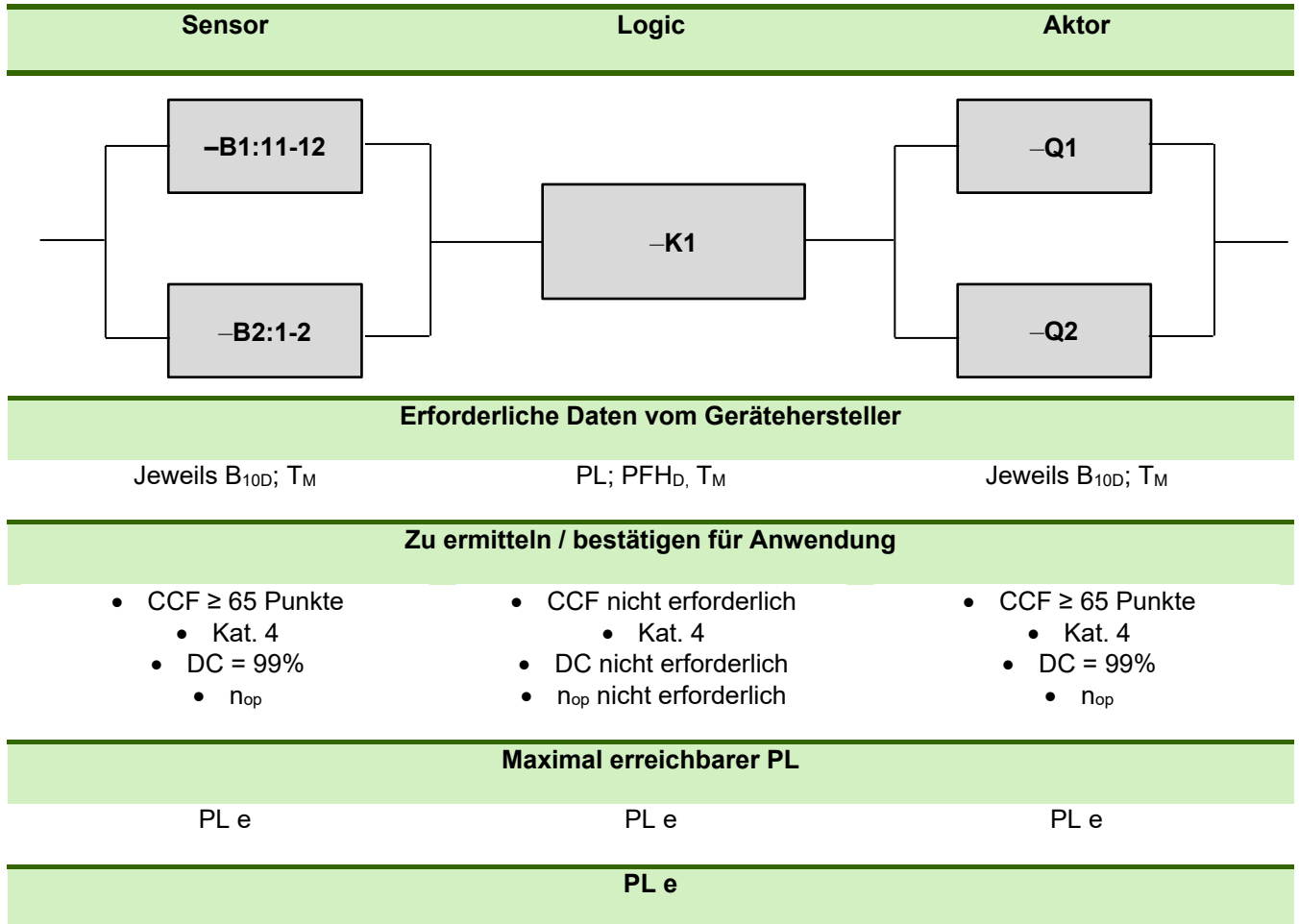
## 3.8.4 Produkte (Optionen)

	Produkt
<b>–B1</b> 	<p>Verriegelungseinrichtung Bauart 2 (Türschalter mit getrenntem Betätiger) und federkraftverriegelter Zuhaltung  <b>sensor</b> PRO: SIN11xx                      Bestellnummer: R1.310.1150.0</p> <p><i>Anmerkung: Da diese Anforderung häufig in Kombination mit Türzuhaltungen auftritt, hier ein Türschalter mit federkraftverriegelter Zuhaltung. Wird keine Zuhaltung benötigt kann auf eine Type ohne Zuhaltung zurückgegriffen werden, z.B. SMS3x10 Bestellnummer: R1.320.3010.0.</i></p>
<b>–B2</b> 	<p>Verriegelungseinrichtung Bauart 3 (Türschalter mit magnetischer Wirkweise)  <b>sensor</b> PRO: SMA01xx                      Bestellnummer: R1.100.0113.0</p>
<b>–K1</b> 	<p>Sicherheitsschaltgerät  <b>safe</b> RELAY: SNO 4063K/KM                      Bestellnummer: R1.188.1280.0</p>
<b>–Q1; –Q2</b>	<p>Leistungsschütz mit folgenden Eigenschaften:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schütz mit zwangsgeführten Rückführkontakten.</li> <li>• Geeignet für die zu erwartende Schaltlast und Frequenz</li> <li>• Herstellerangabe von B<sub>10D</sub> und T<sub>M</sub></li> </ul>

# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, mech. & magnetisch – je einkanalig in PL e

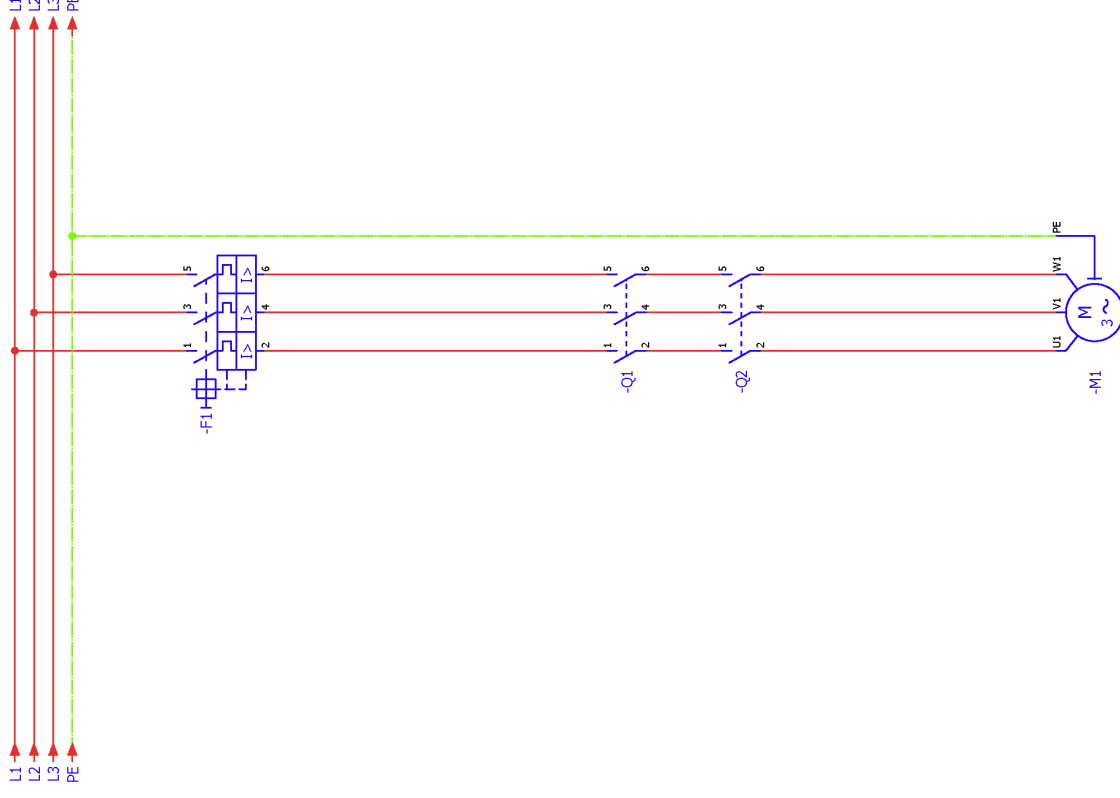
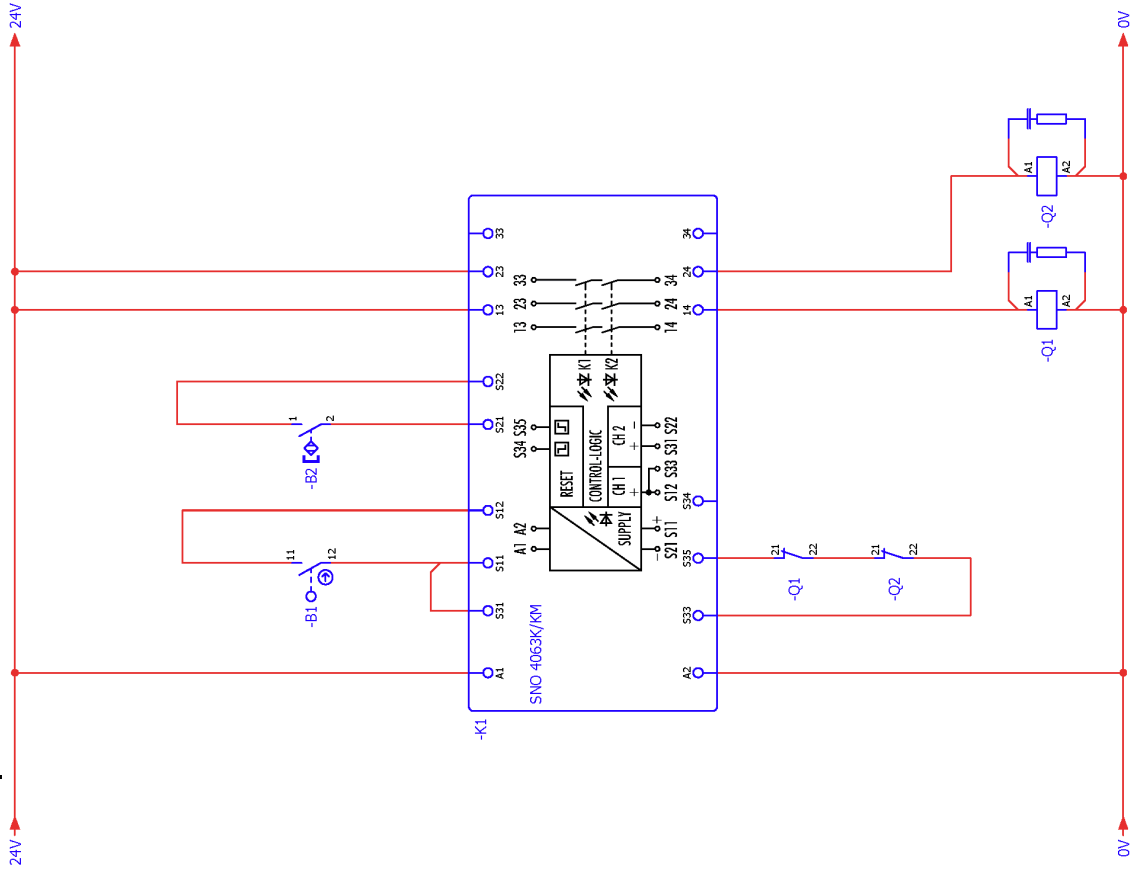
## 3.8.5 Modellierung gemäß EN ISO 13849-1



# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, mech. & magnetisch – je einkanalig in PL e

## 3.8.6 Schaltplan



# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, magn. – zweikanalig, äquivalent in PL e

## 3.9 Türschalter, magn. – zweikanalig, äquivalent in PL e

### 3.9.1 Sicherheitsfunktion

<b>Sicherheitsfunktion</b>	Durch Öffnen der Tür werden alle Antriebe der Anlage still gesetzt / energiefrei geschaltet.
<b>Auslösendes Ereignis</b>	Öffnen der Tür durch den Bediener.
<b>Reaktion</b>	Spannungsfreischalten der Antriebe.
<b>Sicherer Zustand</b>	Antriebe sind energiefrei.

### 3.9.2 Beschreibung

<b>Funktion</b>	Durch das Öffnen der Tür(en) wird: <ul style="list-style-type: none"><li>• der Türschalter –B1 betätigt</li><li>• der Eingangskreis am Sicherheitsschaltgerät –K1 wird unterbrochen</li><li>• die Sicherheitskontakte von –K1 öffnen</li><li>• die zwangsgeführten Schütze –Q1 und –Q2 fallen ab.</li><li>• die Maschine 1 wird gestoppt.</li></ul>
<b>Manuelle Rückstellfunktion (Manual Reset)</b>	Die manuelle Rückstellung der Sicherheitsfunktion geschieht durch das Schließen der Tür. Der Türschalter –B1 wird geschlossen. Es ist konstruktiv sichergestellt, dass die Tür sich nicht unbeabsichtigt schließen kann.
<b>Start-/Wiederanlauf-funktion (Restart)</b>	Die Start/Wiederanlauf-funktion geschieht durch Schließen der Tür. Ein Start/Wiederanlauf darf nur möglich sein wenn: <ul style="list-style-type: none"><li>• Die Tür geschlossen ist</li><li>• Zwangsgeführten Schütze –Q1 und –Q2 abgefallen sind</li></ul> Ein Hintertreten der Türe ist konstruktiv ausgeschlossen.
<b>Rückführkreis</b>	Die zwangsgeführten Öffnerkontakte der Schütze –Q1 und –Q2 werden in dem Rückführkreis des Sicherheitsschaltgerätes –K1 überwacht.

### 3.9.3 Sicherheitsbetrachtung



<b>Sensorik</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Erdschlüsse, Querschlüsse und Schlüsse gegen 24V im Eingangskreis werden durch Testimpulse auf den Sensorleitungen durch –K1 erkannt.</li><li>• Diagnose mittels „Kreuzvergleich mit Dynamisierung und hochwertiger Fehlererkennung“ durch –K1. DC = 99%</li></ul>
<b>Aktorik</b>	Aufgrund der getrennten Ansteuerung von –Q1 und –Q2, sowie der hochwertigen Diagnose mittels Rücklesen der Kontakte, kann auf eine geschützte Verlegung der Leitung zwischen –Q1 und –Q2 verzichtet werden.  Die Schütze verfügen über zwangsgeführte Rückführkontakte. DC = 99%



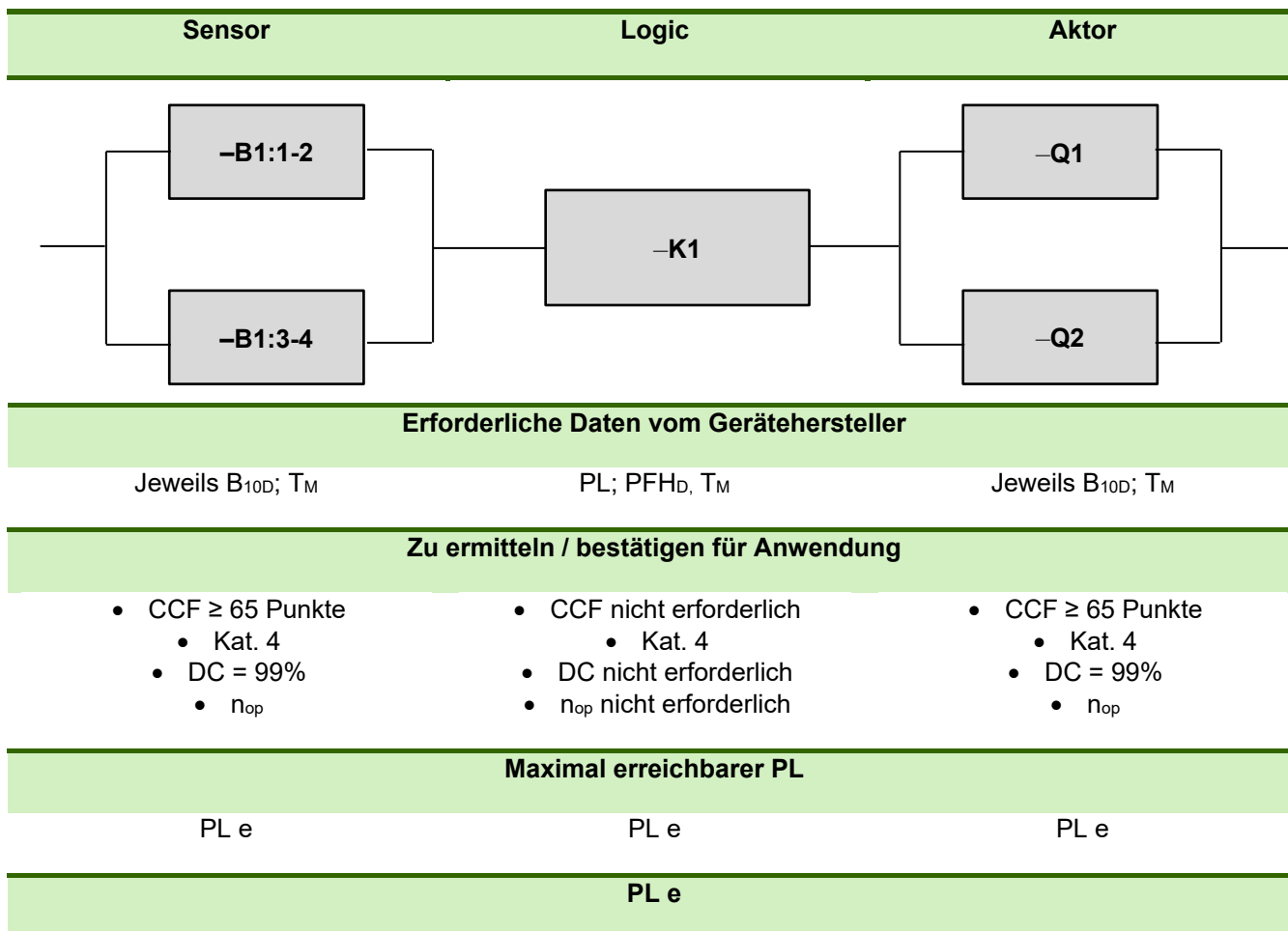
# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, magn. – zweikanalig, äquivalent in PL e

## 3.9.4 Produkte (Optionen)

	Produkt
<b>-B1</b> 	Verriegelungseinrichtung Bauart 3 (Türschalter mit magnetischer Wirkweise) <b>sensor</b> PRO: SMA01xx Bestellnummer: R1.100.0113.0
<b>-K1</b> 	Sicherheitsschaltgerät <b>safe</b> RELAY: SNA 4043K/KM Bestellnummer: R1.188.3250.0
<b>-Q1; -Q2</b>	Leistungsschutz mit folgenden Eigenschaften: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schütz mit zwangsgeführten Rückführkontakten.</li> <li>• Geeignet für die zu erwartende Schaltlast und Frequenz</li> <li>• Herstellerangabe von <math>B_{10D}</math> und <math>T_M</math></li> </ul>

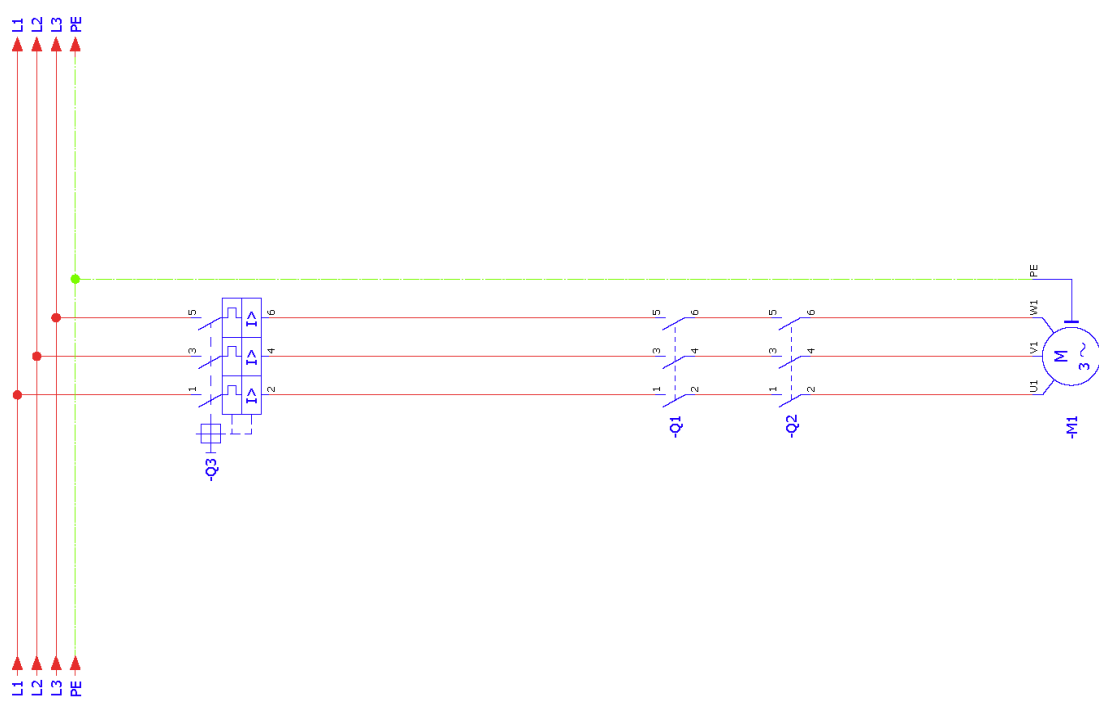
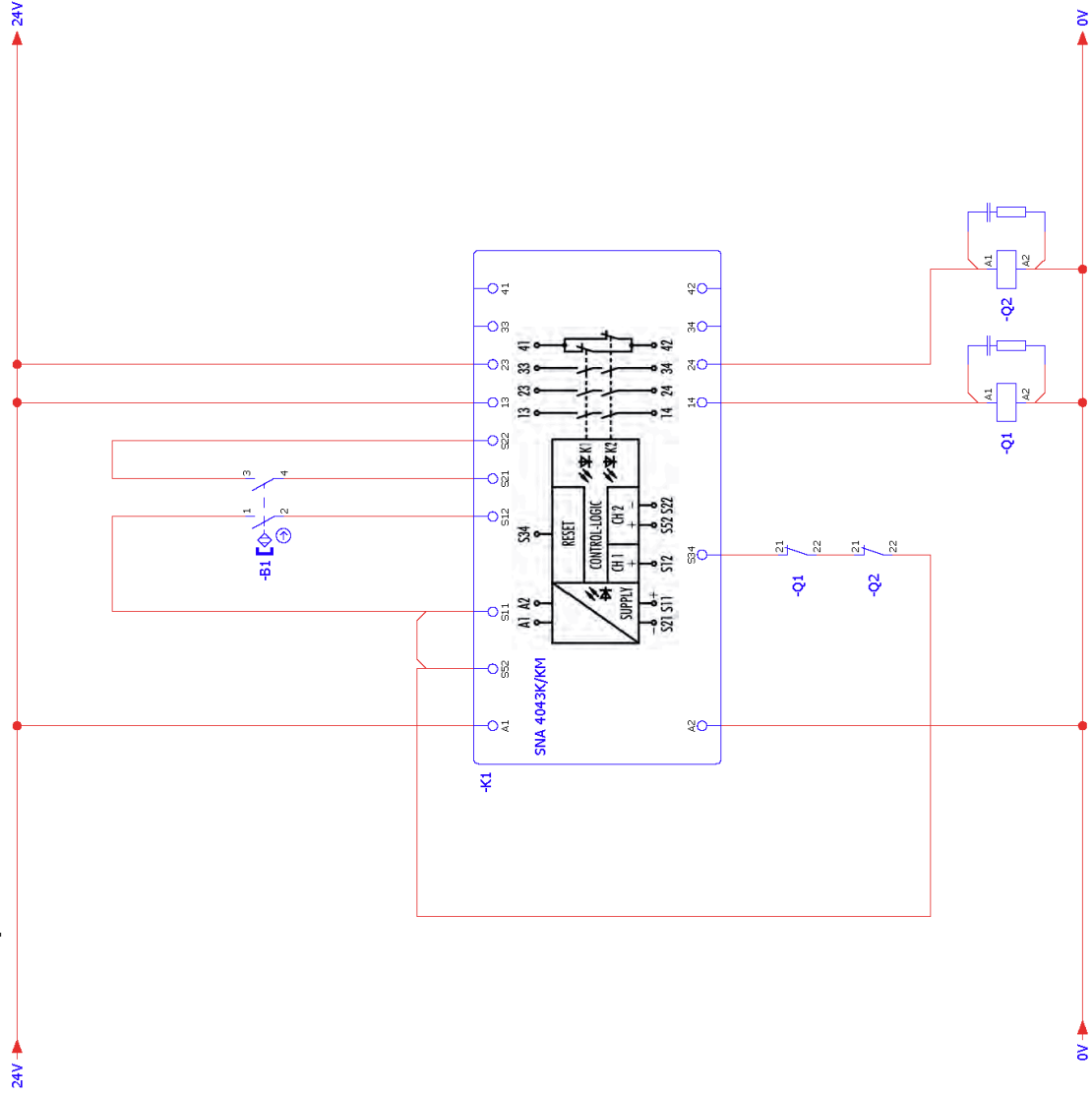
## 3.9.5 Modellierung gemäß EN ISO 13849-1



# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, magn. – zweikanalig, äquivalent in PLe

## 3.9.6 Schaltplan



# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, magn. – zweikanalig, antivalent in PL e

## 3.10 Türschalter, magn. – zweikanalig, antivalent in PL e

### 3.10.1 Sicherheitsfunktion

<b>Sicherheitsfunktion</b>	Durch Öffnen der Tür werden alle Antriebe der Anlage still gesetzt / energiefrei geschaltet.
<b>Auslösendes Ereignis</b>	Öffnen der Tür durch den Bediener.
<b>Reaktion</b>	Spannungsfreischnalten der Antriebe.
<b>Sicherer Zustand</b>	Antriebe sind energiefrei.

### 3.10.2 Beschreibung

<b>Funktion</b>	Durch das Öffnen der Tür(en) wird: <ul style="list-style-type: none"><li>• der Türschalter –B1 betätigt</li><li>• der Eingangskreis am Sicherheitsschaltgerät –K1 wird unterbrochen</li><li>• die Sicherheitskontakte von –K1 öffnen</li><li>• die zwangsgeführten Schütze –Q1 und –Q2 fallen ab.</li><li>• die Maschine 1 wird gestoppt.</li></ul>
<b>Manuelle Rückstellfunktion (Manual Reset)</b>	Die manuelle Rückstellung der Sicherheitsfunktion geschieht durch das Schließen der Tür. Der Türschalter –B1 wird geschlossen. Es ist konstruktiv sichergestellt, dass die Tür sich nicht unbeabsichtigt schließen kann.
<b>Start-/Wiederanlauf-funktion (Restart)</b>	Die Start/Wiederanlauf-funktion geschieht durch Betätigen von –S2. Ein Start/Wiederanlauf darf nur möglich sein wenn: <ul style="list-style-type: none"><li>• Die Tür geschlossen ist</li><li>• Zwangsgeführten Schütze –Q1 und –Q2 abgefallen sind</li></ul> Ein Hintertreten der Türe ist konstruktiv ausgeschlossen.
<b>Rückführkreis</b>	Die zwangsgeführten Öffnerkontakte der Schütze –Q1 und –Q2 werden in dem Rückführkreis des Sicherheitsschaltgerätes –K1 überwacht.



### 3.10.3 Sicherheitsbetrachtung

<b>Sensorik</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Erdschlüsse, Querschlüsse und Schlüsse gegen 24V im Eingangskreis werden durch antivalente Signale auf den Sensorleitungen durch –K1 erkannt.</li><li>• Diagnose mittels „Kreuzvergleich mit Dynamisierung und hochwertiger Fehlererkennung“ durch –K1. DC = 99%</li></ul>
<b>Aktorik</b>	Aufgrund der getrennten Ansteuerung von –Q1 und –Q2, sowie der hochwertigen Diagnose mittels Rücklesen der Kontakte, kann auf eine geschützte Verlegung der Leitung zwischen –Q1 und –Q2 verzichtet werden.  Die Schütze verfügen über zwangsgeführte Rückführkontakte. DC = 99%

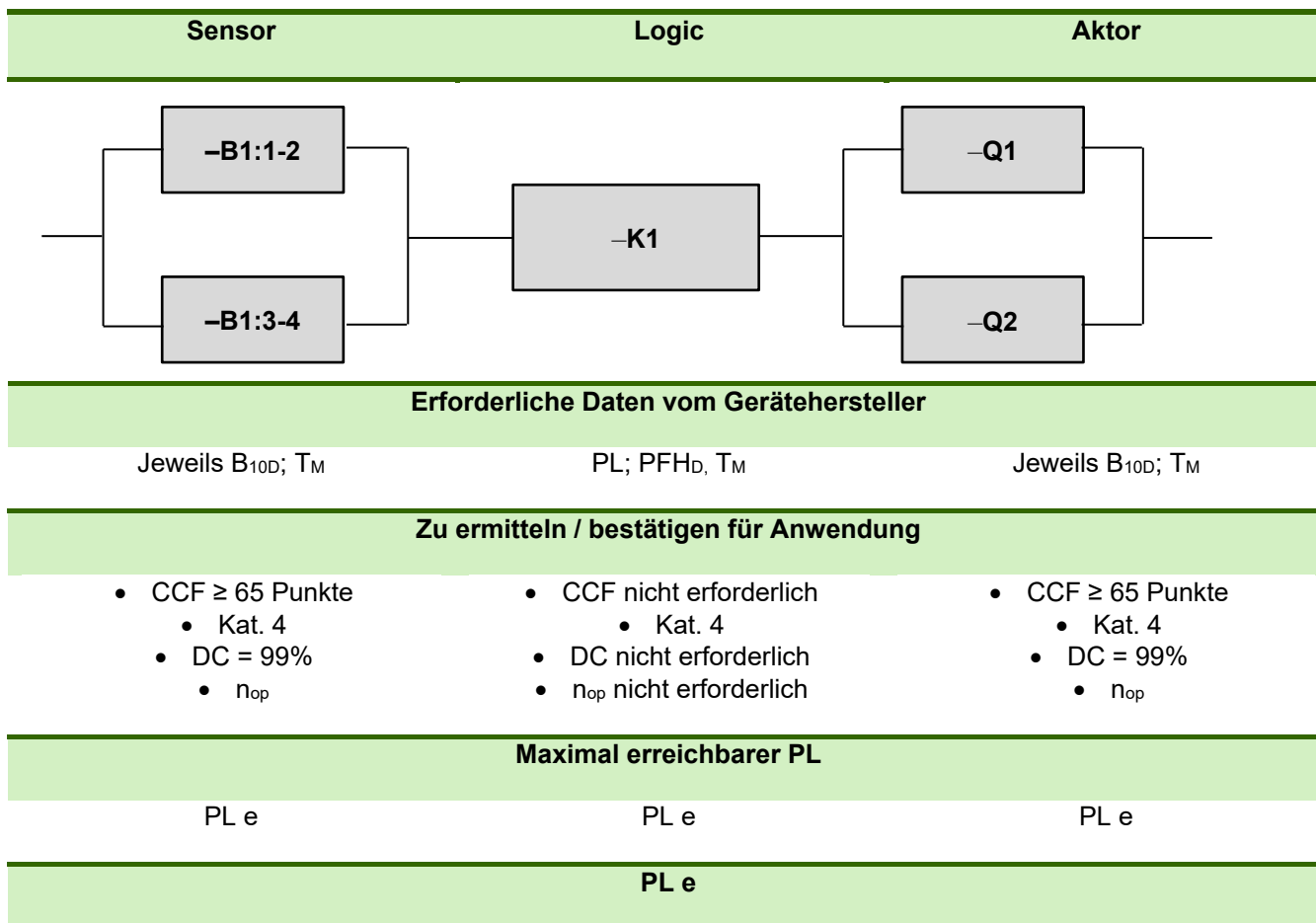
# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, magn. – zweikanalig, antivalent in PL e

## 3.10.4 Produkte (Optionen)

	Produkt
<b>-B1</b> 	Verriegelungseinrichtung Bauart 3 (Türschalter mit magnetischer Wirkweise) <b>sensor</b> PRO: SMA01xx Bestellnummer: R1.100.0113.0
<b>-K1</b> 	Sicherheitsschaltgerät <b>safe</b> RELAY: SNO 4083KM Bestellnummer: R1.188.3580.0
<b>-Q1; -Q2</b>	Leistungsschutz mit folgenden Eigenschaften: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schütz mit zwangsgeführten Rückführkontakten.</li> <li>• Geeignet für die zu erwartende Schaltlast und Frequenz</li> <li>• Herstellerangabe von <math>B_{10D}</math> und <math>T_M</math></li> </ul>

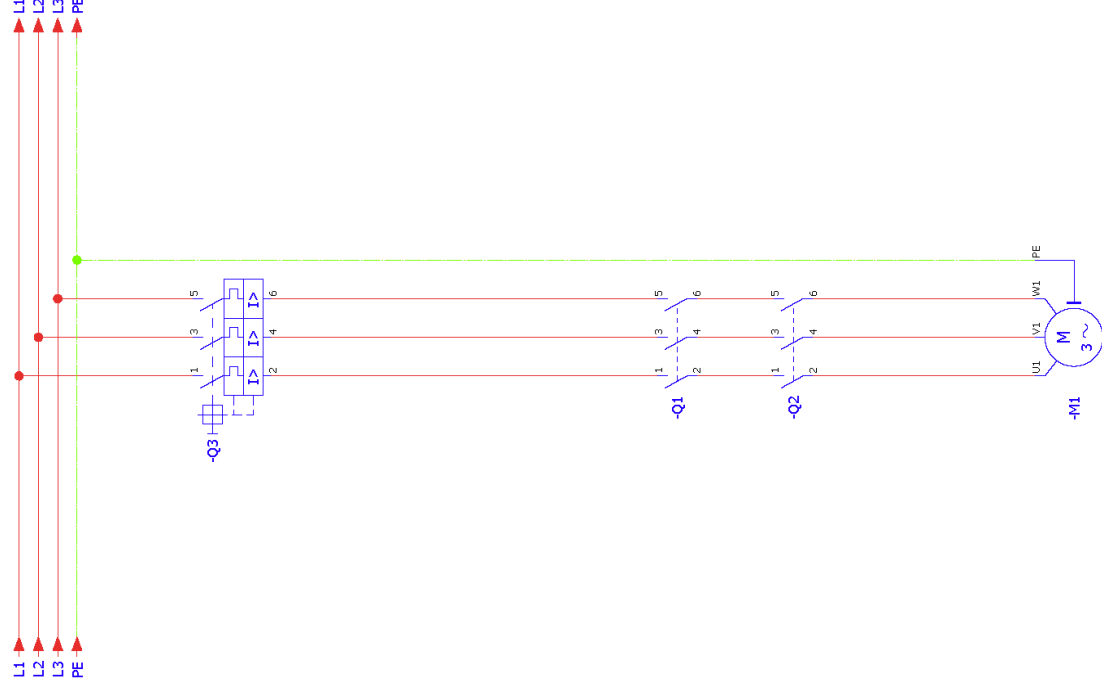
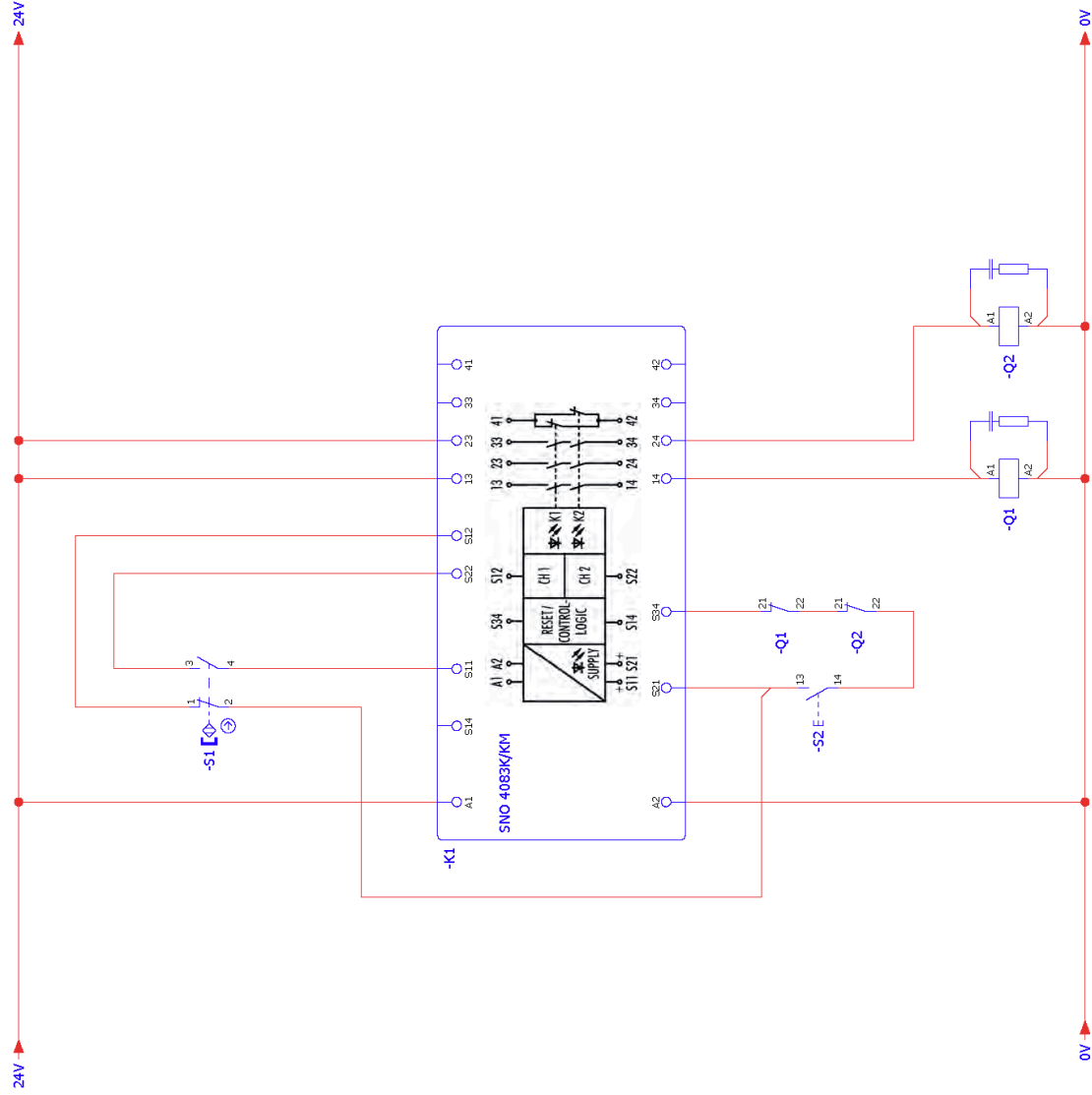
## 3.10.5 Modellierung gemäß EN ISO 13849-1



# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, magn. – zweikanalig, antivalent in PLe

## 3.10.6 Schaltplan



## Türschalter, magn. und Trittmatte – querschließend in PL d

### 3.11 Türschalter, magn. und Trittmatte – querschließend in PL d

#### 3.11.1 Sicherheitsfunktion

<b>Sicherheitsfunktion</b>	Beim Öffnen der Türe –B1 sowie beim Betreten der Trittmatte –S1 (Schaltmatte) werden alle Antriebe der Anlage energiefrei geschaltet. Ein Rücksetzen der Sicherheitsfunktion darf nur bei freigegebener Trittmatte –S1 möglich sein.
<b>Auslösendes Ereignis</b>	Bediener öffnet die Türe –B1 oder betritt Trittmatte –S1
<b>Reaktion</b>	Spannungsfreischalten der Antriebe.
<b>Sicherer Zustand</b>	Antriebe sind energiefrei.



#### 3.11.2 Beschreibung

<b>Funktion</b>	<p>Durch das Öffnen der Türe –B1 werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die beiden Kanäle von –B1 geöffnet</li> <li>• Eingangskreis –K1:T3-I3 und –K1:T4-I4 wird geöffnet</li> <li>• der Sicherheitskontakt –K1:Q1 öffnet</li> <li>• die zwangsgeführten Schütze –Q1 und –Q2 fallen ab.</li> <li>• die Maschine 1 wird gestoppt.</li> </ul> <p>Durch das Betreten der Trittmatte –S1 werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• werden die beiden Kreise von –S1 gegeneinander kurzgeschlossen</li> <li>• der Kurzschluss des Eingangskreises –K1:T1-I1 und –K1:T2-I2 wird von –K1 erkannt</li> <li>• der Sicherheitskontakt –K1:Q1 öffnet</li> <li>• die zwangsgeführten Schütze –Q1 und –Q2 fallen ab.</li> <li>• die Maschine 1 wird gestoppt.</li> </ul>
<b>Manuelle Rückstellfunktion (Manual Reset)</b>	<p>Das manuelle Rücksetzen der Sicherheitsfunktion geschieht durch Schließen der Türe –B1. Voraussetzungen hierfür:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gefahrenbereich muss geräumt sein</li> <li>• Trittmatte –S1 nicht betätigt</li> <li>• Es ist konstruktiv sichergestellt, dass die Tür –B1 sich nicht unbeabsichtigt schließen kann.</li> </ul>
<b>Start-/Wiederanlauf-funktion (Restart)</b>	<p>Die Start-/Wiederanlauf-funktion geschieht durch Schließen der Tür. Ein Start-/Wiederanlauf darf nur möglich sein wenn:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Tür –B1 geschlossen ist</li> <li>• Die Trittmatte –S1 nicht betätigt ist</li> <li>• Zwangsgeführten Schütze –Q1 und –Q2 abgefallen sind</li> </ul>
<b>Rückführkreis</b>	Die zwangsgeführten Öffnerkontakte der Schütze –Q1 und –Q2 werden in dem Rückführkreis des Sicherheitsschaltgerätes –K1 überwacht.

### 3.11.3 Sicherheitsbetrachtung

<b>Sensorik</b>	<p>Türschalter –B1 und Trittmatte –S1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erdschlüsse, Querschlüsse und Schlüsse gegen 24V im Eingangskreis von –B1 und –S1 werden durch Testimpulse auf den Sensorleitungen durch –K1 erkannt.</li> <li>• –B1: Diagnose mittels „Kreuzvergleich mit Dynamisierung und hochwertiger Fehlererkennung“ durch –K1. DC = 99%</li> <li>• –S1: Diagnose mittels „Kreuzvergleich mit Dynamisierung ohne hochwertige Fehlererkennung“ durch –K1. DC = 90%</li> </ul>
<b>Aktorik</b>	<p>Aufgrund der getrennten Ansteuerung von –Q1 und –Q2, sowie der hochwertigen Diagnose mittels Rücklesen der Kontakte, kann auf eine geschützte Verlegung der Leitung zwischen –Q1 und –Q2 verzichtet werden.</p> <p>Die Schütze verfügen über zwangsgeführte Rückführkontakte. DC = 99%</p>

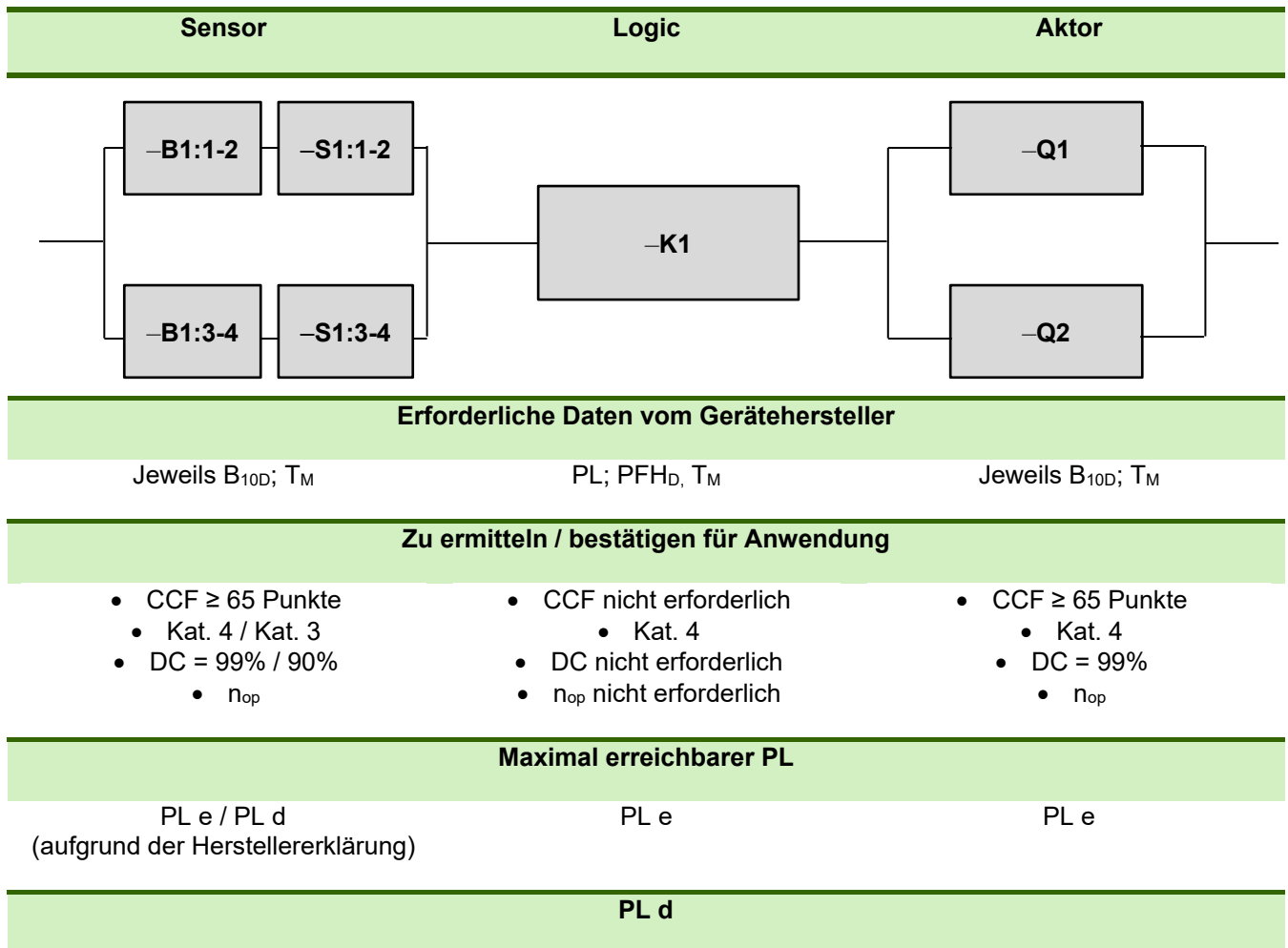
### 3.11.4 Produkte (Optionen)

	<b>Produkt</b>
<p>–B1</p> 	<p>Verriegelungseinrichtung Bauart 3 (Türschalter mit magnetischer Wirkweise)  <b>sensor</b> PRO: SMA01xx                      Bestellnummer: R1.100.0113.0</p>
<p>–S1</p>	<p>Kurzschlussbildende Trittmatte mit folgenden Anforderungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Muss den zu erwartenden Belastungen genügen</li> <li>• Anzahl der elektrischen Schaltzyklen muss der zu erwartenden Nutzungsfrequenz genügen</li> <li>• Herstellerangabe von <math>B_{10D}</math> und <math>T_M</math> sowie der erreichbaren Kategorie</li> </ul> <p>Üblicherweise ist die Verwendung derartiger Trittmatten auf PL d, Kat. 3 herstellerseitig begrenzt.</p>
<p>–K1</p> 	<p>Programmierbare Sicherheitssteuerung  <b>samos</b> PRO: SP-COP2                      Bestellnummer: R1.190.1310.0</p>
<p>–Q1; –Q2</p>	<p>Leistungsschütz mit folgenden Eigenschaften:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schütz mit zwangsgeführten Rückführkontakten.</li> <li>• Geeignet für die zu erwartende Schaltlast und Frequenz</li> <li>• Herstellerangabe von <math>B_{10D}</math> und <math>T_M</math></li> </ul>

# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, magn. und Trittmatte – querschließend in PL d

## 3.11.5 Modellierung gemäß EN ISO 13849-1

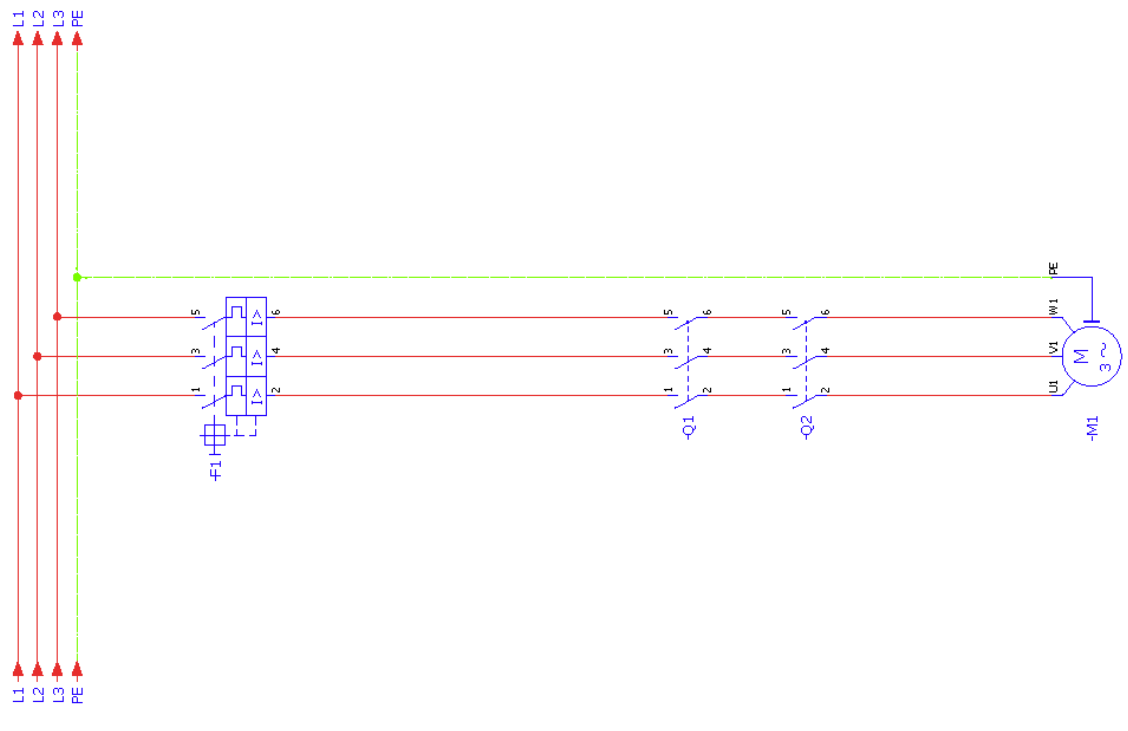
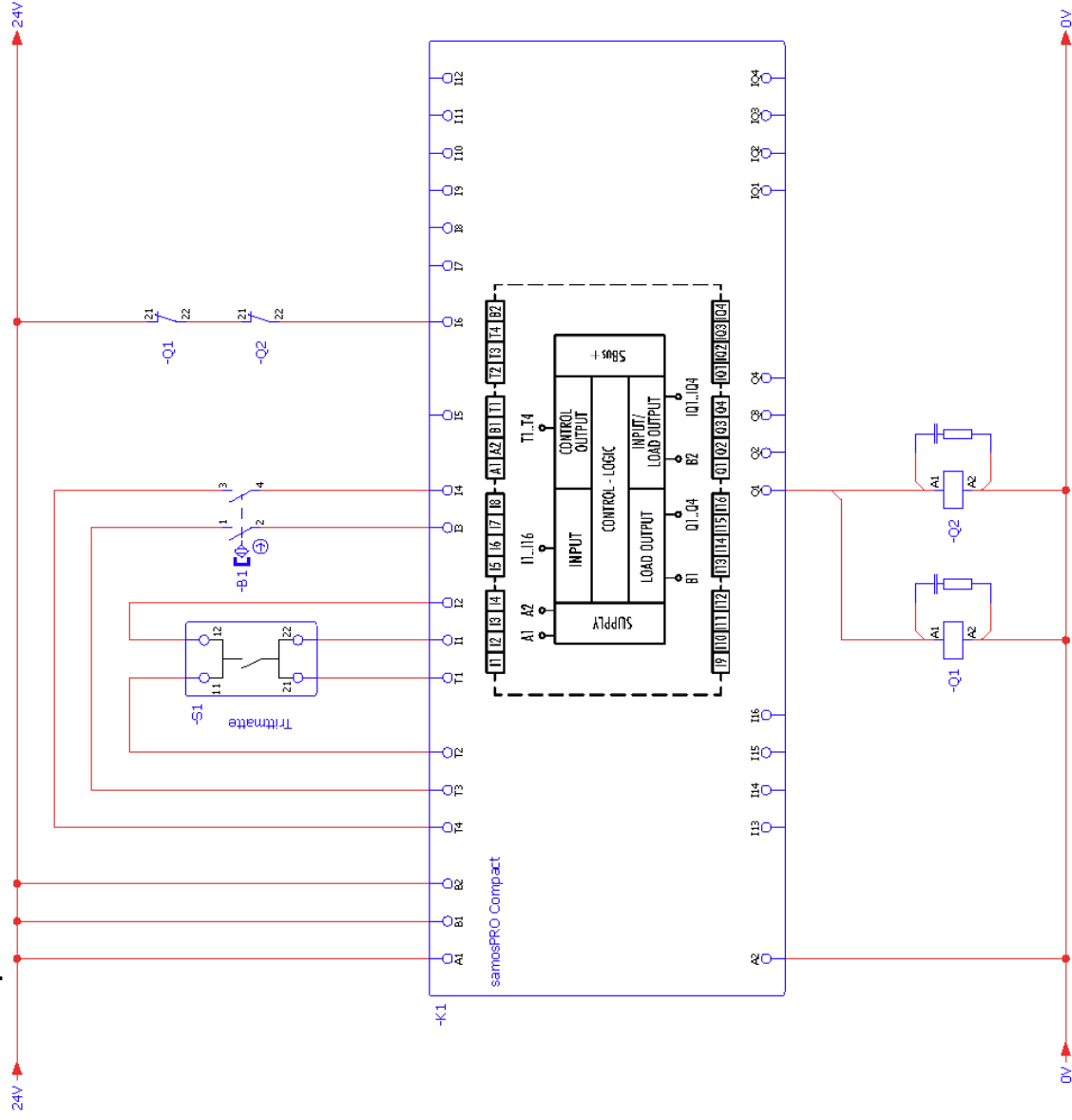




# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, magn. und Trittmatte – querschließend in PL d

## 3.11.6 Schaltplan



## Bumper einkanalig – zwangsöffnend in PL d

### 3.12 Bumper einkanalig – zwangsöffnend in PL d

#### 3.12.1 Sicherheitsfunktion

<b>Sicherheitsfunktion</b>	Durch Betätigen des Bumpers –B4 (Schaltleiste) werden wird der pneumatische Antrieb – M1 der Anlage still gesetzt.
<b>Auslösendes Ereignis</b>	Betätigen des Bumpers –B4 durch den Bediener.
<b>Reaktion</b>	Energiefreischnalten des pneumatischen Antriebes –M1.
<b>Sicherer Zustand</b>	Der Antrieb –M1 ist entlüftet und energiefrei.  <i>Anmerkung: Es wird davon ausgegangen, dass der entlüftete Zustand des Zylinders der sichere Zustand ist. Im Falle eines vertikalen Einbaus ist häufig der druckbehaftete Zustand von –M1 der sichere Zustand da dann kein selbständiges Absacken zu erwarten. Dann ist der Pneumatik-Plan entsprechend anzupassen.</i>


#### 3.12.2 Beschreibung

<b>Funktion</b>	Durch Betätigung des Bumpers –B4 wird: <ul style="list-style-type: none"> <li>• der Eingangskreis am Sicherheitsschaltgerät –K1 wird unterbrochen</li> <li>• die Sicherheitskontakte von –K1 öffnen</li> <li>• die Magnete –Q2:14 und Q2:12 werden energiefrei</li> <li>• das Ventil –Q2 geht in Mittelposition und entlüftet –M1.</li> <li>• Der Antrieb –M1 wird gestoppt.</li> <li>• Zusätzlich wird –Q1 energiefrei geschaltet. Dadurch werden –Q3 und –Q4 ebenfalls energiefrei und –M1 entlüftet über –Q3 und –Q4.</li> <li>• Die Ventile –Q1, –Q3 und –Q4 schalten im Betriebszustand nicht oder nur selten, da über –Q1 meist eine ganze Gruppe von Ventilen abgeschaltet wird.</li> </ul>
<b>Manuelle Rückstellfunktion (Manual reset)</b>	Die manuelle Rückstellfunktion der Sicherheitsfunktion geschieht durch Freigabe des Bumpers –B4.
<b>Start-/Wiederanlauf-funktion (Restart)</b>	Die Start-/Wiederanlauf-funktion geschieht durch Betätigen von –S2. Ein Start-/Wiederanlauf darf nur möglich sein wenn: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bumper –B4 nicht betätigt ist</li> </ul>
<b>Rückführkreis</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Positionsschalter –B1 an –Q1 wird zum direkten Rücklesen der Ventilposition verwendet.</li> <li>• Die Positionsschalter –B2 und –B3 werden im Prozessablauf von –K1 überwacht. Die Vorgabe der Prozessstellung geschieht über zusätzliche Eingänge an –K1</li> </ul>

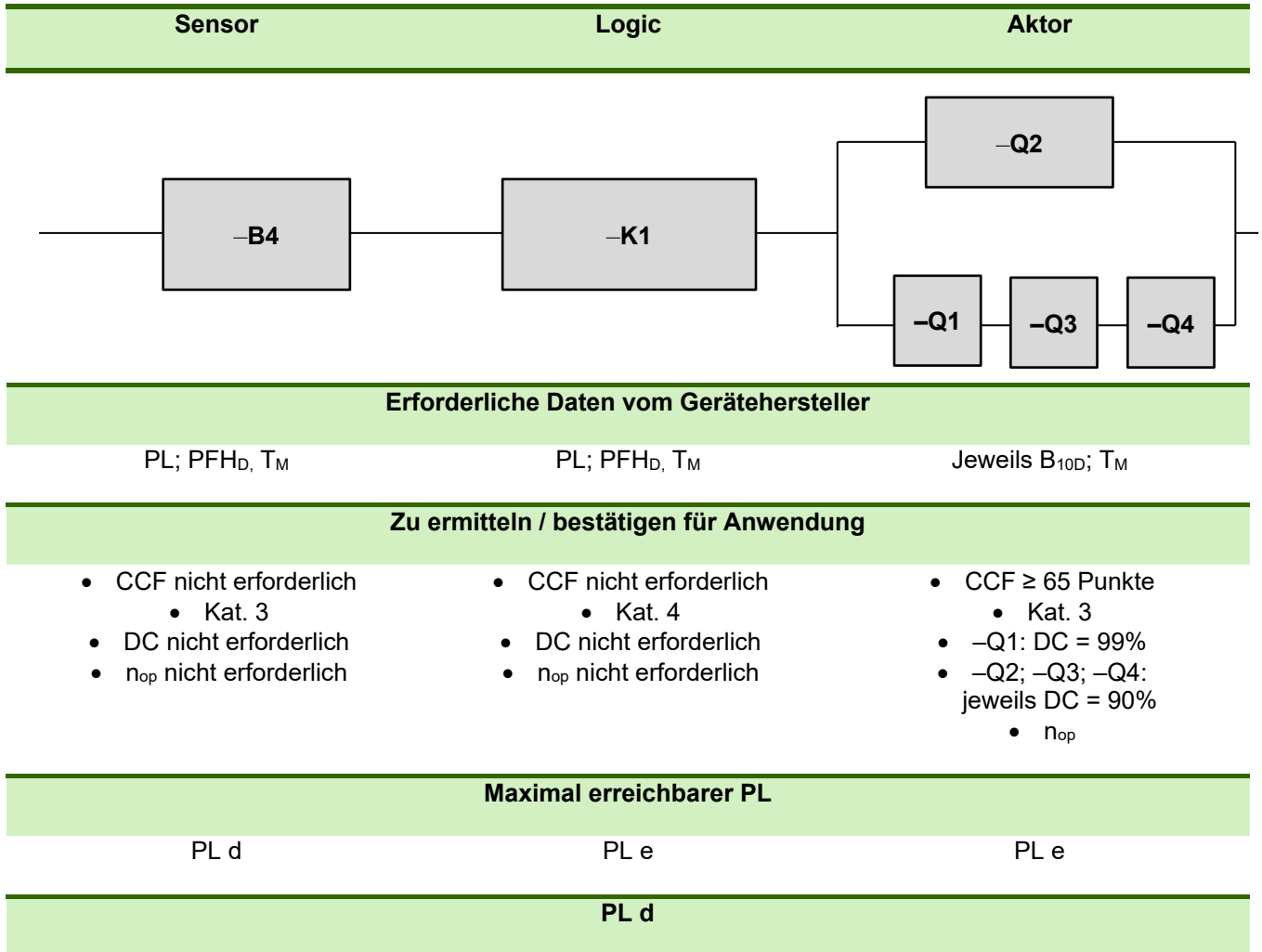
### 3.12.3 Sicherheitsbetrachtung

<b>Sensorik</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Erdschlüsse und Schlüsse gegen 24VDC im Eingangskreis werden durch Testimpulse auf den Sensorleitungen durch –K1 erkannt.</li><li>• Der Sensor ist zwangsöffnend und vom Hersteller als Kat. 3 klassifiziert und zertifiziert.</li><li>• Die Auswertung des Signals erfolgt über einen Eingang auf –K1 der mindestens Kat. 3 hat.</li><li>• Die Herstellervorschriften des Bumpers sind zu beachten. In der Regel wird eine geschützte Verlegung der Leitung gefordert.</li><li>• DC = 90%</li></ul>
<b>Aktorik</b>	<p>Diagnose von –Q1 über –B1</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Direkte Überwachung → DC = 99%</li></ul> <p>Diagnose von –Q2 über –B2 und –B3</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Indirekte Überwachung am Ende des Weges von –M1 → DC = 90%</li></ul> <p>Diagnose von –Q3 und –Q4 über –B2 und –B3</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Nur indirekt und am Ende des Weges von –M1.</li><li>• Nur möglich zu bestimmten Zeiten</li><li>• z.B. Einschalten der Maschine oder Schichtwechsel.</li></ul> <p>Mögliches Testverfahren</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• –M1 an linke Endposition fahren</li><li>• –Q3 und –Q4 sperren</li><li>• –Q2 in Position: Rechtslauf</li><li>• –M1 darf Endposition nicht verlassen. Erkennung durch –B2 bzw. –B3</li><li>• Entsprechend andere Endposition prüfen</li><li>• Wird während des Tests das Verlassen der Endposition erkannt, dann über –Q2 Bewegung beenden.</li><li>• Wenn mindestens 1x je Monat getestet wird: DC = 90% (Vergleiche hierzu auch CNB/M/11.050/R/E Rev.05 vom 18.10.2011)</li></ul>

### 3.12.4 Produkte (Optionen)

	Produkt
-B4	Bumper mit zwangsöffnendem Kontakt und Zusicherung von Kat. 3 / PL d durch den Hersteller.
-K1	 Programmierbare Sicherheitssteuerung <b>samos</b> PRO: SP-COP2 Bestellnummer: R1.190.1310.0
-Q1	2/3 Wegeventil mit folgenden Eigenschaften: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrisch vorgesteuert</li> <li>• Ruhestellung entlüftend</li> <li>• Rückstellung mittels mechanischer bewährter Feder</li> <li>• Geeignet für den zu erwartenden Einsatz</li> <li>• Herstellerangabe von <math>B_{10D}</math> und <math>T_M</math></li> </ul>
-Q2	5/3 Wegeventil mit folgenden Eigenschaften: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrisch vorgesteuert</li> <li>• Ruhestellung entlüftend</li> <li>• Rückstellung mittels mechanischer bewährter Feder</li> <li>• Geeignet für den zu erwartenden Einsatz</li> <li>• Herstellerangabe von <math>B_{10D}</math> und <math>T_M</math></li> </ul>
-Q3, -Q4	Pneumatische 2/3 Wegeventile mit folgenden Eigenschaften: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pneumatisch angesteuert</li> <li>• Ruhestellung entlüftend</li> <li>• Rückstellung mittels mechanischer bewährter Feder</li> <li>• Geeignet für den zu erwartenden Einsatz</li> <li>• Herstellerangabe von <math>B_{10D}</math> und <math>T_M</math></li> </ul>
-B1 bis -B3	Positionsschalter mit folgenden Eigenschaften: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schaltkontakt in Offen Position in der unbetätigten Stellung des Ventils/Zylinders</li> </ul>

### 3.12.5 Modellierung gemäß EN ISO 13849-1



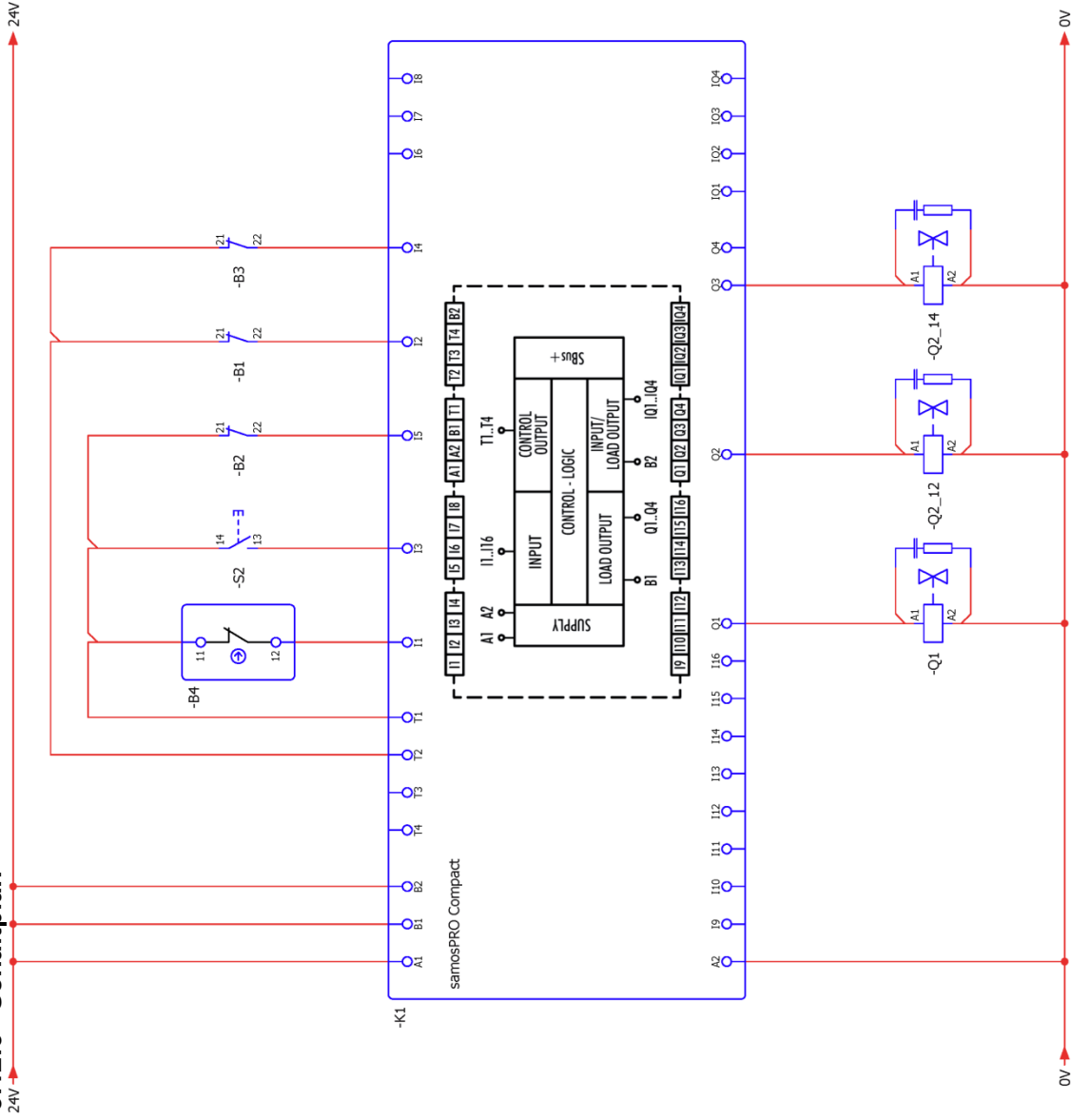
**Anmerkung 1:** n<sub>op</sub> wird in vielen Fällen für jedes der Elemente ein anderer Wert haben, da die Ventile teils nicht bei jeder Betätigung des Bumpers schalten, teils betriebsmäßig öfter als der Bumper.

**Anmerkung 2:** Das Rücklesen von -B1 bis -B3 kann alternativ auch über eine Standardsteuerung erfolgen. Dann ist allerdings die Diagnose Teil des Programms der Standardsteuerung und muss bei der CCF Ermittlung berücksichtigt werden. Die Standardsteuerung geht mathematisch nicht in die Ermittlung des PL und PFH<sub>D</sub> mit ein. Steuerungstechnisch ist das Diagnoseergebnis an -K1 zu übermitteln. Letztlich muss auch das Programm der Standardsteuerung sicherheitstechnisch validiert werden. Insbesondere zu beachten ist dann die erforderliche Validierung nach jeglichen Änderungen am Programm der Standardsteuerung.

# Sicherheitsfunktionen

Bumper einkanlig – zwangsöffnend in PL d

## 3.12.6 Schaltplan



## Zweihand Typ III A in PL c

### 3.13 Zweihand Typ III A in PL c

#### 3.13.1 Sicherheitsfunktion

<b>Sicherheitsfunktion</b>	Durch Wegnehmen der Hände von einem oder beiden Tastern –S1 / –S2 des Zweihand-Bediengeräts wird der Antrieb –T1 still gesetzt.
<b>Auslösendes Ereignis</b>	Entfernen einer oder beider Hände vom Zweihand-Bediengerät –S1 / –S2 durch den Bediener.
<b>Reaktion</b>	Spannungsfreischalten des Antriebs M1.
<b>Sicherer Zustand</b>	Antrieb M1 ist energiefrei.

#### 3.13.2 Beschreibung


<b>Funktion</b>	<p>Durch Entfernen der Hände von den Tastern –S1 und –S2 wird:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• der Eingangskreis –K1:T11–T12 am Sicherheitsschaltgerät –K1 wird geschlossen</li> <li>• der Eingangskreis –K1:T11–T13 am Sicherheitsschaltgerät –K1 wird unterbrochen</li> <li>• die Sicherheitskontakte von –K1:11-14 öffnen</li> <li>• am Frequenzumrichter –T1 wird STO angefordert</li> <li>• die Maschine M1 wird gestoppt.</li> </ul>
<b>Manuelle Rückstellfunktion (Manual reset)</b>	Die manuelle Rückstellfunktion der Sicherheitsfunktion geschieht durch Betätigen der Taster –S1 und –S2 nachdem zuvor beide nicht betätigt waren und die Schalter die zugehörigen Schaltstellungen hatten.
<b>Start-/Wiederaufnahmefunktion (Restart)</b>	<p>Die Start/Wiederaufnahmefunktion geschieht automatisch mit der manuellen Rückstellfunktion.</p> <p><b>Anmerkung: Die Start/Wiederaufnahmefunktion kann von weiteren Zuständen abhängen.</b></p>
<b>Rückführkreis</b>	Wird hier nicht benötigt, da –T1 ein Gerät mit integrierter Diagnose.

#### 3.13.3 Sicherheitsbetrachtung

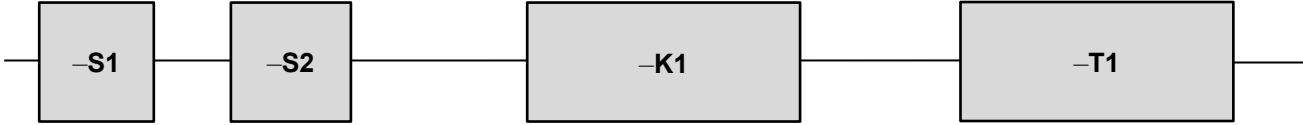
<b>Sensorik</b>	Ein einzelner Fehler kann zum Verlust der Sicherheit führen.
<b>Aktorik</b>	Frequenzumrichter mit integrierter Diagnose und einer Bewertung als PL d.

**Anmerkung:** Werden für –S1 und –S2 Schalter mit Öffner und Schließer Kontakten eingesetzt so sollte jeweils nur der Schließer des einen Tasters und der Öffner des anderen Tasters verwendet werden. Würden Kontakte des einen Schalters in Serie bzw. Parallel mit denen des anderen Tasters verschaltet, so wäre eine Fehlerverdeckung zwingend gegeben. Ein Erstfehler würde dann in keinem Fall aufgedeckt.

### 3.13.4 Produkte (Optionen)

	Produkt
-S1	Taster in NC Ausführung. Erforderliche Kenndaten: <ul style="list-style-type: none"> <li>Herstellerangabe von <math>B_{10D}</math> und <math>T_M</math></li> </ul>
-S2	Taster in NO Ausführung. Erforderliche Kenndaten: <ul style="list-style-type: none"> <li>Herstellerangabe von <math>B_{10D}</math> und <math>T_M</math></li> </ul>
 -K1	Sicherheitsschaltgerät <b>safe RELAY: SNZ 1022K</b> Bestellnummer: R1.188.3700.0
-T1	Sicherer Frequenzumrichter mit integrierter Diagnose und einer Bewertung als PL d. Integrierte Sicherheitsfunktion STO.

### 3.13.5 Modellierung gemäß EN ISO 13849-1

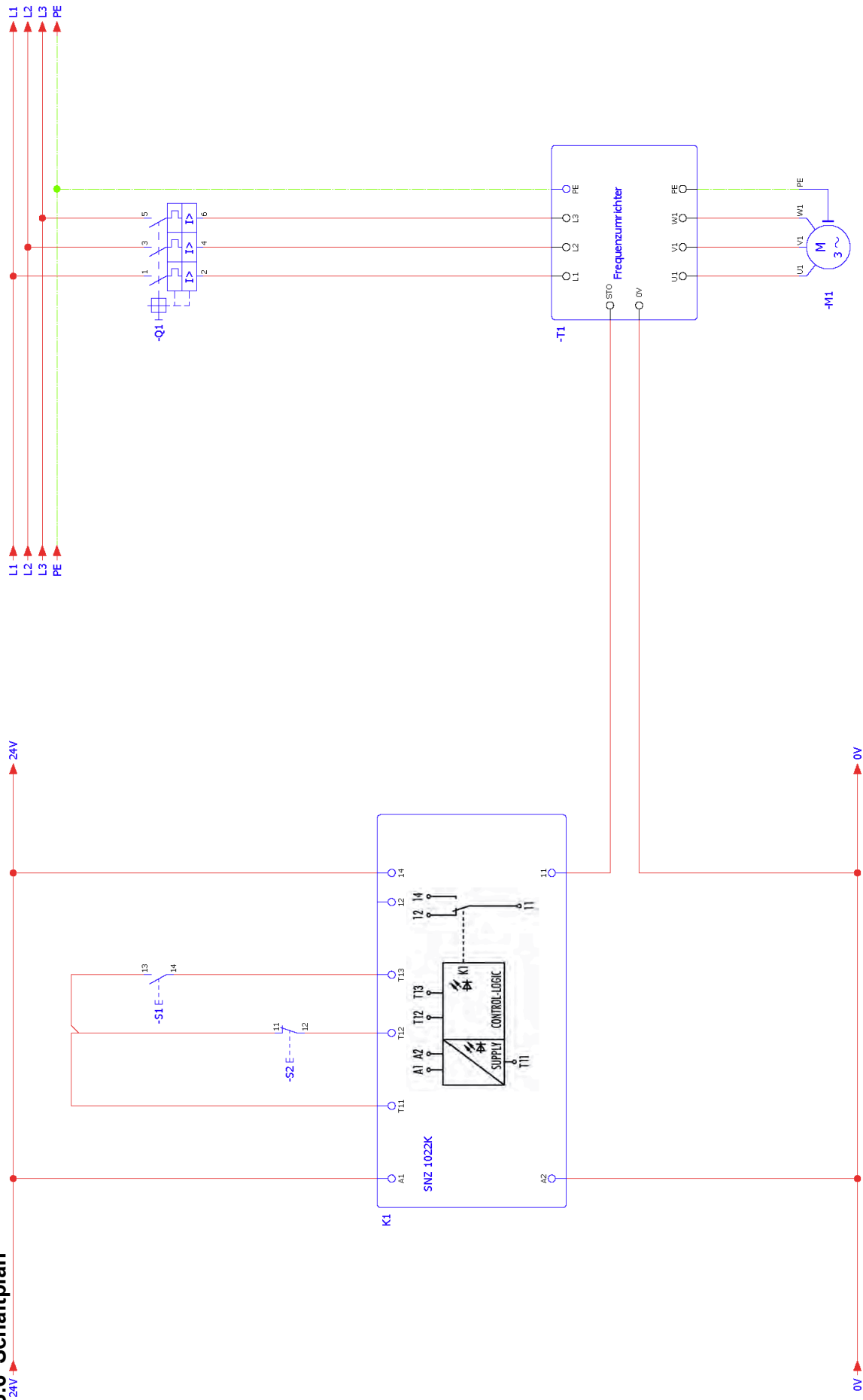
Sensor	Logic	Aktor
		
Erforderliche Daten vom Gerätehersteller		
Jeweils $B_{10D}$ ; $T_M$	PL; PFH <sub>D</sub> , $T_M$	PL; PFH <sub>D</sub> , $T_M$
Zu ermitteln / bestätigen für Anwendung		
<ul style="list-style-type: none"> <li>CCF nicht erforderlich                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Kat. 1</li> </ul> </li> <li>DC nicht erforderlich                             <ul style="list-style-type: none"> <li><math>n_{op}</math></li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CCF nicht erforderlich                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Kat. 1</li> </ul> </li> <li>DC nicht erforderlich</li> <li><math>n_{op}</math> nicht erforderlich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CCF nicht erforderlich                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Kat. 3</li> </ul> </li> <li>DC nicht erforderlich</li> <li><math>n_{op}</math> nicht erforderlich</li> </ul>
Maximal erreichbarer PL		
PL c	PL c	PL d
PL c		



# Sicherheitsfunktionen

Zweihand Typ III A in PL C

## 3.13.6 Schaltplan



## Zweihand Typ III C in PL e

### 3.14 Zweihand Typ III C in PL e

#### 3.14.1 Sicherheitsfunktion

<b>Sicherheitsfunktion</b>	Durch Wegnehmen der Hände von einem oder beiden Tastern –S1 / –S2 des Zweihand-Bediengeräts werden die Antriebe still gesetzt. Der sichere Zustand ist erreicht, wenn alle Antriebe energiefrei sind.
<b>Auslösendes Ereignis</b>	Entfernen einer oder beider Hände vom Zweihand-Bediengerät –S1 / –S2 durch den Bediener.
<b>Reaktion</b>	Energiefreischnalten der Antriebe
<b>Sicherer Zustand</b>	Antrieb ist energiefrei.

#### 3.14.2 Beschreibung


<b>Funktion</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durch Entfernen der Hand vom Taster –S1 wird:</li> <li>• der Eingangskreis –K1:Y11–Y12 am Sicherheitsschaltgerät –K1 wird geschlossen</li> <li>• der Eingangskreis –K1:Y11–Y14 am Sicherheitsschaltgerät –K1 wird geöffnet</li> <li>• Durch Entfernen der Hand vom Taster –S2 wird:</li> <li>• der Eingangskreis –K1:Y21–Y22 am Sicherheitsschaltgerät –K1 wird geschlossen</li> <li>• der Eingangskreis –K1:Y21–Y24 am Sicherheitsschaltgerät –K1 wird geöffnet</li> <li>• die Sicherheitskontakte von –K1:11-14 öffnen</li> <li>• die Schütze –Q1 und Q2 fallen ab</li> <li>• die Antriebe sind energiefrei.</li> </ul>
<b>Manuelle Rückstellfunktion (Manual reset)</b>	Die manuelle Rückstellfunktion der Sicherheitsfunktion geschieht durch Betätigen der Taster –S1 und –S2 nachdem zuvor beide nicht betätigt waren und die Schalter die zugehörigen Schaltstellungen hatten. Das Betätigen hat synchron zu erfolgen.
<b>Start-/Wiederaufnahmefunktion (Restart)</b>	Die Start/Wiederaufnahmefunktion geschieht automatisch mit der manuellen Rückstellfunktion. <i>Anmerkung: Die Start/Wiederaufnahmefunktion kann von weiteren Zuständen abhängen.</i>
<b>Rückführkreis</b>	Die zwangsgeführten Öffnerkontakte der Schütze –Q1 und –Q2 werden in dem Rückführkreis des Sicherheitsschaltgerätes –K1 überwacht.

#### 3.14.3 Sicherheitsbetrachtung

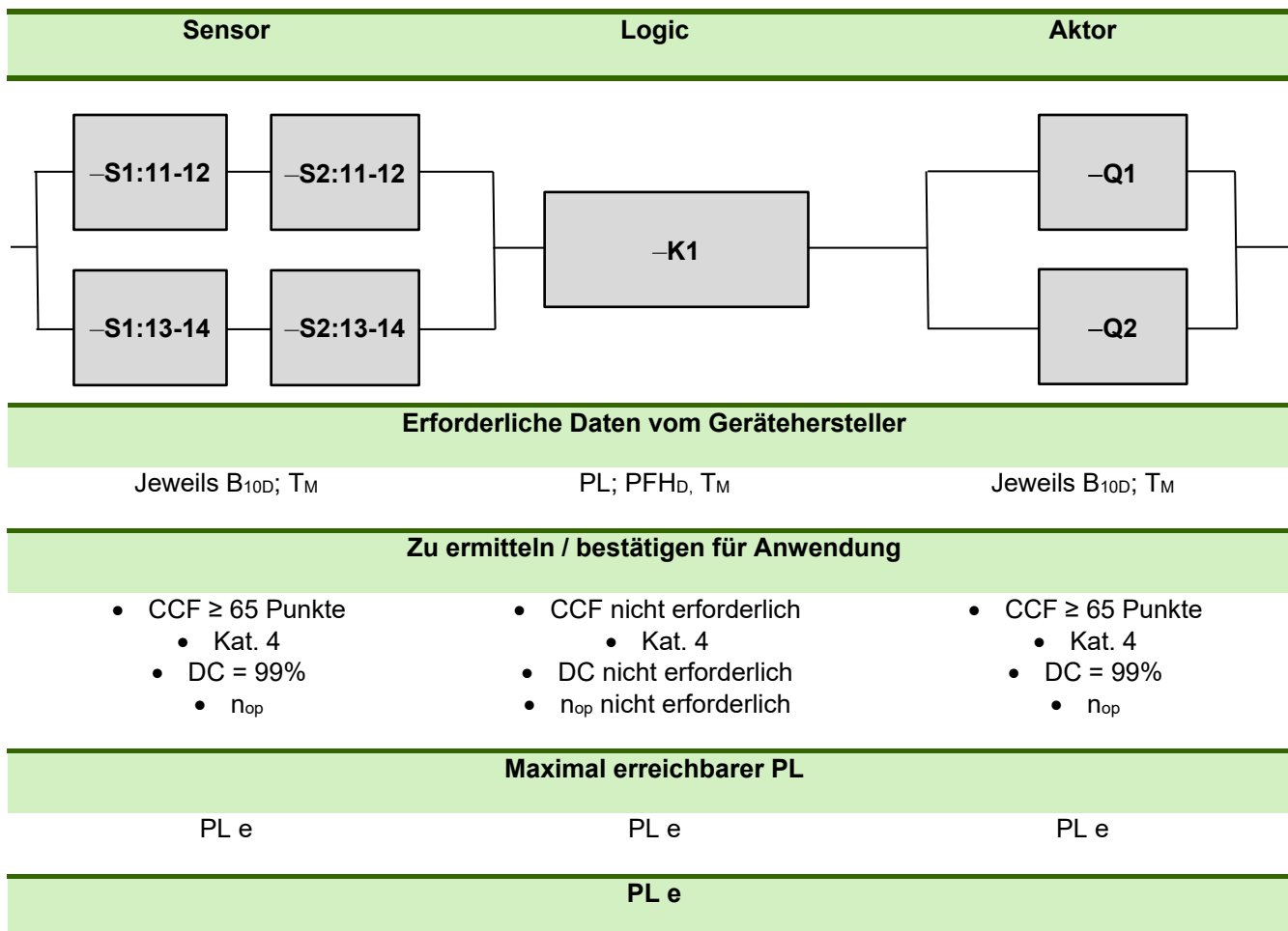
<b>Sensorik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufgrund der Diversität und Redundanz der Schalter wird für jeden Schalter jeder Einzelfehler erkannt.</li> <li>• Die Schalter –S1 und –S2 sind auf Synchronität zu überwachen</li> <li>• Eine Betätigung nur eines der Schalter muss zum sicheren Zustand führen. Dies wird durch –K1 sichergestellt.</li> </ul>
<b>Aktorik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufgrund der getrennten Ansteuerung von –Q1 und –Q2, sowie der hochwertigen Diagnose mittels Rücklesen der Kontakte, kann auf eine geschützte Verlegung der Leitung zwischen –Q1 und –Q2 verzichtet werden.</li> <li>• Die Schütze verfügen über zwangsgeführte Rückführkontakte. DC = 99%</li> </ul>

## Zweihand Typ III C in PL e

### 3.14.4 Produkte (Optionen)

	Produkt
-S1; -S2	Taster jeweils mit Öffner und Schließer. Erforderliche Kenndaten: <ul style="list-style-type: none"> <li>Herstellerangabe von <math>B_{10D}</math> und <math>T_M</math></li> </ul>
-K1 	Sicherheitsschaltgerät <b>safe RELAY</b> : SNZ 4052K Bestellnummer: R1.188.0530.1
-Q1; -Q2	Leistungsschutz mit folgenden Eigenschaften: <ul style="list-style-type: none"> <li>Schütz mit zwangsgeführten Rückführkontakten.</li> <li>Geeignet für die zu erwartende Schaltlast und Frequenz</li> <li>Herstellerangabe von <math>B_{10D}</math> und <math>T_M</math></li> </ul>

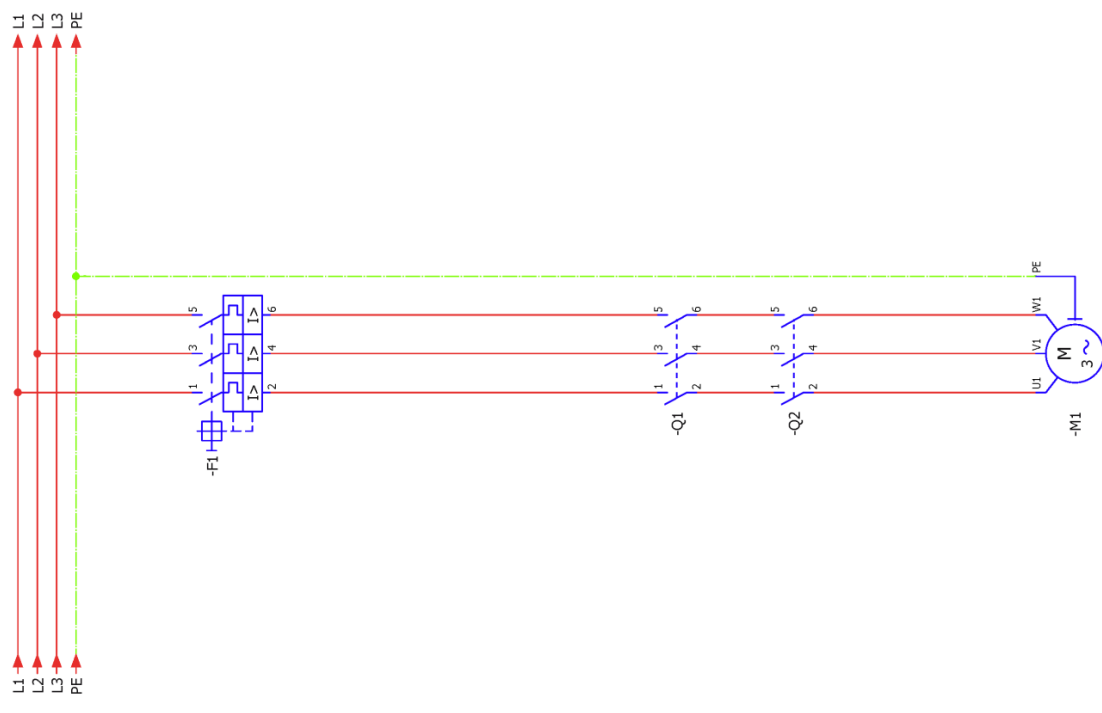
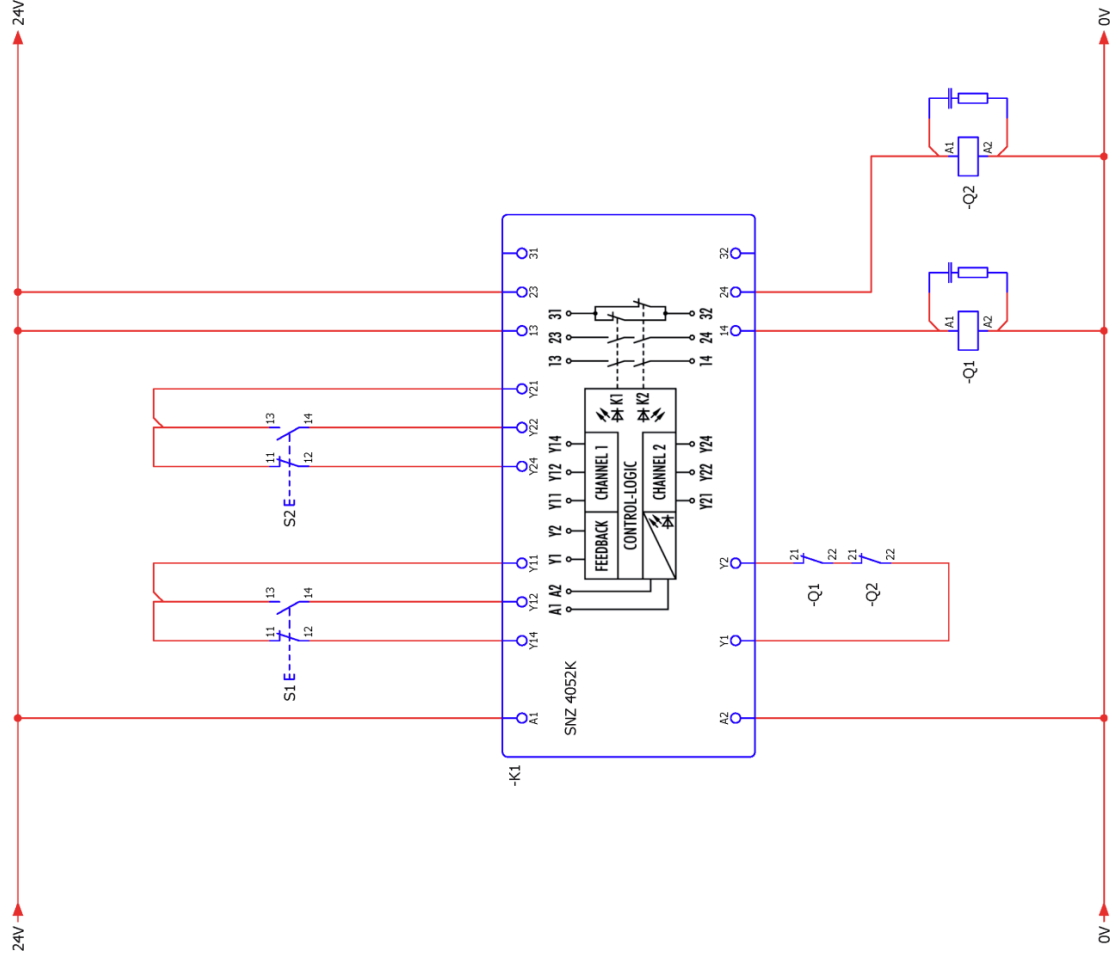
### 3.14.5 Modellierung gemäß EN ISO 13849-1



# Sicherheitsfunktionen

Zweihand Typ III C in PL e

## 3.14.6 Schaltplan



## Lichtvorhang/-gitter Typ 4 in PL e

### 3.15 Lichtvorhang/-gitter Typ 4 in PL e

#### 3.15.1 Sicherheitsfunktion

<b>Sicherheitsfunktion</b>	Durch Unterbrechen des Lichtvorhangs/-gitters –B1 werden der Antrieb –M1 in seiner Geschwindigkeit auf eine sicher begrenzte Geschwindigkeit (SLS) reduziert.
<b>Auslösendes Ereignis</b>	Unterbrechen des Lichtvorhangs/-gitters –B1 durch den Bediener.
<b>Reaktion</b>	Sicher begrenzte Geschwindigkeit von –M1 (SLS).
<b>Sicherer Zustand</b>	Der sichere Zustand ist erreicht, wenn –M1 sich nicht schneller als zulässig bewegt.

#### 3.15.2 Beschreibung

<b>Funktion</b>	<p>Durch Unterbrechen des Lichtvorhangs/-gitters –B1 wird:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die OSSD Signale ausgeschaltet</li> <li>• Die zwei Eingangskreise am Sicherheitsschaltgerät –K1 werden unterbrochen</li> <li>• die Sicherheitskontakte von –K1 öffnen</li> <li>• der FU –T1 mit Sicherheitseingang SLS in den Zustand der sicher begrenzten Geschwindigkeit geschaltet</li> </ul>
<b>Manuelle Rückstellfunktion (Manual reset)</b>	Die manuelle Rückstellfunktion der Sicherheitsfunktion geschieht durch Freigabe des Lichtvorhangs/-gitters. Es ist konstruktiv sichergestellt, dass ein Hintertreten des Lichtvorhangs/-gitters nicht möglich ist.
<b>Start/Wiederanlauffunktion (Restart)</b>	<p>Die Start/Wiederanlauffunktion geschieht wahlweise durch Betätigen von –S2 oder durch Freigabe des Lichtvorhangs/-gitters –B1. Ein Start/Wiederanlauf darf nur möglich sein wenn:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lichtvorhang/-gitter –B1 nicht unterbrochen ist</li> </ul>
<b>Rückführkreis</b>	Wird hier nicht benötigt, da –T1 ein Gerät mit integrierter Diagnose.

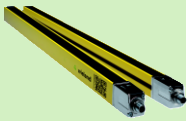

#### 3.15.3 Sicherheitsbetrachtung

<b>Sensorik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Synchronzeitüberwachung zwischen den Eingangskreisen –S12; –S22 durch –K1</li> <li>• Alle Fehler in der Verdrahtung von –B1 zu –K1 werden mittels OSSD Testung durch –B1 sowie Synchronzeitüberwachung seitens –K1 erkannt. „Kreuzvergleich mit Dynamisierung mit hochwertiger Fehlererkennung“ → DC = 99 %</li> <li>• Eine geschützte Verlegung der Leitung ist nicht erforderlich.</li> <li>• Für die Wahl und Positionierung des Lichtvorhangs/-gitters ist es erforderlich</li> <li>• Die Systemreaktionszeit von Unterbrechung des Lichtvorhangs/-gitters bis Stillstand der Antriebe zu ermitteln</li> <li>• Die erforderliche Anordnung (Lage, Abstand, Ausrichtung, Auflösung und Länge) des Lichtvorhangs/-gitters zu ermitteln. Siehe hierzu EN ISO 13855</li> </ul>
<b>Aktorik</b>	Frequenzumrichter mit integrierter Diagnose und einer Bewertung als PL e.

# Sicherheitsfunktionen

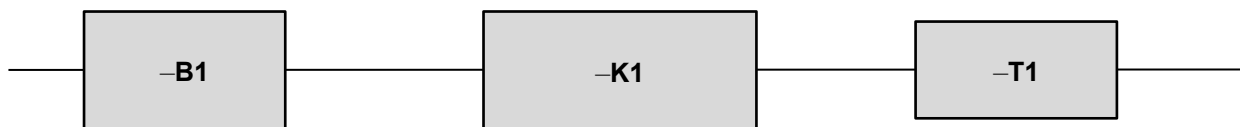
Lichtvorhang/-gitter Typ 4 in PL e

## 3.15.4 Produkte (Optionen)

	Produkt
<b>-B1</b> 	Typ 4 Sicherheitslichtgitter oder – vorhang <b>sensor</b> PRO: SLC-4xx Bestellnummer: R1.541.1800.0 + R1.561.1800.0  <i>Anmerkung: Mit den erforderlichen Daten bezüglich Reaktionszeit, Auflösung und Länge.</i>
<b>-K1</b> 	Sicherheitsschaltgerät <b>safe</b> RELAY: SNO 4083KM Bestellnummer: R1.188.3580.0
<b>-T1</b>	Sicherer Frequenzumrichter mit integrierter Diagnose und einer Bewertung als PL e. Integrierte Sicherheitsfunktion SLS.

## 3.15.5 Modellierung gemäß EN ISO 13849-1

Sensor	Logic	Aktor
--------	-------	-------



Erforderliche Daten vom Gerätehersteller		
--	--	--

PL; PFH<sub>d</sub>, T<sub>M</sub>

PL; PFH<sub>d</sub>, T<sub>M</sub>

PL; PFH<sub>d</sub>, T<sub>M</sub>

Zu ermitteln / bestätigen für Anwendung		
---	--	--

- CCF nicht erforderlich
  - Kat. 4
- DC nicht erforderlich
- n<sub>op</sub> nicht erforderlich

- CCF nicht erforderlich
  - Kat. 4
- DC nicht erforderlich
- n<sub>op</sub> nicht erforderlich

- CCF nicht erforderlich
  - Kat. 4
- DC nicht erforderlich
- n<sub>op</sub> nicht erforderlich

Maximal erreichbarer PL		
-------------------------	--	--

PL e

PL e

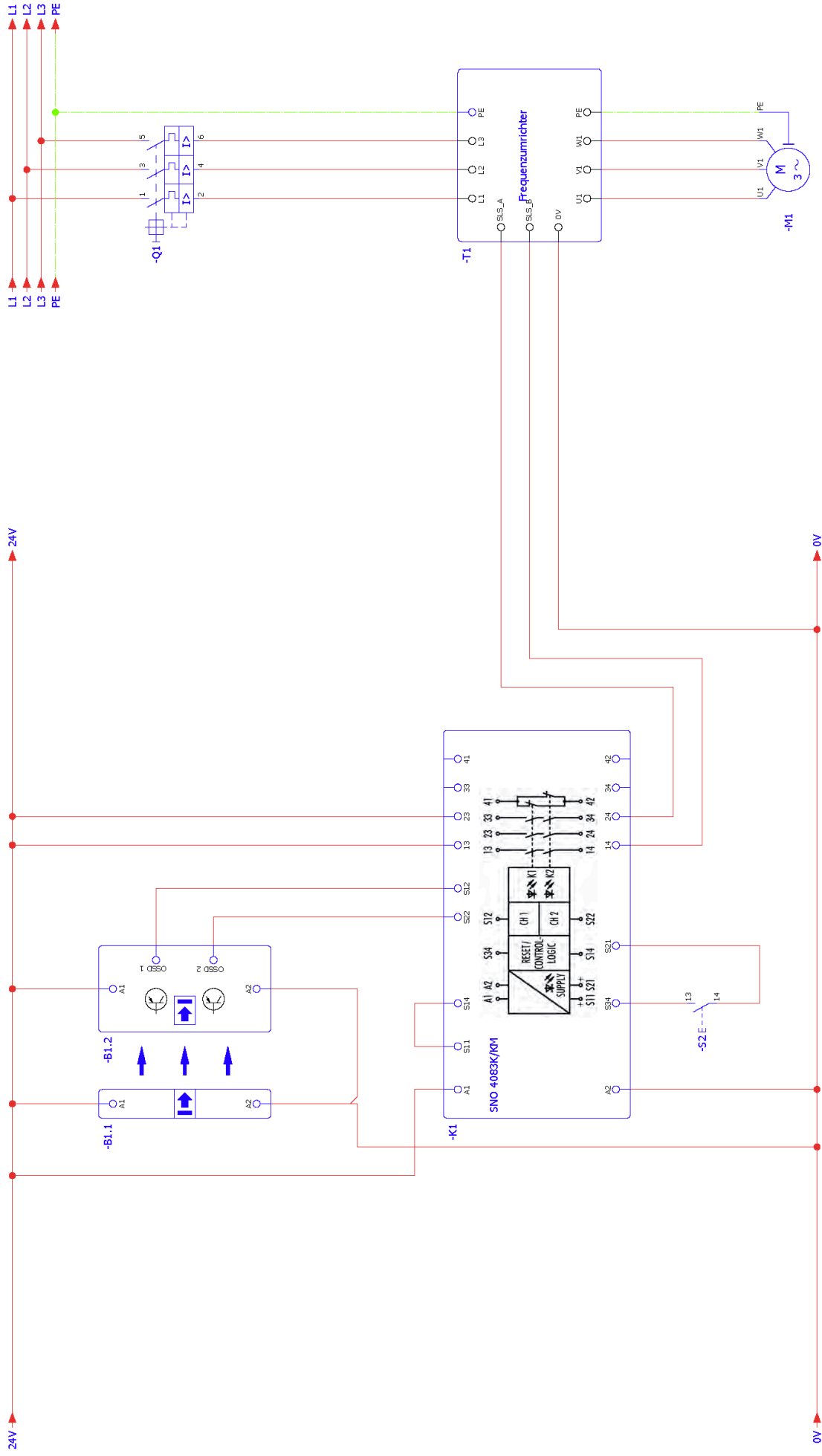
PL e

PL e		
------	--	--

# Sicherheitsfunktionen

Lichtvorhang/-gitter Typ 4 in PL e

## 3.15.6 Schaltplan



## NOT-Halt in Reihe – zweikanalig in PL d

### 3.16 NOT-Halt in Reihe – zweikanalig in PL d

#### 3.16.1 Sicherheitsfunktion

<b>Sicherheitsfunktion</b>	Durch Betätigen eines der Not-Halt Taster –S1 oder –S2 werden alle Antriebe der Anlage kontrolliert (geführt) still gesetzt.
<b>Auslösendes Ereignis</b>	Betätigen eines der Not-Halt Betätiger durch den Bediener.
<b>Reaktion</b>	Stillsetzen gefährlicher Bewegungen.
<b>Sicherer Zustand</b>	Antriebe sind energiefrei.

#### 3.16.2 Beschreibung

<b>Funktion</b>	<p>Durch Betätigung der Not-Halt-Taster –S1 oder –S2</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• der Eingangskreis am Sicherheitsgerät –K1 wird unterbrochen</li> <li>• die Sicherheitskontakte von –K1 öffnen</li> <li>• die Schütze –Q1 und –Q2 fallen ab.</li> <li>• die Maschine M1 wird gestoppt.</li> </ul>
<b>Manuelle Rückstellfunktion (Manual reset)</b>	Die manuelle Rückstellfunktion der Sicherheitsfunktion geschieht durch Dreh-Entriegeln des Not-Halt-Tasters –S1 bzw. –S2.
<b>Start/Wiederanlauffunktion (Restart)</b>	<p>Die Start/Wiederanlauffunktion geschieht durch Betätigen von –S3. Ein Start/Wiederanlauf darf nur möglich sein wenn:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Not-Halt-Taster –S1 und –S2 nicht betätigt sind</li> <li>• Schütze –Q1 und –Q2 abgefallen sind</li> </ul>
<b>Rückführkreis</b>	Die zwangsgeführten Öffnerkontakte der Schütze –Q1: 21-22 und –Q2: 21-22 werden in dem Rückführkreis des Sicherheitsschaltgerätes –K1 überwacht.

#### 3.16.3 Sicherheitsbetrachtung

<b>Sensorik</b>	<p>Querschlüsse (Kanal 1 – Kanal 2) im Eingangskreis werden durch die unterschiedlichen Potentiale (24V+/0V) der Sensorleitungen erkannt. Nicht alle Fehler werden erkannt (0V zu 0V / +24V zu +24V), eine Anhäufung von Fehlern kann zu Verlust der Sicherheitsfunktion führen. DC = 60%</p> <p>Obwohl zwei Taster elektrisch in Reihe geschaltet sind, handelt es sich um zwei funktionell unabhängige Sicherheitsfunktionen. Fehler in einem Sensor können zwar je nach Betrachtungsweise evtl. verdeckt werden, sie können aber nicht die Funktion des anderen Sensors beeinträchtigen.</p>
-----------------	---



## NOT-Halt in Reihe – zweikanalig in PL d



### Aktorik

- Aufgrund der getrennten Ansteuerung von –Q1 und –Q2, sowie der hochwertigen Diagnose mittels Rücklesen der Kontakte, kann auf eine geschützte Verlegung der Leitung zwischen –K1 und –Q1 / –Q2 verzichtet werden.
- Die Schütze verfügen über zwangsgeführte Rückführkontakte.
- Direkte Überwachung (z. B. elektrische Stellungsüberwachung der Steuerungsventile, Überwachung elektromechanischer Einheiten durch Zwangsführung) durch –K1. DC = 99%

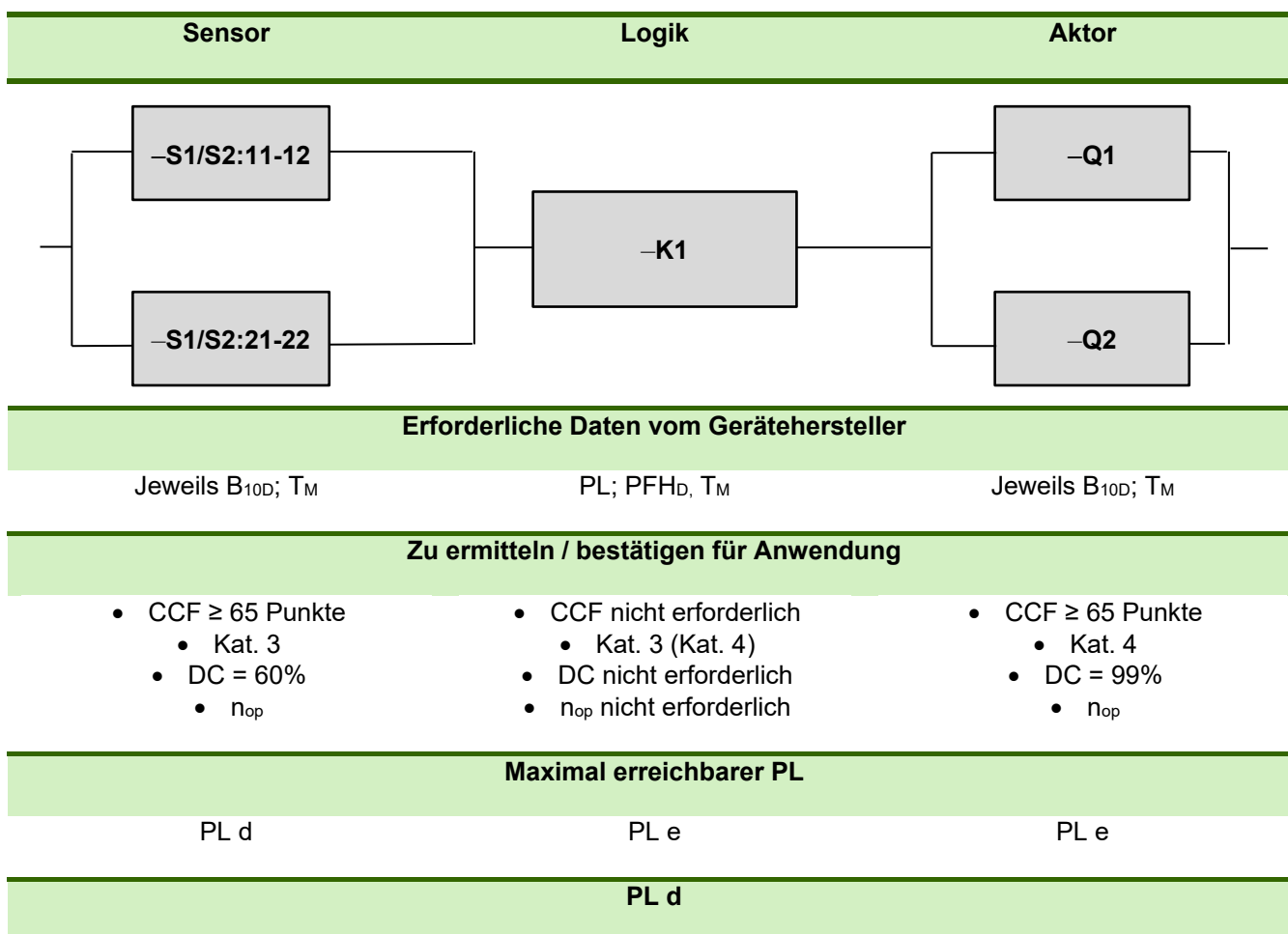
# Sicherheitsfunktionen

NOT-Halt in Reihe – zweikanalig in PL d

## 3.16.4 Produkte (Optionen)

	Produkt
-S1; -S2 	Not-Halt Befehlsgerät (2-Kanalig) mit integrierter Störabfallsicherung <b>sensor</b> PRO: SNH-1122 Bestellnummer: R1.200.1122.0
-K1 	Sicherheitsschaltgerät <b>safe</b> RELAY: SNO 4003K Bestellnummer: R1.188.0500.1
-Q1; -Q2	Leistungsschütz mit folgenden Eigenschaften: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schütz mit zwangsgeführten Rückführkontakten.</li> <li>• Geeignet für die zu erwartende Schaltlast und Frequenz</li> <li>• Herstellerangabe von <math>B_{10D}</math> und <math>T_M</math></li> </ul>

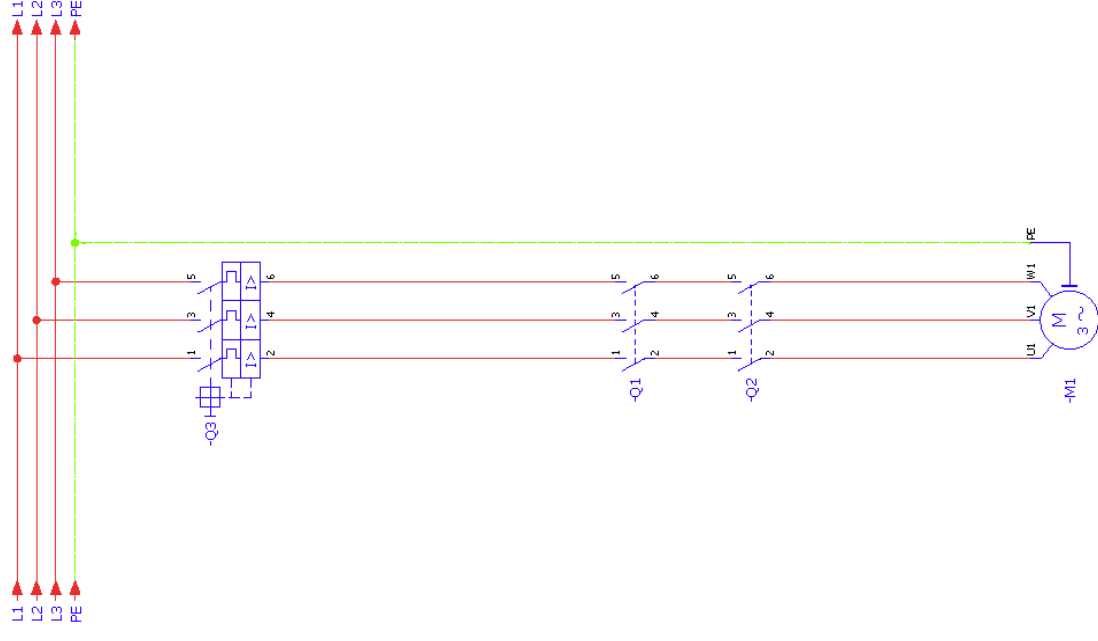
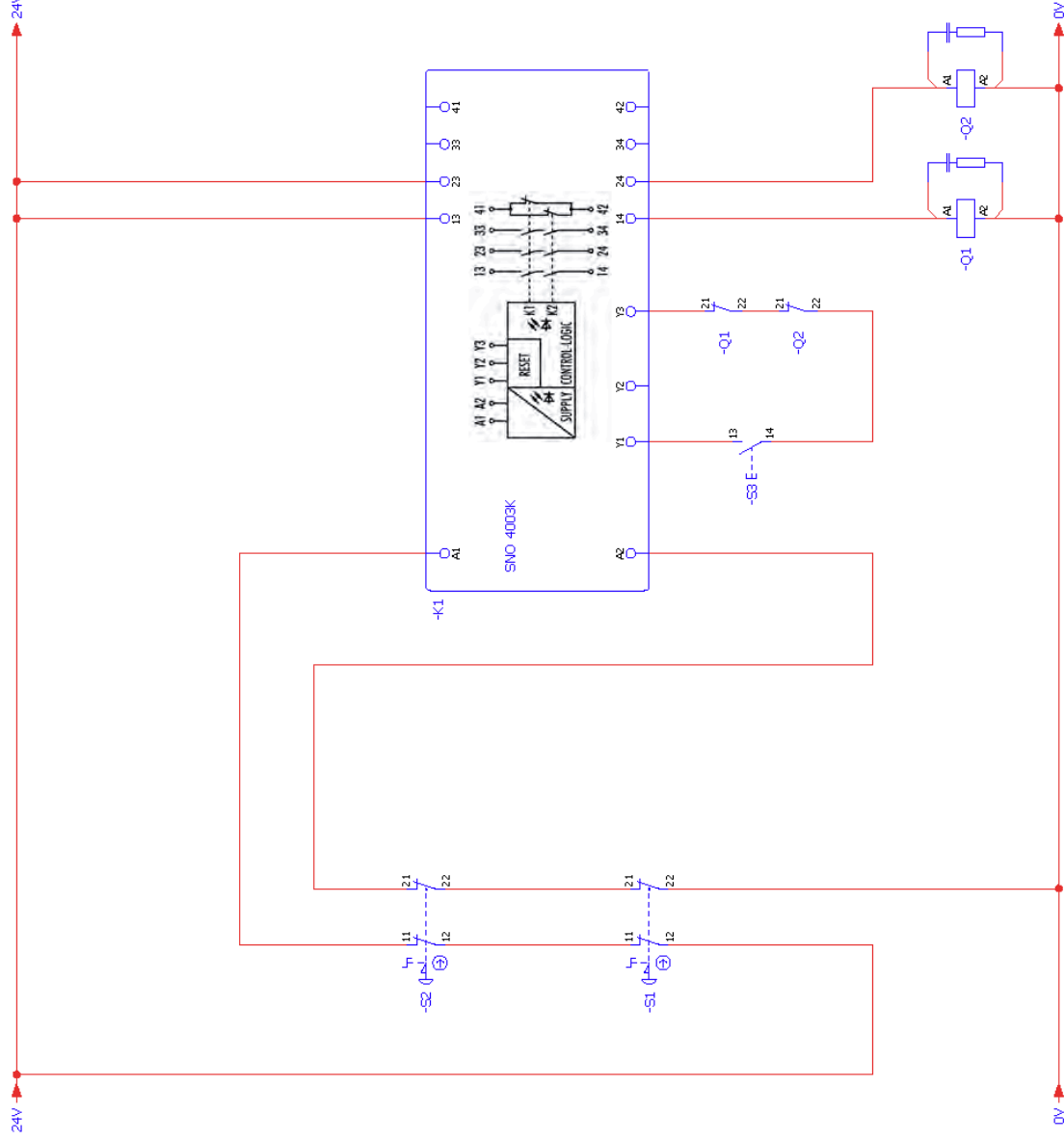
## 3.16.5 Modellierung gemäß EN ISO 13849-1



# Sicherheitsfunktionen

NOT-Halt in Reihe – zweikanalig in PL d

## 3.16.6 Schaltplan



# Sicherheitsfunktionen

NOT-Halt & Türschalter, mech. in Reihe, einkanalig in PL c

## 3.17 NOT-Halt & Türschalter, mech. in Reihe, einkanalig in PL c

### 3.17.1 Sicherheitsfunktion

<b>Sicherheitsfunktion</b>	Durch Öffnen der Tür(en) oder Drücken des Not-Halt werden alle Antriebe der Anlage still gesetzt / energiefrei geschaltet.
<b>Auslösendes Ereignis</b>	Öffnen einer oder mehrerer Türen oder Drücken des Not-Halt durch den Bediener.
<b>Reaktion</b>	Spannungsfreischalten der Antriebe.
<b>Sicherer Zustand</b>	Antriebe sind energiefrei.

**Anmerkung:** Die Sicherheitsfunktionen des Not-Halt und der Türüberwachung lassen sich auch getrennt modellieren. Aufgrund der Einfachheit der Applikation wurde der gemeinsame Ansatz gewählt. Es handelt sich damit um eine Worst-Case Abschätzung. Der PFHd Wert der einzelnen Funktion ist in jedem Fall geringer als hier ermittelt.

### 3.17.2 Beschreibung

<b>Funktion</b>	Durch das Öffnen der Tür(en) oder Drücken des Not-Halt wird: <ul style="list-style-type: none"><li>• der Eingangskreis am Sicherheitsschaltgerät –K1 wird unterbrochen</li><li>• die Sicherheitskontakte von –K1 öffnen</li><li>• das Schütz –Q1 fällt ab.</li><li>• die Maschine 1 wird gestoppt.</li></ul>
<b>Manuelle Rückstellfunktion (Manual Reset)</b>	Die manuelle Rückstellung der Sicherheitsfunktion geschieht durch das Schließen der Tür(en), bzw. durch Entriegeln des Not-Halt. Es ist konstruktiv sichergestellt, dass die Tür(en) sich nicht unbeabsichtigt schließen können.
<b>Start/Wiederanlauffunktion (Restart)</b>	Die Start/Wiederanlauffunktion geschieht durch Betätigen von Schalter –S2. Ein Start/Wiederanlauf darf nur möglich sein wenn: <ul style="list-style-type: none"><li>• Die Türen geschlossen sind</li><li>• Der Not-Halt entriegelt ist</li></ul> Ein Hintertreten der Türe ist konstruktiv ausgeschlossen.
<b>Rückführkreis</b>	Keine Überwachung des Schützes

### 3.17.3 Sicherheitsbetrachtung

<b>Sensorik</b>	Fehler in den Komponenten oder der Verdrahtung werden nur durch manuelle Prüfungen erkannt. Diese sind in regelmäßigen Abständen durchzuführen. Eine Mindestprüffrequenz von 1x pro Jahr ist in der Dokumentation festzulegen.  <b>Anmerkung:</b> Die Verwendung von zweikanaligen Schaltern für Türe oder Not-Halt bringt aufgrund der zu erwartenden Fehlerverdeckung (Siehe 4.1.5) und dem daraus resultierenden DC = 0% keinen Sicherheitsgewinn. Daher wäre selbst mit einer zweikanaligen Beschaltung maximal Kat.1 möglich.
-----------------	--




# Sicherheitsfunktionen

NOT-Halt & Türschalter, mech. in Reihe, einkanalig in PL c

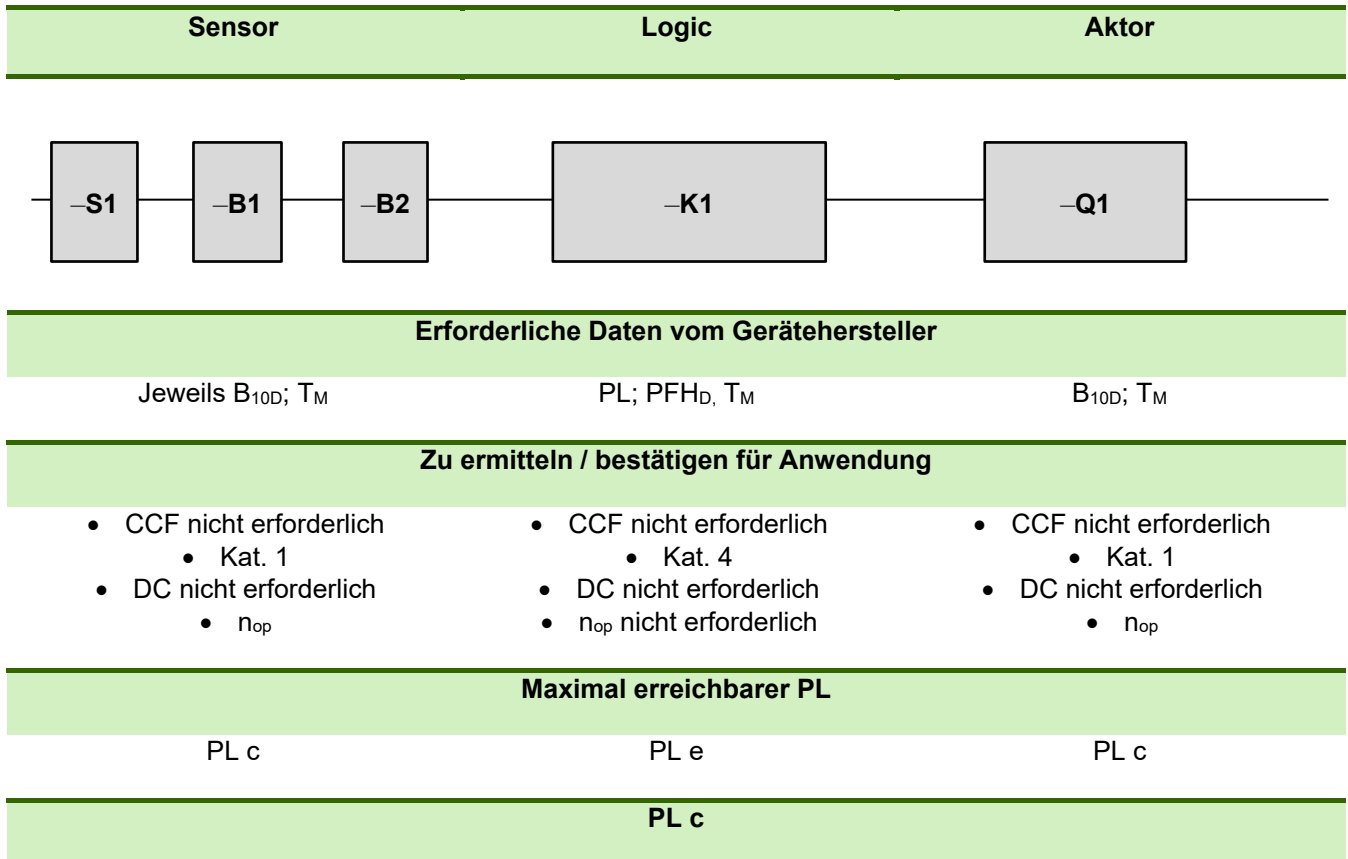
## Aktorik

Fehler in den Komponenten oder der Verdrahtung werden nur durch manuelle Prüfungen erkannt. Diese sind in regelmäßigen Abständen durchzuführen. Eine Mindestprüffrequenz von 1x pro Jahr ist in der Dokumentation festzulegen.

### 3.17.4 Produkte (Optionen)

	Produkt
-B1; -B2 	Verriegelungseinrichtung Bauart 2 (Türschalter mit getrenntem Betätiger) <b>sensor</b> PRO: SMS3x10 Bestellnummer: R1.320.3010.0
-S1 	Not-Halt Befehlsgerät (1-Kanalig) mit integrierter Störabfallsicherung <b>sensor</b> PRO: SNH-1102 Bestellnummer: R1.200.1102.0
-K1 	Sicherheitsschaltgerät <b>safe</b> RELAY: SNO 4003K Bestellnummer: R1.188.0500.1
-Q1	Leistungsschutz mit folgenden Eigenschaften: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geeignet für die zu erwartende Schaltlast und Frequenz</li> <li>• Herstellerangabe von <math>B_{10D}</math> und <math>T_M</math></li> </ul>

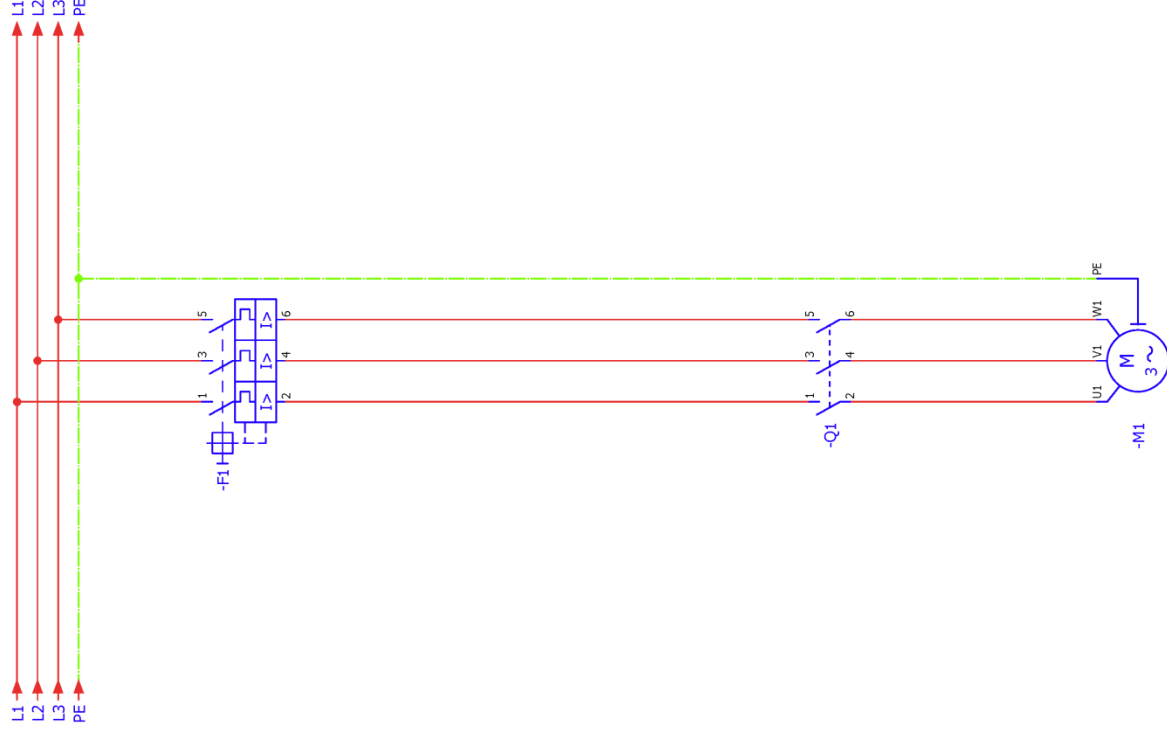
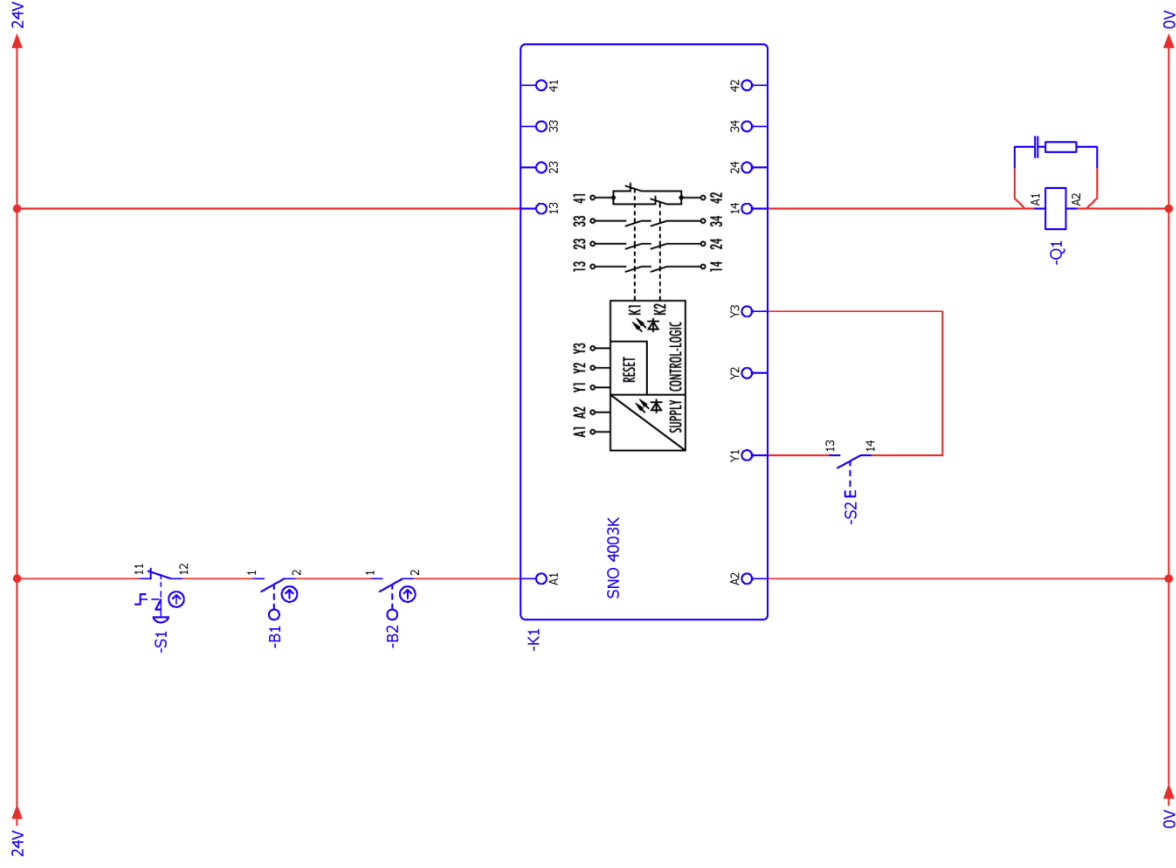
### 3.17.5 Modellierung gemäß EN ISO 13849-1



# Sicherheitsfunktionen

NOT-Halt & Türschalter, mech. in Reihe, einkanalig in PL c

## 3.17.6 Schaltplan



# Sicherheitsfunktionen

NOT-Halt & Türschalter, magn. in Reihe, zweikanalig in PL c

## 3.18 NOT-Halt & Türschalter, magn. in Reihe, zweikanalig in PL c

### 3.18.1 Sicherheitsfunktion

<b>Sicherheitsfunktion</b>	Durch Öffnen der Tür(en) oder Drücken des Not-Halt werden alle Antriebe der Anlage still gesetzt / energiefrei geschaltet.
<b>Auslösendes Ereignis</b>	Öffnen einer oder mehrerer Türen oder Drücken des Not-Halt durch den Bediener.
<b>Reaktion</b>	Spannungsfreischalten der Antriebe.
<b>Sicherer Zustand</b>	Antriebe sind energiefrei.

*Anmerkung: Die Sicherheitsfunktionen des Not-Halt und der Türüberwachung ließen sich auch getrennt modellieren. Aufgrund der Einfachheit der Applikation wurde der gemeinsame Ansatz gewählt.*

### 3.18.2 Beschreibung

<b>Funktion</b>	Durch das Öffnen der Tür(en) oder Drücken des Not-Halt wird: <ul style="list-style-type: none"><li>• der Eingangskreis am Sicherheitsschaltgerät –K1 wird unterbrochen</li><li>• die Sicherheitskontakte von –K1 öffnen</li><li>• das Schütz –Q1 fällt ab.</li><li>• die Maschine 1 wird gestoppt.</li></ul>
<b>Manuelle Rückstellfunktion (Manual Reset)</b>	Die manuelle Rückstellung der Sicherheitsfunktion geschieht durch das Schließen der Tür(en), Bzw. durch Entriegeln des Not-Halt. Es ist konstruktiv sichergestellt, dass die Tür(en) sich nicht unbeabsichtigt schließen können.
<b>Start/Wiederanlauffunktion (Restart)</b>	Die Start-/Wiederanlauffunktion geschieht durch Betätigen von Schalter –S2. Ein Start-/Wiederanlauf darf nur möglich sein wenn: <ul style="list-style-type: none"><li>• Die Türen geschlossen sind</li><li>• Der Not-Halt entriegelt ist</li></ul> Ein Hintertreten der Türe ist konstruktiv ausgeschlossen.
<b>Rückführkreis</b>	Keine Überwachung des Schützes

### 3.18.3 Sicherheitsbetrachtung

<b>Sensorik</b>	<p>Fehler in den Komponenten oder der Verdrahtung werden nur durch manuelle Prüfungen erkannt. Diese sind in regelmäßigen Abständen durchzuführen. Eine Mindestprüffrequenz von 1x pro Jahr ist in der Dokumentation festzulegen.</p> <p>Die Verwendung zweikanaliger Schalter für Türe oder Not-Halt bringt aufgrund der zu erwartenden Fehlerverdeckung (Siehe 4.1.5) und dem daraus resultierenden DC = 0% keinen Sicherheitsgewinn. Daher trotz Zweikanaligkeit maximal Kat.1 möglich.</p> <p>Die Zweikanaligkeit ist bei den Sensoren aber dennoch erforderlich, da sonst die zwangsöffnende Eigenschaft der Magnetschalter nicht gewährleistet ist.</p>
-----------------	---




# Sicherheitsfunktionen

## NOT-Halt & Türschalter, magn. in Reihe, zweikanalig in PL c

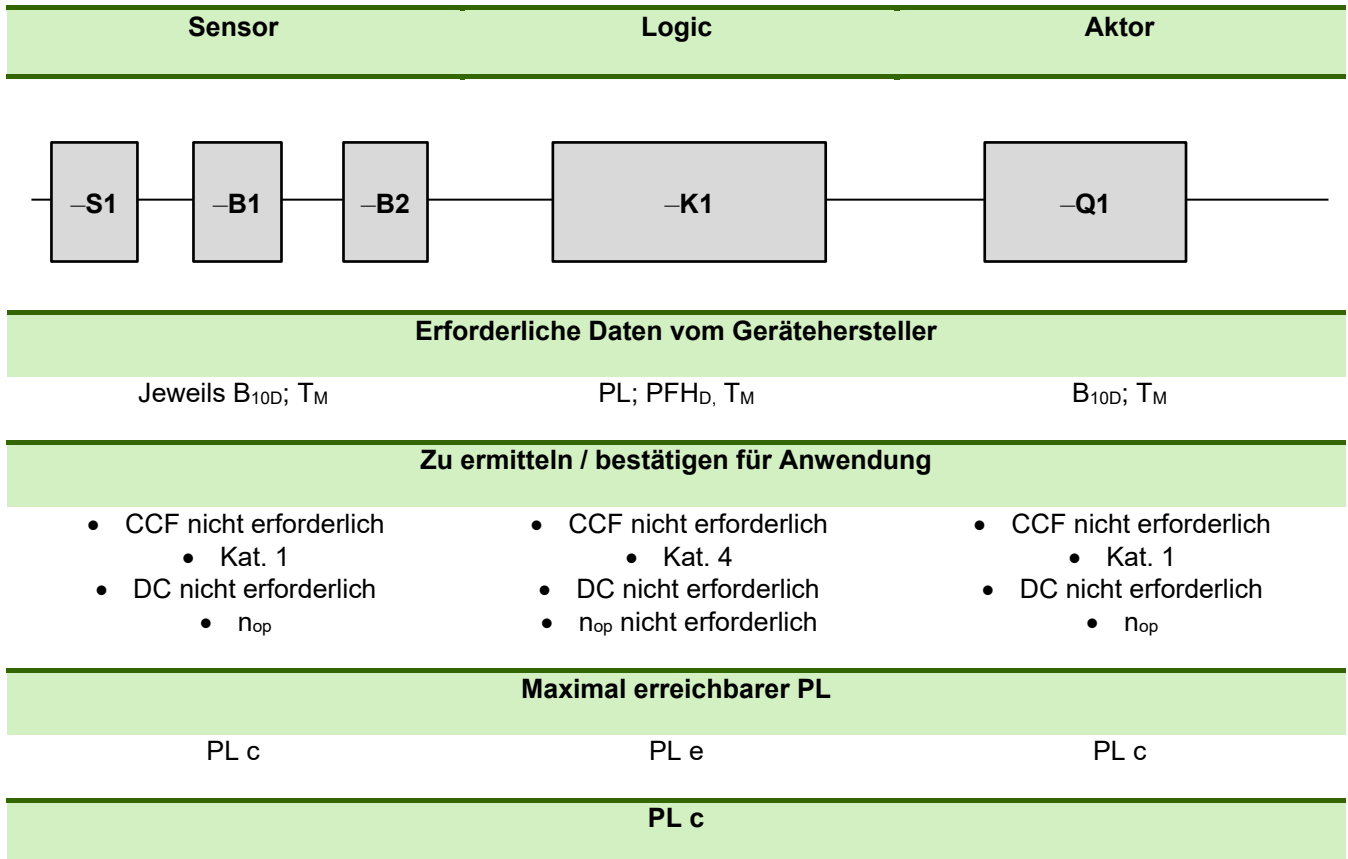
### Aktorik

Fehler in den Komponenten oder der Verdrahtung werden nur durch manuelle Prüfungen erkannt. Diese sind in regelmäßigen Abständen durchzuführen. Eine Mindestprüffrequenz von 1x pro Jahr ist in der Dokumentation festzulegen.

### 3.18.4 Produkte (Optionen)

	Produkt
<b>-B1;</b> <b>-B2</b> 	Verriegelungseinrichtung Bauart 3 (Türschalter mit magnetischer Wirkweise) <b>sensor</b> PRO: SMA01xx Bestellnummer: R1.100.0113.0
<b>-S1</b> 	Not-Halt Befehlsgerät (2-kanalig) mit integrierter Störabfallsicherung <b>sensor</b> PRO: SNH-1122 Bestellnummer: R1.200.1122.0
<b>-K1</b> 	Sicherheitsschaltgerät <b>safe</b> RELAY: SNA 4043K/KM Bestellnummer: R1.188.3250.0
<b>-Q1</b>	Leistungsschutz mit folgenden Eigenschaften: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geeignet für die zu erwartende Schaltlast und Frequenz</li> <li>• Herstellerangabe von <math>B_{10D}</math> und <math>T_M</math></li> </ul>

### 3.18.5 Modellierung gemäß EN ISO 13849-1

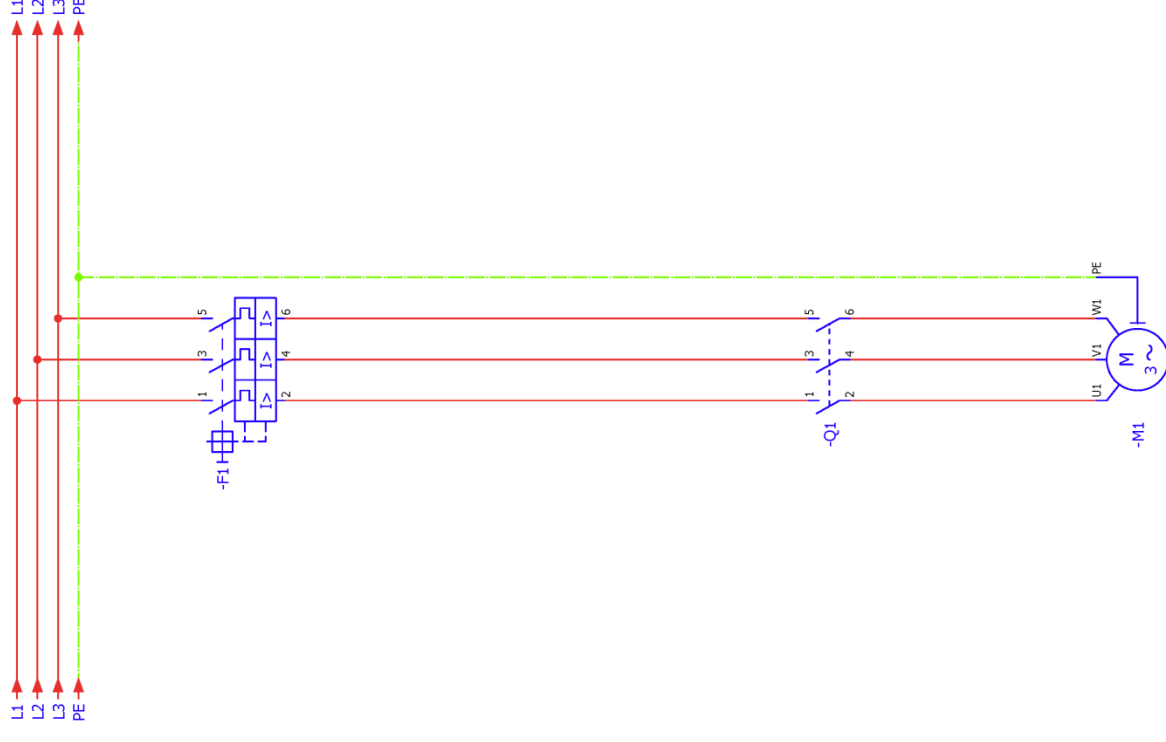
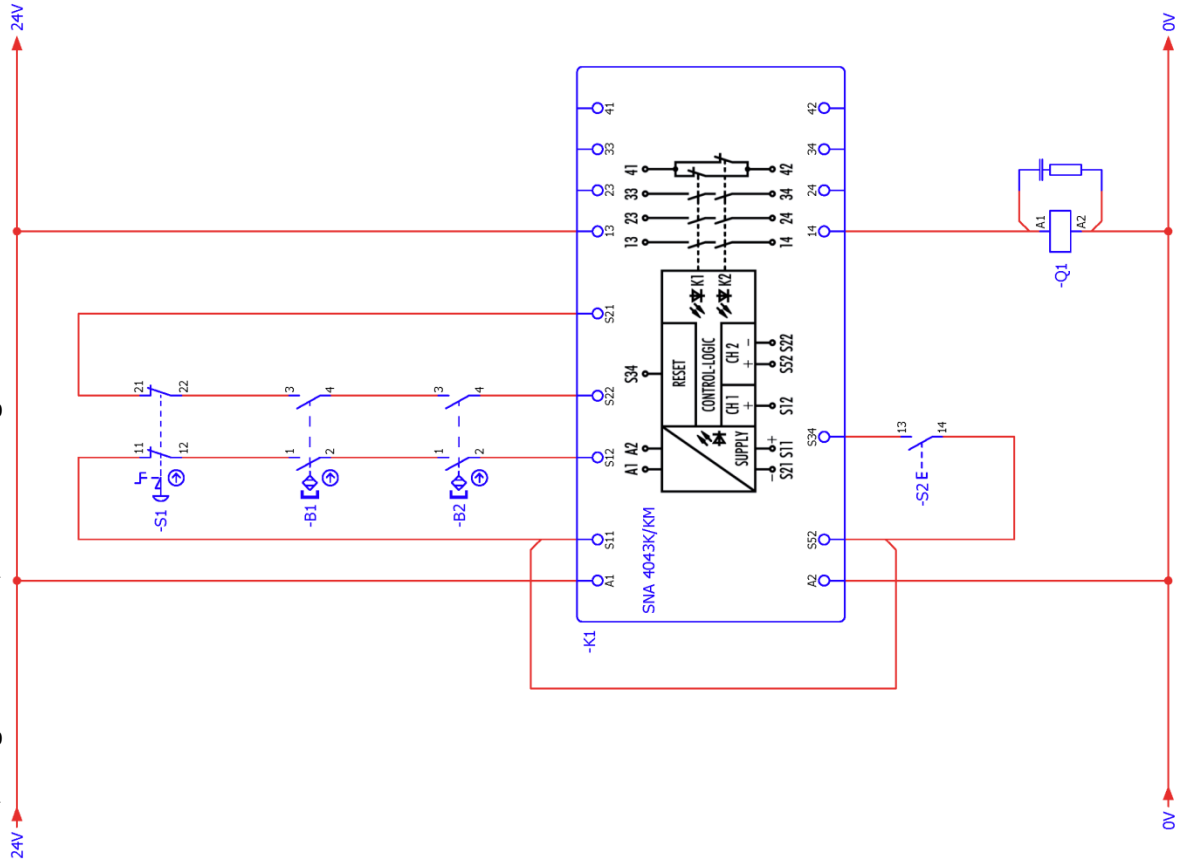




# Sicherheitsfunktionen

NOT-Halt & Türschalter, magn. in Reihe, zweikanalig in PL c

## 3.18.6 Schaltplan



Türschalter, magn. in Reihe – zweikanalig in PL d

## 3.19 Türschalter, magn. in Reihe – zweikanalig in PL d

### 3.19.1 Sicherheitsfunktion

<b>Sicherheitsfunktion</b>	Durch Öffnen der Tür(en) werden alle Antriebe der Anlage still gesetzt / energiefrei geschaltet.
<b>Auslösendes Ereignis</b>	Öffnen einer oder mehrerer Türen durch den Bediener.
<b>Reaktion</b>	Spannungsfreischalten der Antriebe.
<b>Sicherer Zustand</b>	Antriebe sind energiefrei.



### 3.19.2 Beschreibung

<b>Funktion</b>	Durch das Öffnen der Tür(en) wird: <ul style="list-style-type: none"><li>• der/die Türschalter betätigt</li><li>• der Eingangskreis am Sicherheitsschaltgerät –K1 wird unterbrochen</li><li>• die Sicherheitskontakte von –K1 öffnen</li><li>• die zwangsgeführten Schütze –Q1 und –Q2 fallen ab.</li><li>• die Maschine 1 wird gestoppt.</li></ul>
<b>Manuelle Rückstellfunktion (Manual Reset)</b>	Die manuelle Rückstellung der Sicherheitsfunktion geschieht durch das Schließen der Tür(en). Der/die Türschalter (–B1, –B2, –B3) werden geschlossen. Es ist konstruktiv sichergestellt, dass die Tür(en) sich nicht unbeabsichtigt schließen können.
<b>Start/Wiederanlauffunktion (Restart)</b>	Die Start-/Wiederanlauffunktion geschieht durch Schließen der Tür(en). Ein Start-/Wiederanlauf darf nur möglich sein wenn: <ul style="list-style-type: none"><li>• Die Türen geschlossen sind</li><li>• Zwangsgeführten Schütze –Q1 und –Q2 abgefallen sind</li></ul> <p>Ein Hintertreten der Türe ist konstruktiv ausgeschlossen.</p>
<b>Rückführkreis</b>	Die zwangsgeführten Öffnerkontakte der Schütze –Q1 und –Q2 werden in dem Rückführkreis des Sicherheitsschaltgerätes –K1 überwacht.

### 3.19.3 Sicherheitsbetrachtung

<b>Sensorik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erdschlüsse und Querschlüsse im Eingangskreis werden durch relaiseigene Potentiale (24V+/0V) auf den Sensorleitungen durch –K1 erkannt.</li> <li>• Diagnose mittels „Kreuzvergleich und hochwertiger Fehlererkennung“ durch –K1. Dies würde an sich zu DC = 99% führen, was aber aufgrund der Reihenschaltung nicht realisierbar ist. Durch die Kaskadierung (Reihenschaltung) kann eine geöffnete Tür verhindern, dass der Fehler einer anderen erkannt wird (Fehlerverdeckung). Wenn gewährleistet ist, dass nur eine der Türen häufig betätigt wird (Max. 1 Mal je Stunde), dann können bis zu 5 weitere Türen in Serie geschaltet werden und ein DC von Mittel oder Niedrig ist dann erreichbar, maximal jedoch PL d. Hier wird DC = Niedrig = 60% angenommen. Siehe hierzu ISO/TR 24119.</li> </ul>
<b>Aktorik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufgrund der getrennten Ansteuerung von –Q1 und –Q2, sowie der hochwertigen Diagnose mittels Rücklesen der Kontakte, kann auf eine geschützte Verlegung der Leitung zwischen –Q1 und –Q2 verzichtet werden.</li> <li>• Die Schütze verfügen über zwangsgeführte Rückführkontakte. DC = 99%</li> </ul>

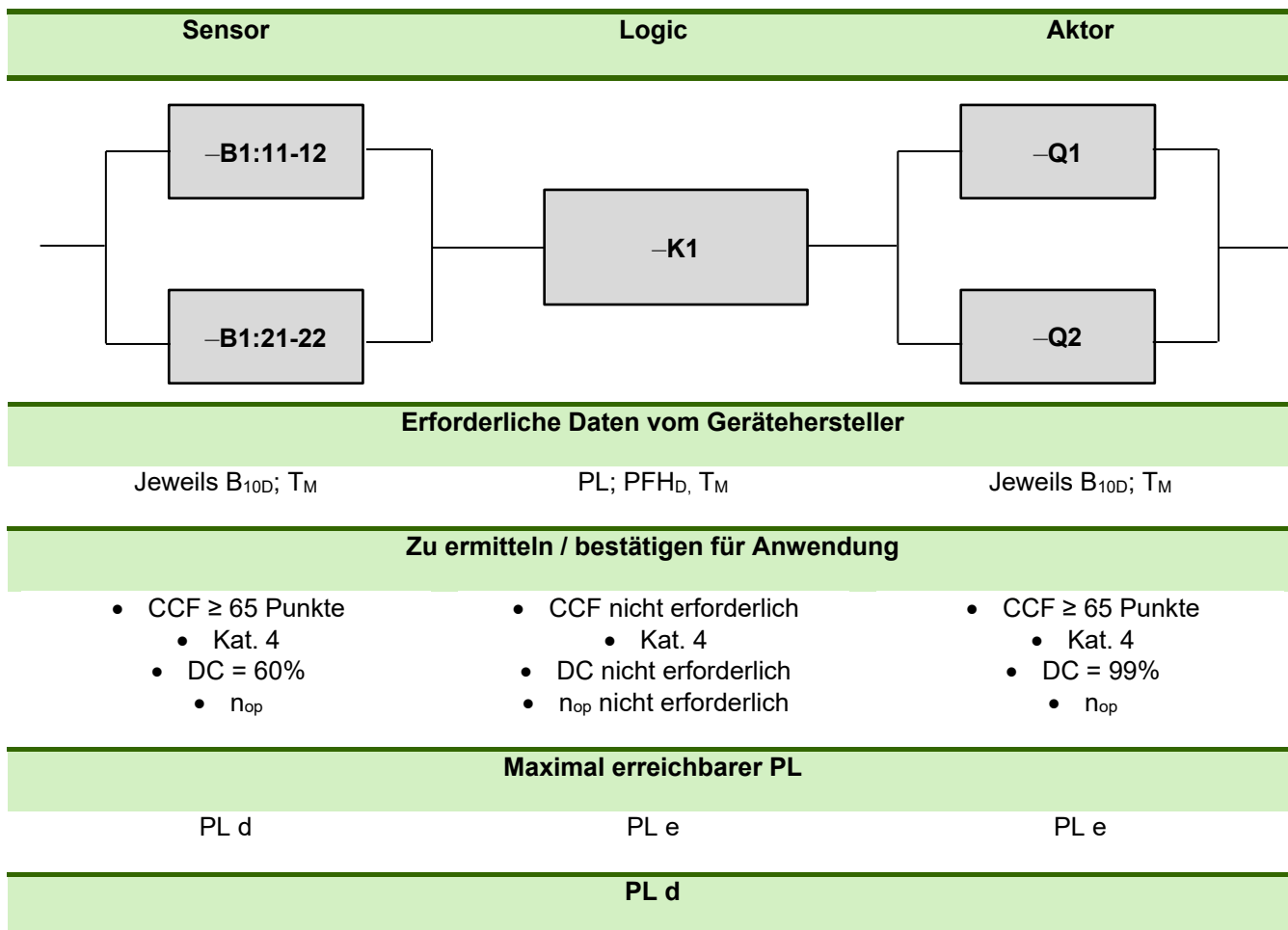
### 3.19.4 Produkte (Optionen)

	Produkt
–B1; –B2; –B3 	Verriegelungseinrichtung Bauart 3 (Türschalter mit magnetischer Wirkweise) <b>sensor</b> PRO: SMA01xx Bestellnummer: R1.100.0113.0
–K1 	Sicherheitsschaltgerät <b>safe</b> RELAY: SNA 4043K/KM Bestellnummer: R1.188.3250.0
–Q1; –Q2	Leistungsschütz mit folgenden Eigenschaften: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schütz mit zwangsgeführten Rückführkontakten.</li> <li>• Geeignet für die zu erwartende Schaltlast und Frequenz</li> <li>• Herstellerangabe von <math>B_{10D}</math> und <math>T_M</math></li> </ul>

# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, magn. in Reihe – zweikanalig in PL d

## 3.19.5 Modellierung gemäß EN ISO 13849-1

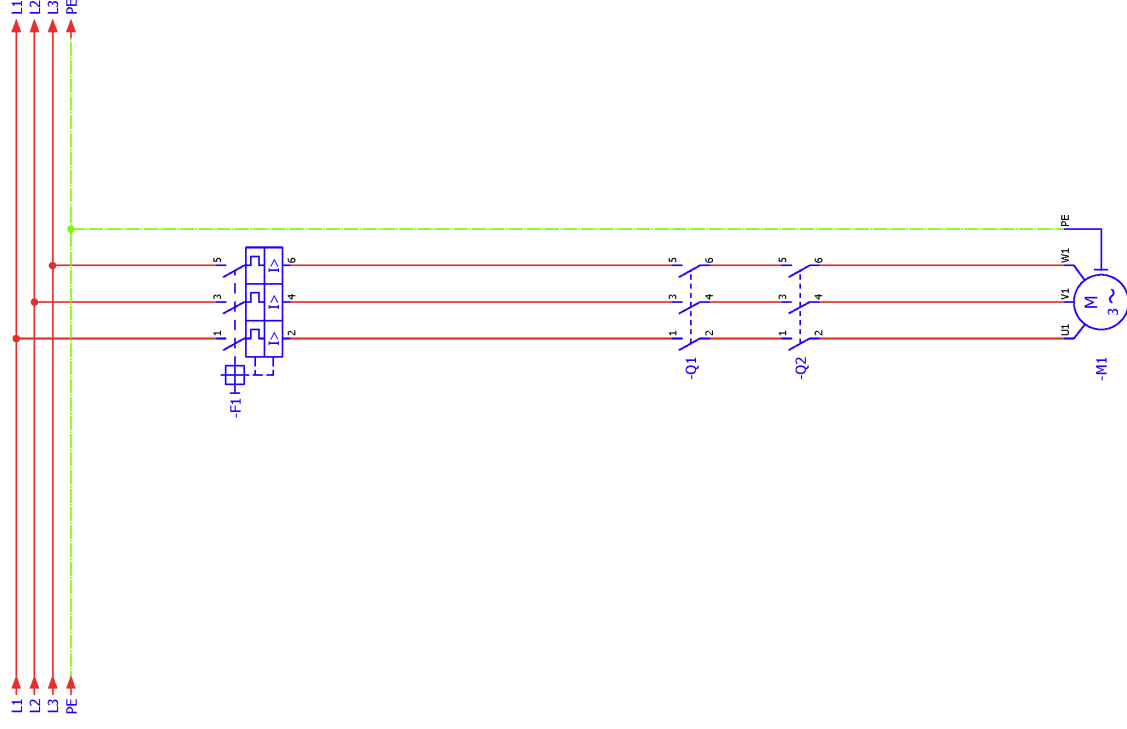
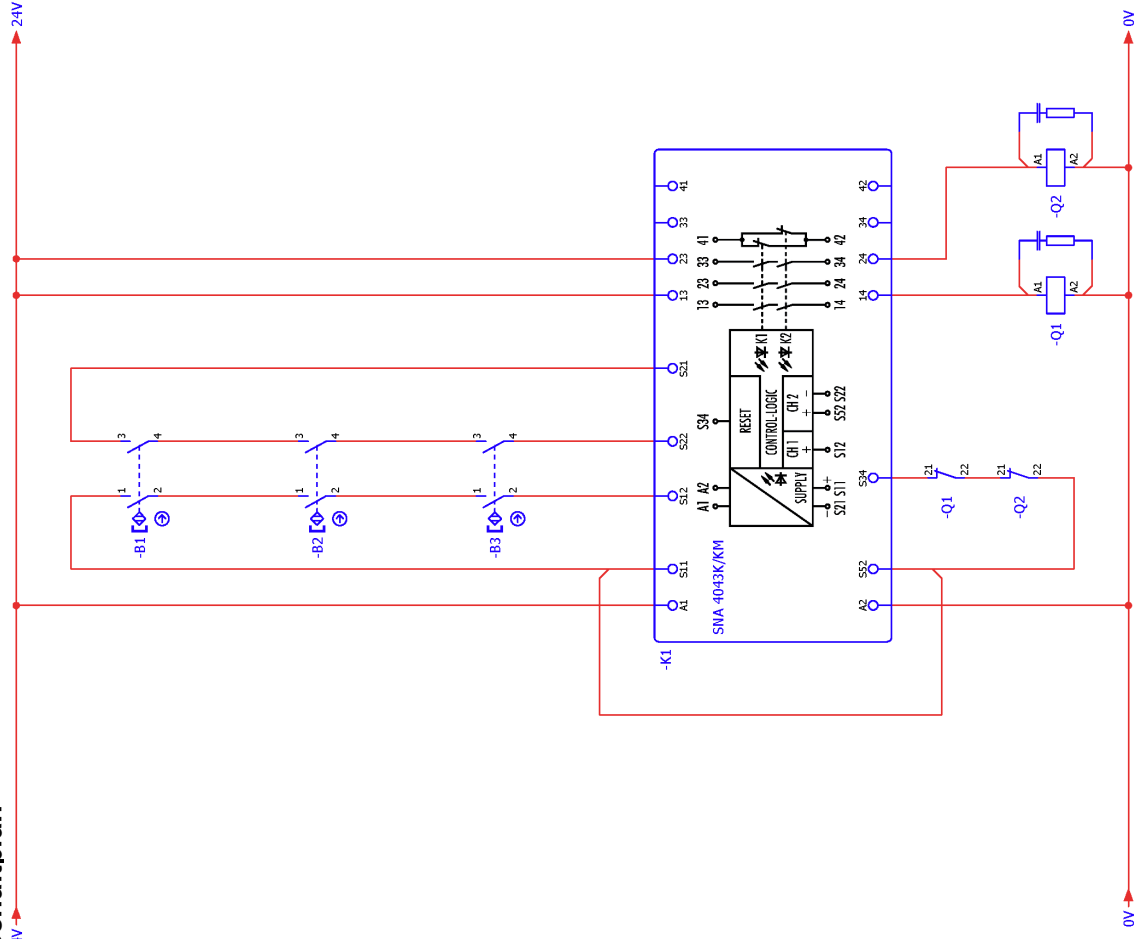


**Anmerkung:** Für die Sensoren –B2 und –B3 ist die Modellierung und der erreichbare PL identisch sofern baugleiche Sensoren zum Einsatz kommen.

# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, magn. in Reihe – zweikanalig in PL d

## 3.19.6 Schaltplan



# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, RFID in Reihe – zweikanalig, äquivalent in PL e

## 3.20 Türschalter, RFID in Reihe – zweikanalig, äquivalent in PL e

### 3.20.1 Sicherheitsfunktion

<b>Sicherheitsfunktion</b>	Durch Öffnen der Tür(en) werden alle Antriebe der Anlage still gesetzt / energiefrei geschaltet.
<b>Auslösendes Ereignis</b>	Öffnen einer oder mehrerer Türen durch den Bediener.
<b>Reaktion</b>	Spannungsfreischalten der Antriebe über –T1 mittels STO.
<b>Sicherer Zustand</b>	Antriebe sind energiefrei.

### 3.20.2 Beschreibung



<b>Funktion</b>	Durch das Öffnen der Tür(en) wird: <ul style="list-style-type: none"><li>• der/die Türschalter betätigt</li><li>• der Eingangskreis am Sicherheitsschaltgerät –K1 wird unterbrochen</li><li>• die Sicherheitskontakte von –K1 öffnen</li><li>• der Frequenzumrichter –T1 wird über STO_A und STO_B stillgesetzt</li><li>• die Maschine 1 wird gestoppt.</li></ul>
<b>Manuelle Rückstellfunktion (Manual Reset)</b>	Die manuelle Rückstellung der Sicherheitsfunktion geschieht durch das Schließen der Tür(en). Der/die Türschalter (–B1, –B2) werden geschlossen. Es ist konstruktiv sichergestellt, dass die Tür(en) sich nicht unbeabsichtigt schließen können.
<b>Start/Wiederanlauf funktion (Restart)</b>	Die Start-/Wiederanlauf funktion geschieht durch Schließen der Tür(en). Ein Start-/Wiederanlauf darf nur möglich sein wenn: <ul style="list-style-type: none"><li>• Die Türen geschlossen sind</li></ul> <p>Ein Hintertreten der Türe ist konstruktiv ausgeschlossen.</p>

### 3.20.3 Sicherheitsbetrachtung

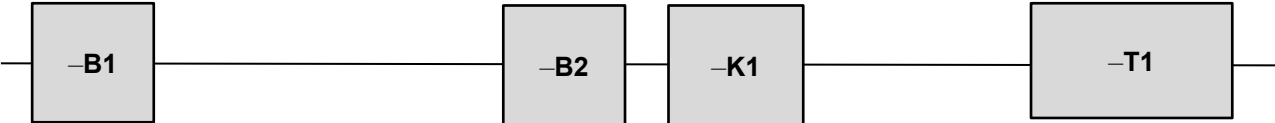
<b>Sensorik</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Alle Türsensoren sind selbstüberwachend.</li><li>• Alle Sensoren verfügen über OSSD Ausgänge</li><li>• Querschlüsse zwischen OSSD Ausgangssignalen werden vom Sensor erkannt und führen im Fehlerfall zum Abschalten beider OSSD Ausgänge.</li><li>• Schlüsse der OSSD Ausgänge gegen 24V oder GND werden vom Sicherheitsschaltgerät –K1 oder dem jeweiligen nachgeschalteten Türsensor mittels Quervergleich erkannt.</li><li>• Da alle Fehler individuell diagnostiziert werden können ist eine Fehlerverdeckung (Maskierung) ausgeschlossen. Es kann ein DC = 99% (Kreuzvergleich und hochwertiger Fehlererkennung) für alle Sensoren angenommen werden.</li><li>• Es ist zu beachten dass sich die Schaltzeiten aller Türsensoren für die jeweils vorgeschalteten Türsensor in der Reihe (hier –B1) addieren.</li></ul>
-----------------	---

# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, RFID in Reihe – zweikanalig, äquivalent in PL e

Aktorik	Produkt
-B1; -B2 	Verriegelungseinrichtung Bauart 4 (Türschalter in RFID Technologie) <b>sensor</b> PRO: STS01xx Bestellnummer: R1.400.0110.0
-K1 	Sicherheitsschaltgerät <b>safe</b> RELAY: SNO 4083KM Bestellnummer: R1.188.3580.0
-T1	Sicherer Frequenzumrichter mit integrierter Diagnose und einer Bewertung als PL e. Integrierte Sicherheitsfunktion STO.

### 3.2.0.5 Modellierung gemäß EN ISO 13849-1

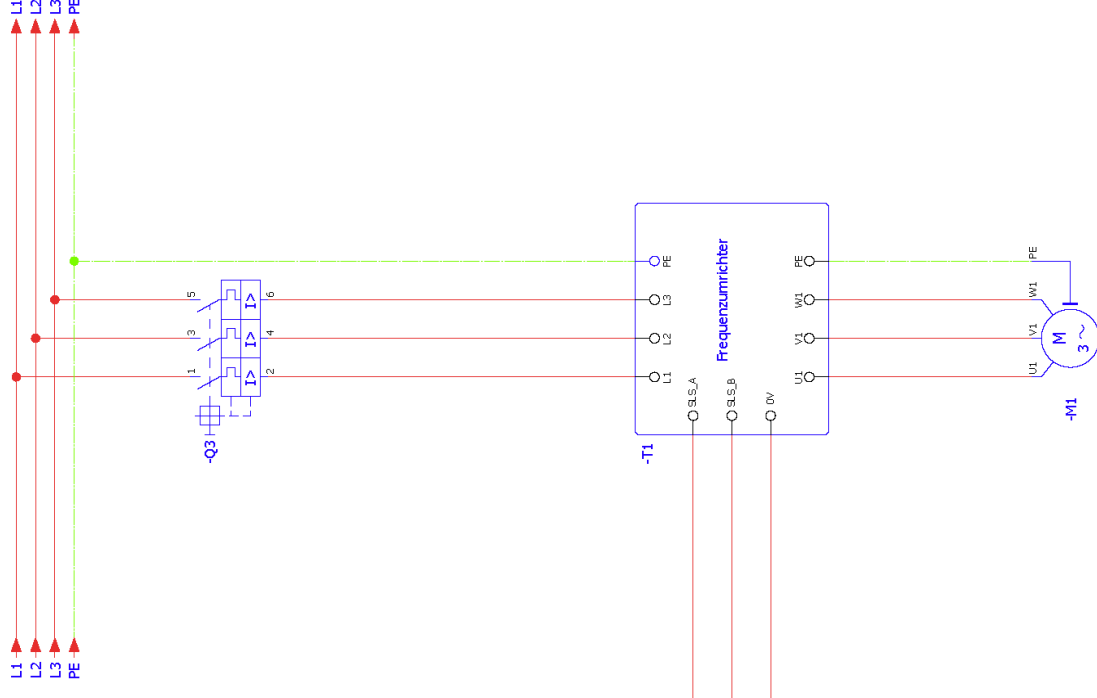
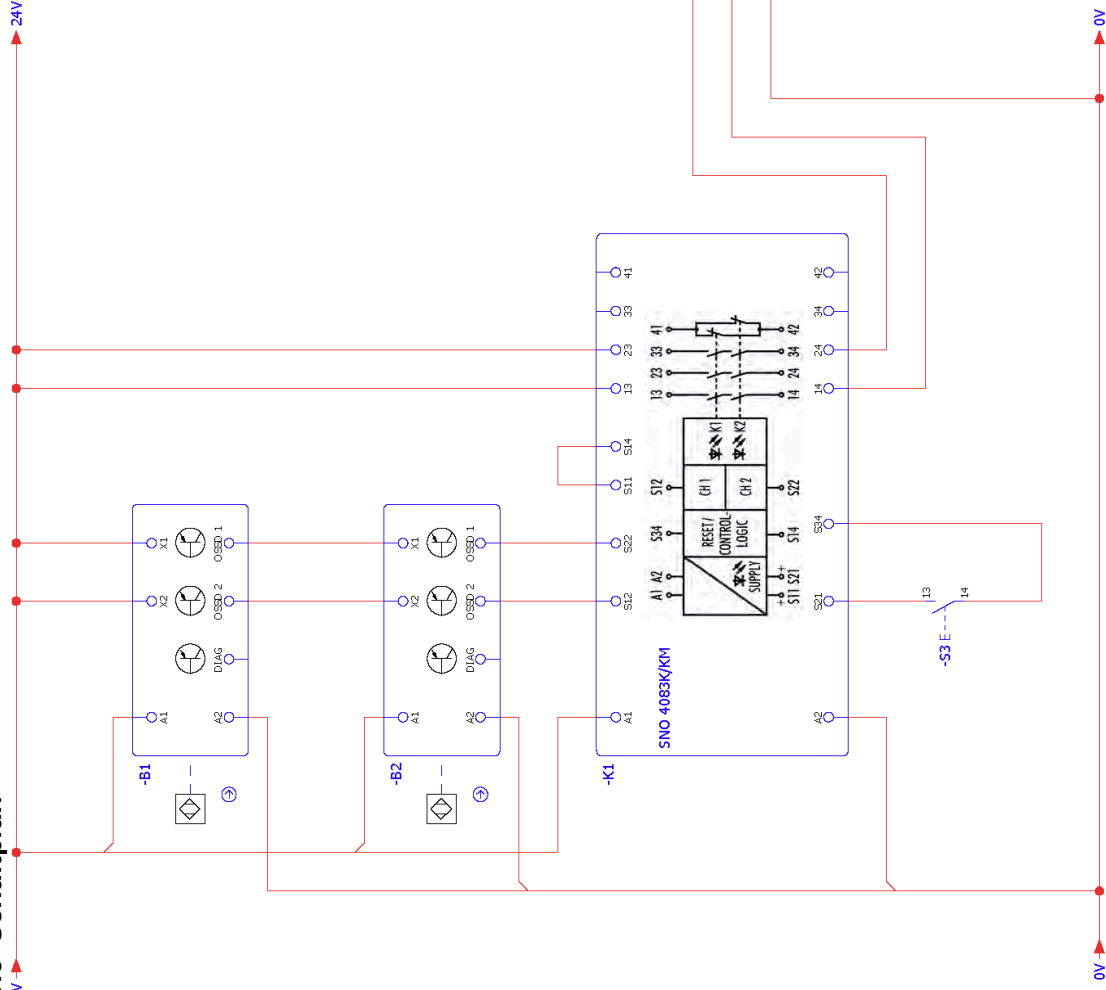
Sensor	Logic	Aktor
		
Erforderliche Daten vom Gerätehersteller		
PL; PFH <sub>D</sub> , T <sub>M</sub>	Jeweils PL; PFH <sub>D</sub> , T <sub>M</sub>	PL; PFH <sub>D</sub> , T <sub>M</sub>
Zu ermitteln / bestätigen für Anwendung		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• CCF nicht erforderlich                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kat. 4</li> </ul> </li> <li>• DC nicht erforderlich</li> <li>• n<sub>op</sub> nicht erforderlich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CCF nicht erforderlich                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kat. 4</li> </ul> </li> <li>• DC nicht erforderlich</li> <li>• n<sub>op</sub> nicht erforderlich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CCF nicht erforderlich                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kat. 4</li> </ul> </li> <li>• DC nicht erforderlich</li> <li>• n<sub>op</sub> nicht erforderlich</li> </ul>
Maximal erreichbarer PL		
PL e	PL e	PL e
PL e		

Anmerkung: Die Ermittlung gilt für den Sensor -B1. Sensor -B2 könnte bei einem internen Fehler die Weiterleitung der Signale von -B1 verhindern. Er trägt daher zur Ausfallwahrscheinlichkeit dieser Sicherheitsfunktion bei.

# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, RFID in Reihe – zweikanalig, äquivalent in PL e

## 3.20.6 Schaltplan





## 3.21 Türschalter, RFID & Not-Halt in Reihe (1) – Not-Halt –S1 in PL c

### 3.21.1 Sicherheitsfunktion (des Not-Halt)

<b>Sicherheitsfunktion</b>	Durch Betätigen des Not-Halt Tasters –S1 werden die Antriebe still gesetzt.
<b>Auslösendes Ereignis</b>	Betätigen des Not-Halt Betätigers –S1 durch den Bediener.
<b>Reaktion</b>	Spannungsfreischalten der Antriebe.
<b>Sicherer Zustand</b>	Antriebe sind energiefrei.




### 3.21.2 Beschreibung

<b>Funktion</b>	<p>Durch Betätigung des Not-Halt–Tasters –S1 wird:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Eingangskreis am Türschalter –B2 wird unterbrochen</li> <li>• Die OSSD Kontakte von –B2 öffnen</li> <li>• der Eingangskreis am Sicherheitsschaltgerät –K1 wird unterbrochen</li> <li>• die Sicherheitskontakte von –K1 öffnen</li> <li>• die Schütze –Q1 und –Q2 fallen ab und die Maschine M1 wird gestoppt.</li> </ul>
<b>Manuelle Rückstellfunktion (Manual Reset)</b>	Die manuelle Rückstellfunktion der Sicherheitsfunktion geschieht durch Dreh-Entriegeln des Not-Halt–Tasters –S1.
<b>Start/Wiederanlauffunktion (Restart)</b>	<p>Die Start-/Wiederanlauffunktion geschieht durch Betätigen von –S2. Ein Start-/Wiederanlauf darf nur möglich sein wenn:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Not-Halt–Taster –S1 nicht betätigt ist</li> <li>• Die Türen –B1 und –B2 geschlossen sind</li> <li>• Schütze –Q1 und –Q2 abgefallen sind</li> </ul>
<b>Rückführkreis</b>	Die zwangsgeführten Öffnerkontakte der Schütze –Q1: 21-22 und –Q2: 21-22 werden in dem Rückführkreis des Sicherheitsschaltgerätes –K1 überwacht.

### 3.21.3 Sicherheitsbetrachtung

<b>Sensorik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alle Fehler am Not-Halt und dessen Verdrahtung werden durch –B1 oder –B2 erkannt.</li> <li>• Der Not-Halt–Taster verfügt über eine Störfall Absicherung. Diese erkennt, wenn sich der Betätiger von den Schaltkontakten löst und unterbricht einen der elektrischen Not-Halt Kreise.</li> <li>• Die Diagnose von Leitungsfehlern zwischen –B2 und –K1 erfolgt gemeinsam durch –B2 und –K1</li> <li>• Es ist betriebsmäßig zu erwarten, dass der Türschalter –B1 und der Not-Halt –S1 im Arbeitsablauf zeitnah nacheinander betätigt werden und beide zugleich aktiviert sind. Somit ist eine Fehlerverdeckung für den Not-Halt zu erwarten (Erstfehler in –S1 werden durch funktionsfähigen –B1 verdeckt und bleiben unerkannt). Da –S1 über keine eigene integrierte Diagnose verfügt ist für den Not-Halt ein DC = Kein anzunehmen.</li> <li>• Es ist zu beachten dass sich die Schaltzeiten aller Türsensoren für die jeweils vorgeschalteten Türsensor und den Not-Halt addieren.</li> </ul>
<b>Aktorik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufgrund der getrennten Ansteuerung von –Q1 und –Q2, sowie der hochwertigen Diagnose mittels Rücklesen der Kontakte, kann auf eine geschützte Verlegung der Leitung zwischen –K1 und –Q1 / –Q2 verzichtet werden.</li> <li>• Die Schütze verfügen über zwangsgeführte Rückführkontakte.</li> <li>• Direkte Überwachung (z. B. elektrische Stellungs-überwachung der Steuerungsventile, Überwachung elektromechanischer Einheiten durch Zwangsführung) durch –K1. DC = 99%</li> </ul>

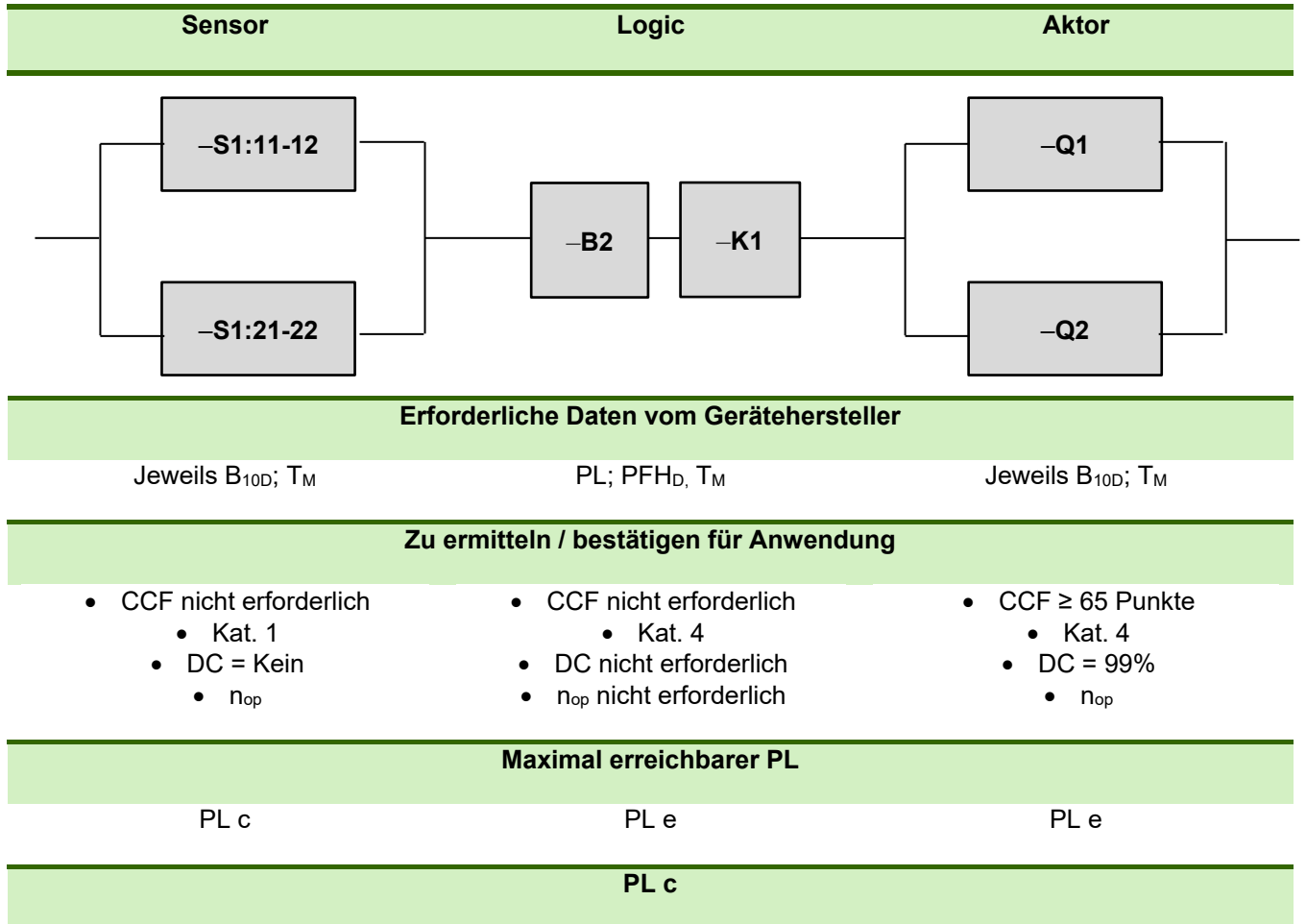
### 3.21.4 Produkte (Optionen)

	<b>Produkt</b>
<b>–S1</b> 	Not-Halt Befehlsgerät (2-Kanalig) mit integrierter Störfallsicherung <b>sensor</b> PRO: SNH-1122 Bestellnummer: R1.200.1122.0
<b>–B2</b> 	Verriegelungseinrichtung Bauart 4 (Türschalter in RFID Technologie) <b>sensor</b> PRO: STS01xx Bestellnummer: R1.400.0110.0
<b>–K1</b> 	Sicherheitsschaltgerät <b>safe</b> RELAY: SNO 4083KM Bestellnummer: R1.188.3580.0
<b>–Q1; –Q2</b>	Leistungsschütz mit folgenden Eigenschaften: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schütz mit zwangsgeführten Rückführkontakten.</li> <li>• Geeignet für die zu erwartende Schaltlast und Frequenz</li> <li>• Herstellerangabe von <math>B_{10D}</math> und <math>T_M</math></li> </ul>

# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, RFID & Not-Halt in Reihe (1) – Not-Halt –S1 in PL c

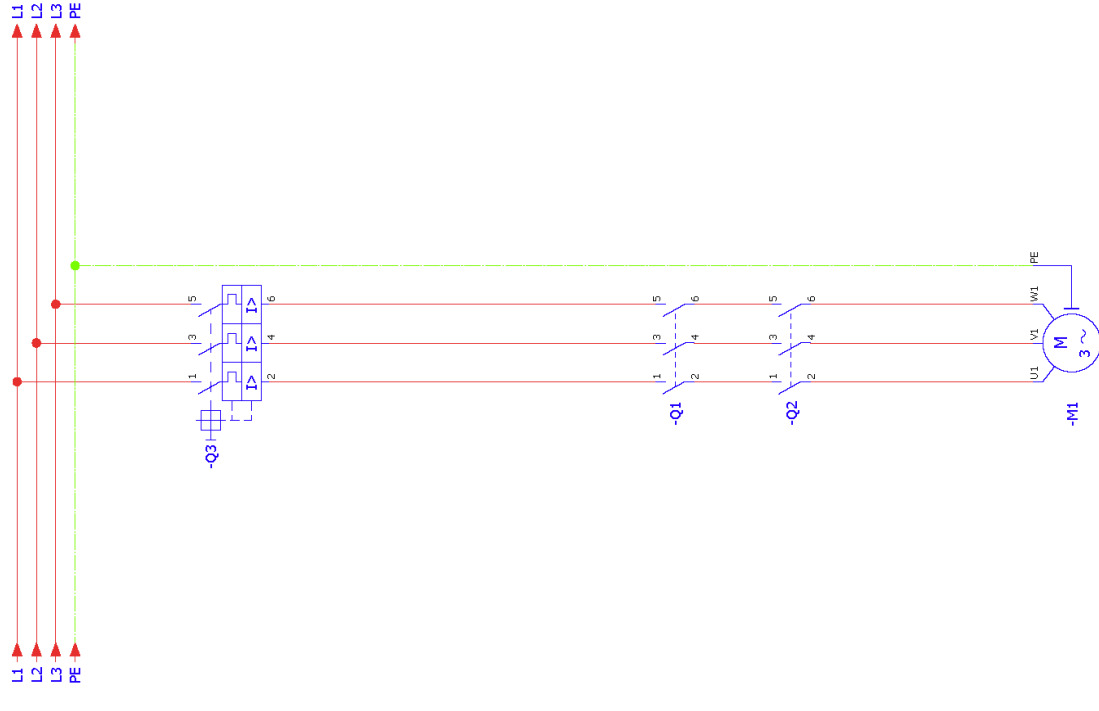
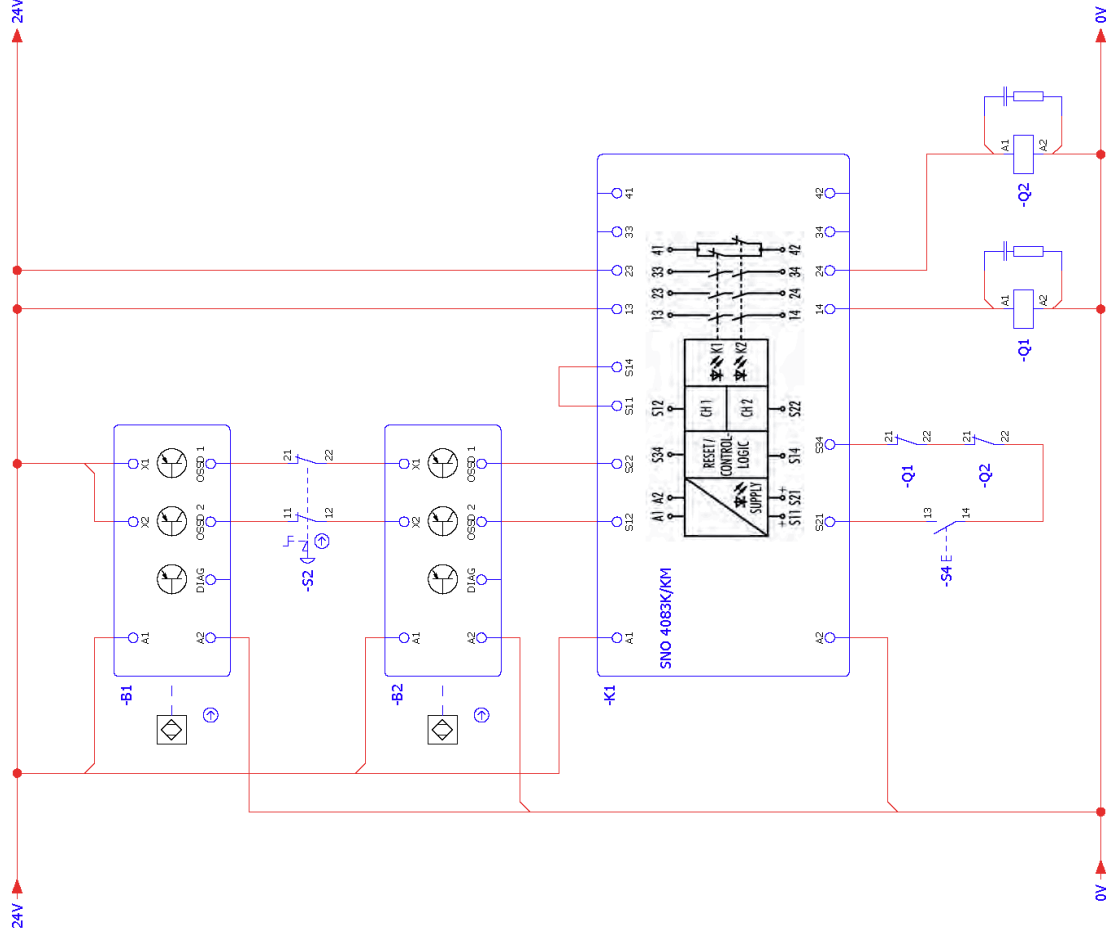
## 3.21.5 Modellierung gemäß EN ISO 13849-1



# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, RFID & Not-Halt in Reihe (1) – Not-Halt –S1 in PL c

## 3.21.6 Schaltplan



### 3.22 Türschalter, RFID & Not-Halt in Reihe (1) – Türe –B1 in PL e

#### 3.22.1 Sicherheitsfunktion (der Türe 1)

<b>Sicherheitsfunktion</b>	Durch Öffnen der Tür 1 –B1 werden alle Antriebe der Anlage still gesetzt / energiefrei geschaltet.
<b>Auslösendes Ereignis</b>	Öffnen der Tür 1 –B1 durch den Bediener.
<b>Reaktion</b>	Spannungsfreischalten der Antriebe.
<b>Sicherer Zustand</b>	Antriebe sind energiefrei.



#### 3.22.2 Beschreibung

<b>Funktion</b>	Durch Öffnen der Türe 1 –B1 wird: <ul style="list-style-type: none"><li>• Die OSSD Kontakte von –B1 öffnen</li><li>• Der Eingangskreis am Türschalter –B2 wird unterbrochen</li><li>• Die OSSD Kontakte von –B2 öffnen</li><li>• der Eingangskreis am Sicherheitsschaltgerät –K1 wird unterbrochen</li><li>• die Sicherheitskontakte von –K1 öffnen</li><li>• die Schütze –Q1 und –Q2 fallen ab.</li><li>• die Maschine M1 wird gestoppt.</li></ul>
<b>Manuelle Rückstellfunktion (Manual Reset)</b>	Die manuelle Rückstellfunktion der Sicherheitsfunktion geschieht durch Schließen der Tür 1 –B1
<b>Start-/Wiederanlauf funktion (Restart)</b>	Die Start-/Wiederanlauf funktion geschieht durch Betätigen von –S2. Ein Start-/Wiederanlauf darf nur möglich sein wenn: <ul style="list-style-type: none"><li>• Not-Halt-Taster –S1 nicht betätigt ist</li><li>• Die Türen –B1 und –B2 geschlossen sind</li><li>• Schütze –Q1 und –Q2 abgefallen sind</li></ul> Ein Hintertreten der Türe ist konstruktiv ausgeschlossen.
<b>Rückführkreis</b>	Die zwangsgeführten Öffnerkontakte der Schütze –Q1: 21-22 und –Q2: 21-22 werden in dem Rückführkreis des Sicherheitsschaltgerätes –K1 überwacht.

### 3.22.3 Sicherheitsbetrachtung

<b>Sensorik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• –B1 ist selbstüberwachend und verfügt über OSSD Ausgänge</li> <li>• Querschlüsse zwischen OSSD Ausgangssignalen werden vom Sensor erkannt und führen im Fehlerfall zum Abschalten beider OSSD Ausgänge.</li> <li>• Schlüsse der OSSD Ausgänge gegen 24V oder GND werden vom Sicherheitsschaltgerät –K1 oder dem jeweiligen nachgeschalteten Türsensor mittels Quervergleich erkannt.</li> <li>• Jeder Einzelfehler wird erkannt und führt zum Abschalten beider OSSD Kanäle. Eine Fehlerverdeckung (Maskierung) oder Fehleranhäufung ist somit ausgeschlossen. Es kann DC = 99% (Kreuzvergleich und hochwertiger Fehlererkennung) für –B1 angenommen werden.</li> </ul> <p>Es ist zu beachten dass sich die Schaltzeiten aller Türsensoren für die jeweils vorgeschalteten Türsensor in der Reihe (hier –B1) addieren.</p>
<b>Aktorik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufgrund der getrennten Ansteuerung von –Q1 und –Q2, sowie der hochwertigen Diagnose mittels Rücklesen der Kontakte, kann auf eine geschützte Verlegung der Leitung zwischen –K1 und –Q1 / –Q2 verzichtet werden.</li> <li>• Die Schütze verfügen über zwangsgeführte Rückführkontakte.</li> <li>• Direkte Überwachung (z. B. elektrische Stellungs-überwachung der Steuerungsventile, Überwachung elektromechanischer Einheiten durch Zwangsführung) durch –K1. DC = 99%</li> </ul>

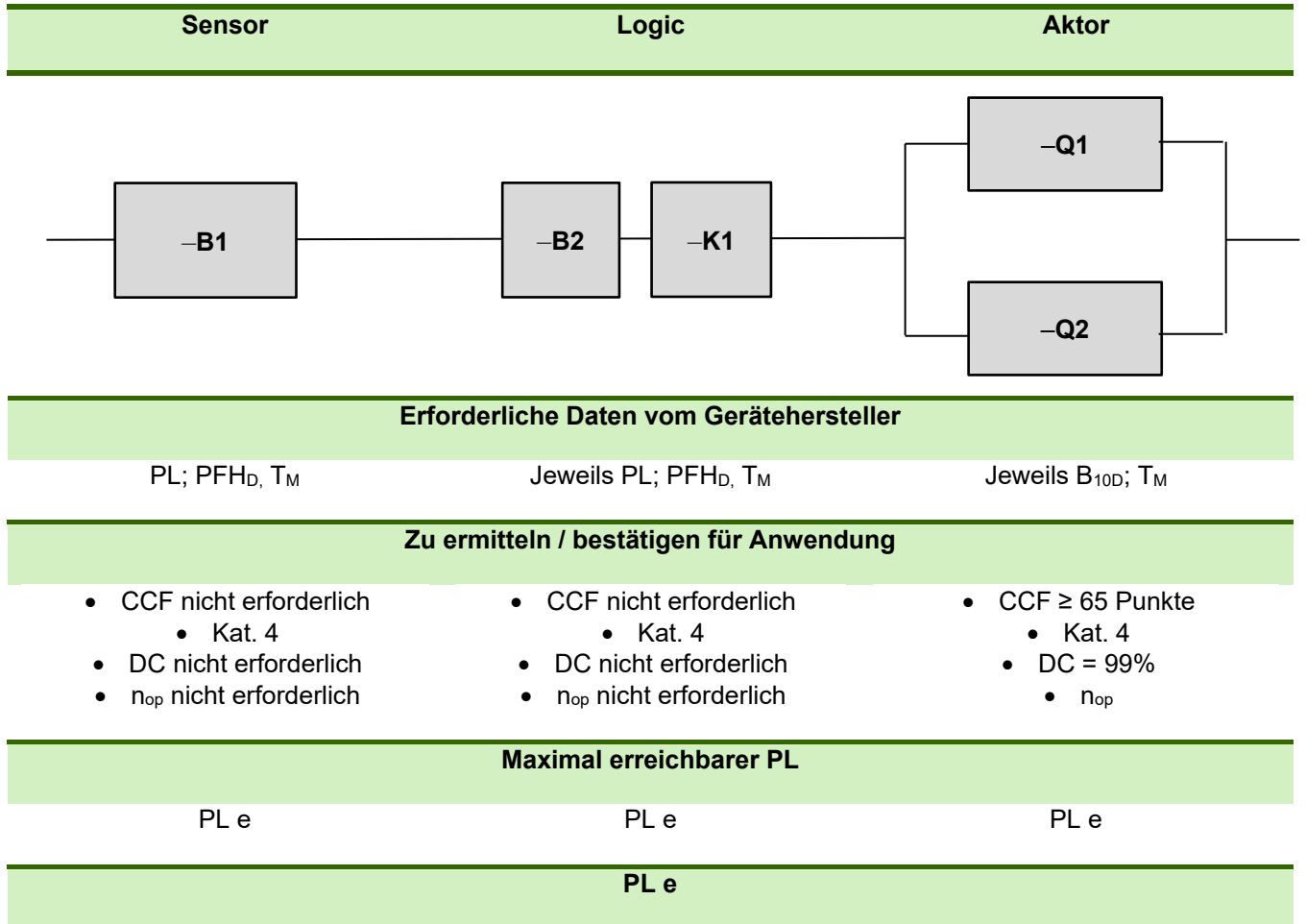
### 3.22.4 Produkte (Optionen)

	<b>Produkt</b>
–B1; –B2 	Verriegelungseinrichtung Bauart 4 (Türschalter in RFID Technologie) <b>sensor</b> PRO: STS01xx Bestellnummer: R1.400.0110.0
–K1 	Sicherheitsschaltgerät <b>safe</b> RELAY: SNO 4083KM Bestellnummer: R1.188.3580.0
–Q1; –Q2	Leistungsschütz mit folgenden Eigenschaften: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schütz mit zwangsgeführten Rückführkontakten.</li> <li>• Geeignet für die zu erwartende Schaltlast und Frequenz</li> <li>• Herstellerangabe von <math>B_{10D}</math> und <math>T_M</math></li> </ul>

# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, RFID & Not-Halt in Reihe (1) – Türe –B1 in PL e

## 3.22.5 Modellierung gemäß EN ISO 13849-1







# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, RFID & Not-Halt in Reihe (1) – Türe –B2 in PL e

## 3.23 Türschalter, RFID & Not-Halt in Reihe (1) – Türe –B2 in PL e

### 3.23.1 Sicherheitsfunktion (der Türe 2)

<b>Sicherheitsfunktion</b>	Durch Öffnen der Tür(en) werden alle Antriebe der Anlage still gesetzt / energiefrei geschaltet.
<b>Auslösendes Ereignis</b>	Öffnen einer oder mehrerer Türen durch den Bediener.
<b>Reaktion</b>	Spannungsfreischalten der Antriebe
<b>Sicherer Zustand</b>	Antriebe sind energiefrei.



### 3.23.2 Beschreibung

<b>Funktion</b>	Durch das Öffnen der Tür(en) wird: <ul style="list-style-type: none"><li>• der/die Türschalter betätigt</li><li>• der Eingangskreis am Sicherheitsschaltgerät –K1 wird unterbrochen</li><li>• die Sicherheitskontakte von –K1 öffnen</li><li>• die Schütze –Q1 und –Q2 fallen ab und die Maschine M1 wird gestoppt.</li></ul>
<b>Manuelle Rückstellfunktion (Manual Reset)</b>	Die manuelle Rückstellung der Sicherheitsfunktion geschieht durch das Schließen der Tür(en). Der/die Türschalter (–B1, –B2) werden geschlossen. Es ist konstruktiv sichergestellt, dass die Tür(en) sich nicht unbeabsichtigt schließen können.
<b>Start-/Wiederanlauffunktion (Restart)</b>	Die Start-/Wiederanlauffunktion geschieht durch Schließen der Tür(en). Ein Start-/Wiederanlauf darf nur möglich sein wenn: <ul style="list-style-type: none"><li>• Die Türen geschlossen sind</li></ul> <p>Ein Hintertreten der Türe ist konstruktiv ausgeschlossen.</p>

### 3.23.3 Sicherheitsbetrachtung

<b>Sensorik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alle Türsensoren sind selbstüberwachend.</li> <li>• Alle Sensoren verfügen über OSSD Ausgänge</li> <li>• Querschlüsse zwischen OSSD Ausgangssignalen werden vom Sensor erkannt und führen im Fehlerfall zum Abschalten beider OSSD Ausgänge.</li> <li>• Schlüsse der OSSD Ausgänge gegen 24V oder GND werden vom Sicherheitsschaltgerät –K1 oder dem jeweiligen nachgeschalteten Türsensor mittels Quervergleich erkannt.</li> <li>• Da alle Fehler individuell diagnostiziert werden können ist eine Fehlerverdeckung (Maskierung) ausgeschlossen. Es kann ein DC = 99% (Kreuzvergleich und hochwertiger Fehlererkennung) für alle Sensoren angenommen werden.</li> <li>• Es ist zu beachten dass sich die Schaltzeiten aller Türsensoren für die jeweils vorgeschalteten Türsensor in der Reihe (hier –B1) addieren.</li> </ul>
<b>Aktorik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufgrund der getrennten Ansteuerung von –Q1 und –Q2, sowie der hochwertigen Diagnose mittels Rücklesen der Kontakte, kann auf eine geschützte Verlegung der Leitung zwischen –K1 und –Q1 / –Q2 verzichtet werden.</li> <li>• Die Schütze verfügen über zwangsgeführte Rückführkontakte.</li> <li>• Direkte Überwachung (z. B. elektrische Stellungs-überwachung der Steuerungsventile, Überwachung elektromechanischer Einheiten durch Zwangsführung) durch –K1. DC = 99%</li> </ul>

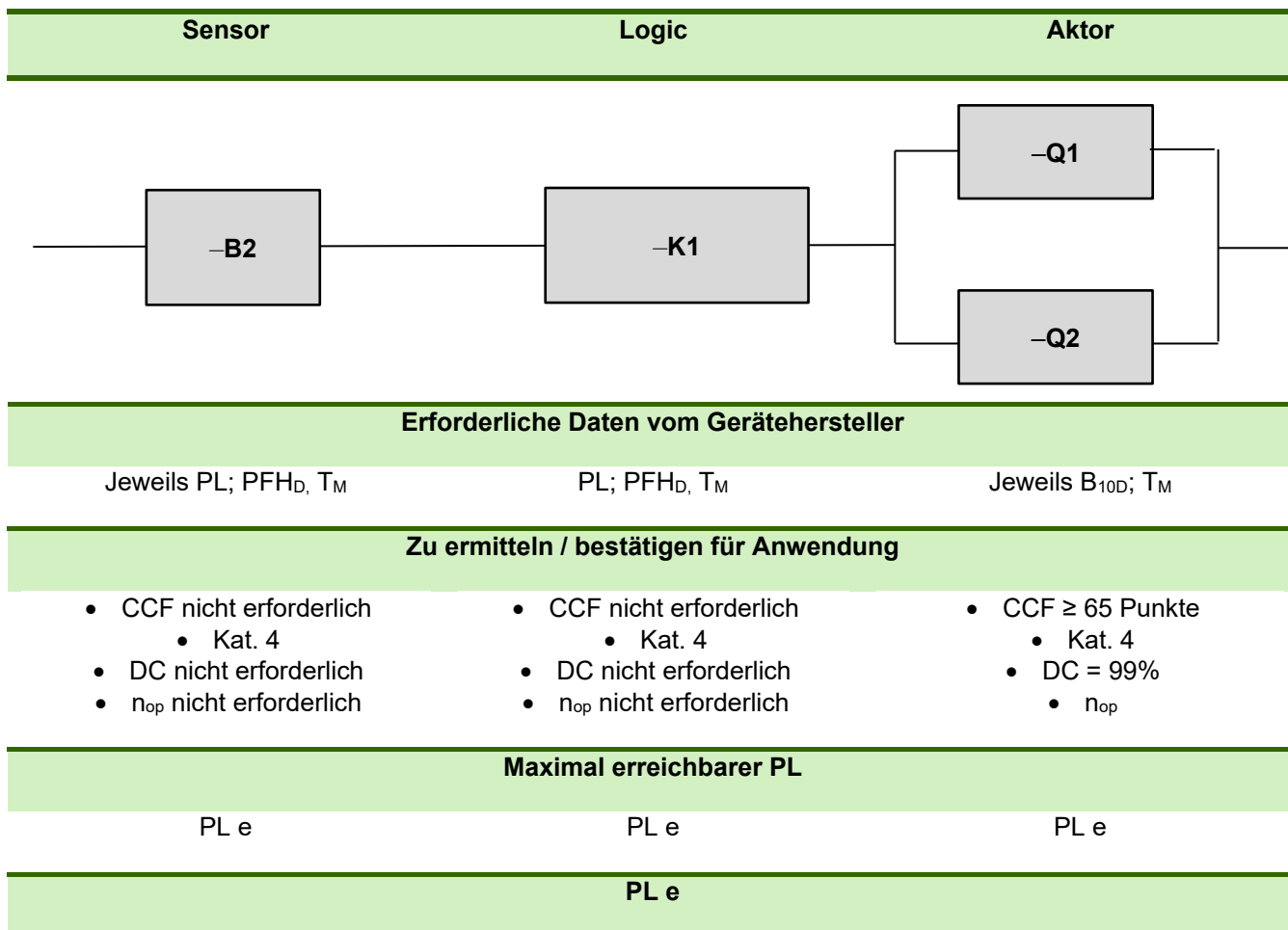
### 3.23.4 Produkte (Optionen)

	Produkt
<b>–B2</b> 	Verriegelungseinrichtung Bauart 4 (Türschalter in RFID Technologie) <b>sensor PRO: STS01xx</b> Bestellnummer: R1.400.0110.0
<b>–K1</b> 	Sicherheitsschaltgerät <b>safe RELAY: SNO 4083KM</b> Bestellnummer: R1.188.3580.0
<b>–Q1; –Q2</b>	Leistungsschütz mit folgenden Eigenschaften: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schütz mit zwangsgeführten Rückführkontakten.</li> <li>• Geeignet für die zu erwartende Schaltlast und Frequenz</li> <li>• Herstellerangabe von <math>B_{10D}</math> und <math>T_M</math></li> </ul>

# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, RFID & Not-Halt in Reihe (1) – Türe –B2 in PL e

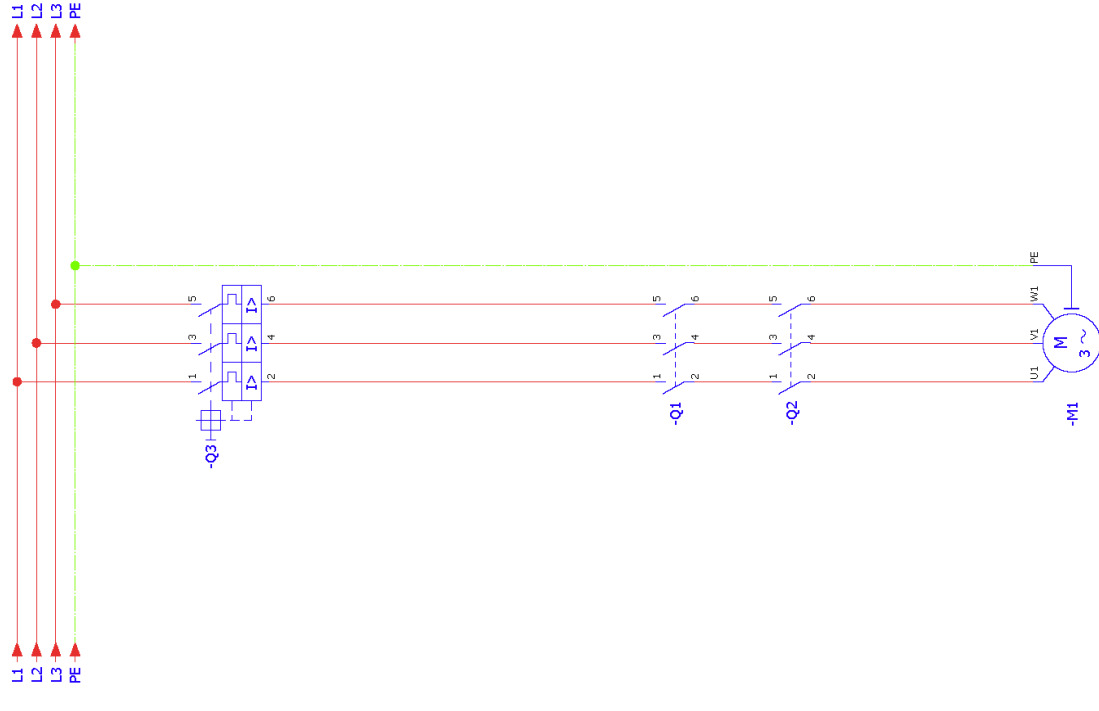
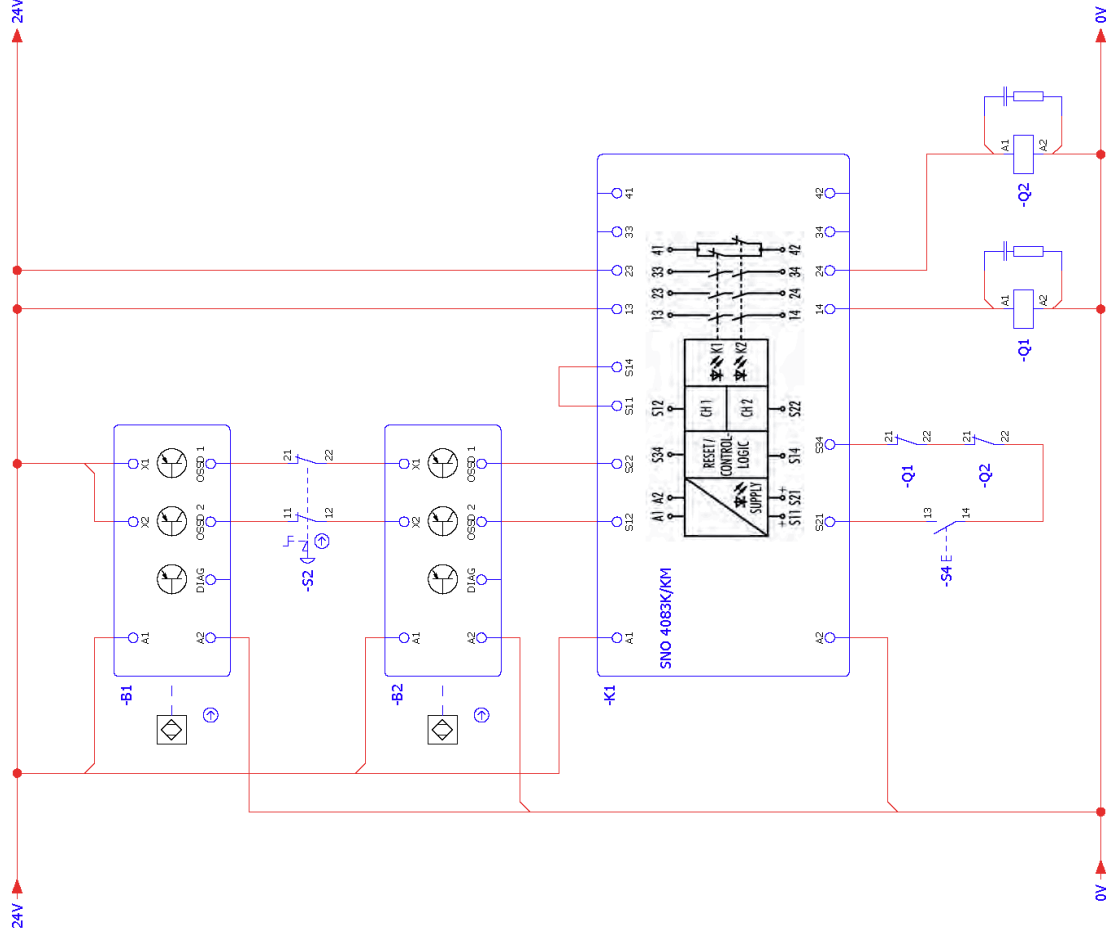
## 3.23.5 Modellierung gemäß EN ISO 13849-1



# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, RFID & Not-Halt in Reihe – Türe –B2 in PL e

## 3.23.6 Schaltplan



## 3.24 Türschalter, RFID & Not-Halt in Reihe (2) – Not-Halt in PL e

### 3.24.1 Sicherheitsfunktion (des Not-Halt)

<b>Sicherheitsfunktion</b>	Durch Betätigen des Not-Halt Tasters –S1 werden alle Antriebe der Anlage kontrolliert (geführt) still gesetzt.
<b>Auslösendes Ereignis</b>	Betätigen des Not-Halt Betätigers –S1 durch den Bediener.
<b>Reaktion</b>	Spannungsfreischalten der Antriebe.
<b>Sicherer Zustand</b>	Antriebe sind energiefrei.




### 3.24.2 Beschreibung

<b>Funktion</b>	<p>Durch Betätigung des Not-Halt–Tasters –S1 wird:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Eingangskreis am Türschalter –B1 wird unterbrochen</li> <li>• Die OSSD Kontakte von –B1 öffnen</li> <li>• Der Eingangskreis am Türschalter –B2 wird unterbrochen</li> <li>• Die OSSD Kontakte von –B2 öffnen</li> <li>• der Eingangskreis am Sicherheitsschaltgerät –K1 wird unterbrochen</li> <li>• die Sicherheitskontakte von –K1 öffnen</li> <li>• die Schütze –Q1 und –Q2 fallen ab.</li> <li>• die Maschine M1 wird gestoppt.</li> </ul>
<b>Manuelle Rückstellfunktion (Manual Reset)</b>	Die manuelle Rückstellfunktion der Sicherheitsfunktion geschieht durch Dreh-Entriegeln des Not-Halt–Tasters –S1.
<b>Start-/Wiederanlauf funktion (Restart)</b>	<p>Die Start-/Wiederanlauf funktion geschieht durch Betätigen von –S2. Ein Start-/Wiederanlauf darf nur möglich sein wenn:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Not-Halt–Taster –S1 nicht betätigt ist</li> <li>• Die Türen –B1 und –B2 geschlossen sind</li> <li>• Schütze –Q1 und –Q2 abgefallen sind</li> </ul>
<b>Rückführkreis</b>	Die zwangsgeführten Öffnerkontakte der Schütze –Q1: 21-22 und –Q2: 21-22 werden in dem Rückführkreis des Sicherheitsschaltgerätes –K1 überwacht.

### 3.24.3 Sicherheitsbetrachtung

<b>Sensorik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erdschlüsse im Eingangskreis werden auf den Sensorleitungen durch –B1 erkannt. Querschlüsse werden auf Grund der Struktur Kat. 3 nicht erkannt somit „Kreuzvergleich mit Dynamisierung ohne hochwertiger Fehlererkennung“ → DC = 90 %</li> <li>• Der Not-Halt-Taster verfügt über eine Störfall Absicherung. Diese erkennt wenn sich der Betätiger von den Schaltkontakten löst und unterbricht einen der elektrischen Not-Halt Kreise.</li> <li>• Synchronzeitüberwachung zwischen den Eingangskreisen –S12 und –S22</li> <li>• Es ist zu beachten dass sich die Schaltzeiten aller Türsensoren für die jeweils vorgeschalteten Türsensor und den Not-Halt addieren.</li> <li>• Die Diagnose von Leitungsfehlern zwischen –B1 und –B2 erfolgt gemeinsam durch –B1 und –B2</li> <li>• Die Diagnose von Leitungsfehlern zwischen –B2 und –K1 erfolgt gemeinsam durch –B2 und –K1</li> </ul>
<b>Aktorik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufgrund der getrennten Ansteuerung von –Q1 und –Q2, sowie der hochwertigen Diagnose mittels Rücklesen der Kontakte, kann auf eine geschützte Verlegung der Leitung zwischen –K1 und –Q1 / –Q2 verzichtet werden.</li> <li>• Die Schütze verfügen über zwangsgeführte Rückführkontakte.</li> <li>• Direkte Überwachung (z. B. elektrische Stellungs-überwachung der Steuerungsventile, Überwachung elektromechanischer Einheiten durch Zwangsführung) durch –K1. DC = 99%</li> </ul>

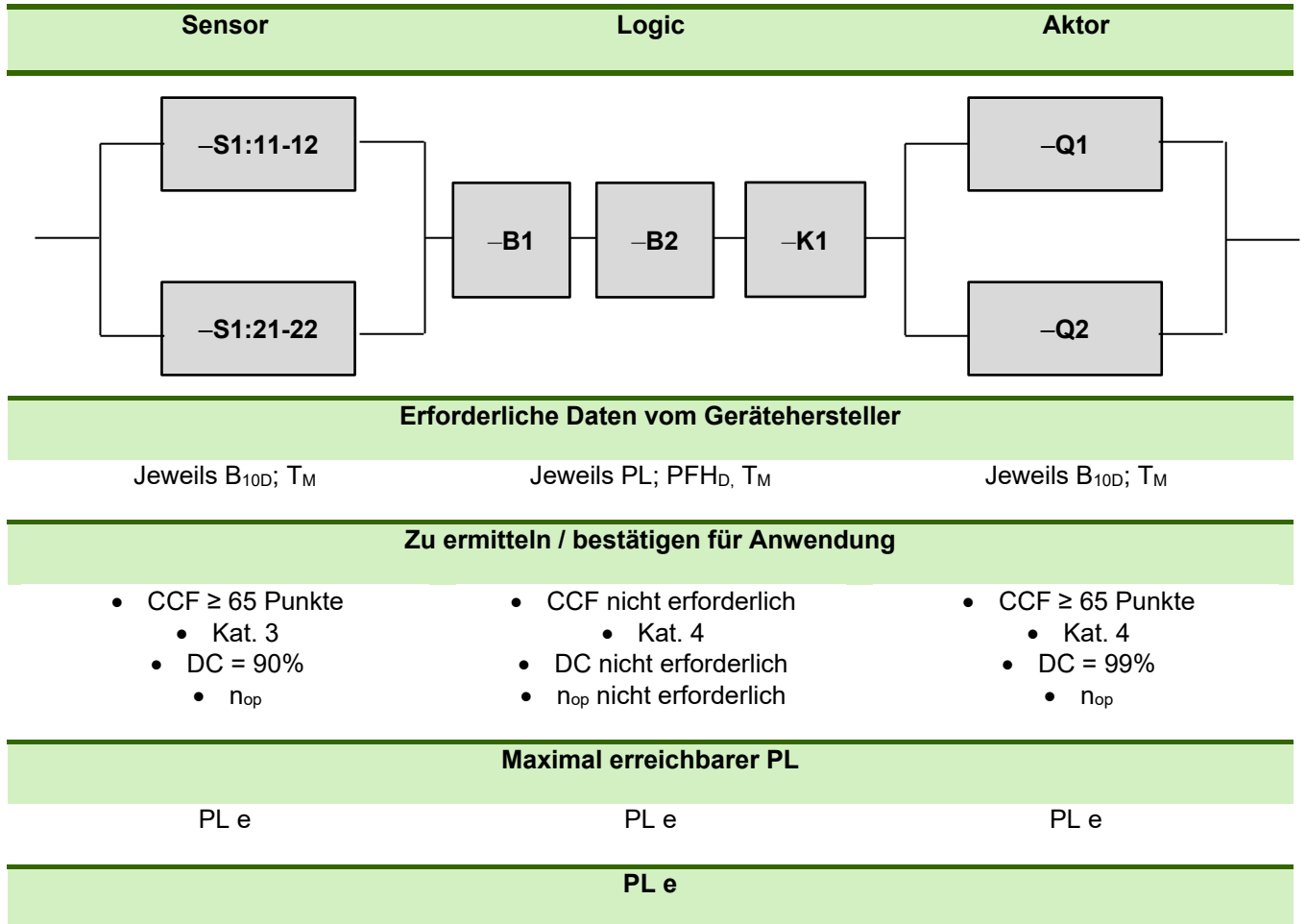
### 3.24.4 Produkte (Optionen)

	<b>Produkt</b>
–S1 	Not-Halt Befehlsgerät (2-Kanalig) mit integrierter Störabfallsicherung <b>sensor</b> PRO: SNH-1122 Bestellnummer: R1.200.1122.0
–B1; –B2 	Verriegelungseinrichtung Bauart 4 (Türschalter in RFID Technologie) <b>sensor</b> PRO: STS01xx Bestellnummer: R1.400.0110.0
–K1 	Sicherheitsschaltgerät <b>safe</b> RELAY: SNO 4083KM Bestellnummer: R1.188.3580.0
–T1	Leistungsschütz mit folgenden Eigenschaften: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schütz mit zwangsgeführten Rückführkontakten.</li> <li>• Geeignet für die zu erwartende Schaltlast und Frequenz</li> <li>• Herstellerangabe von B<sub>10D</sub> und T<sub>M</sub></li> </ul>

# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, RFID & Not-Halt in Reihe (2) – Not-Halt in PL e

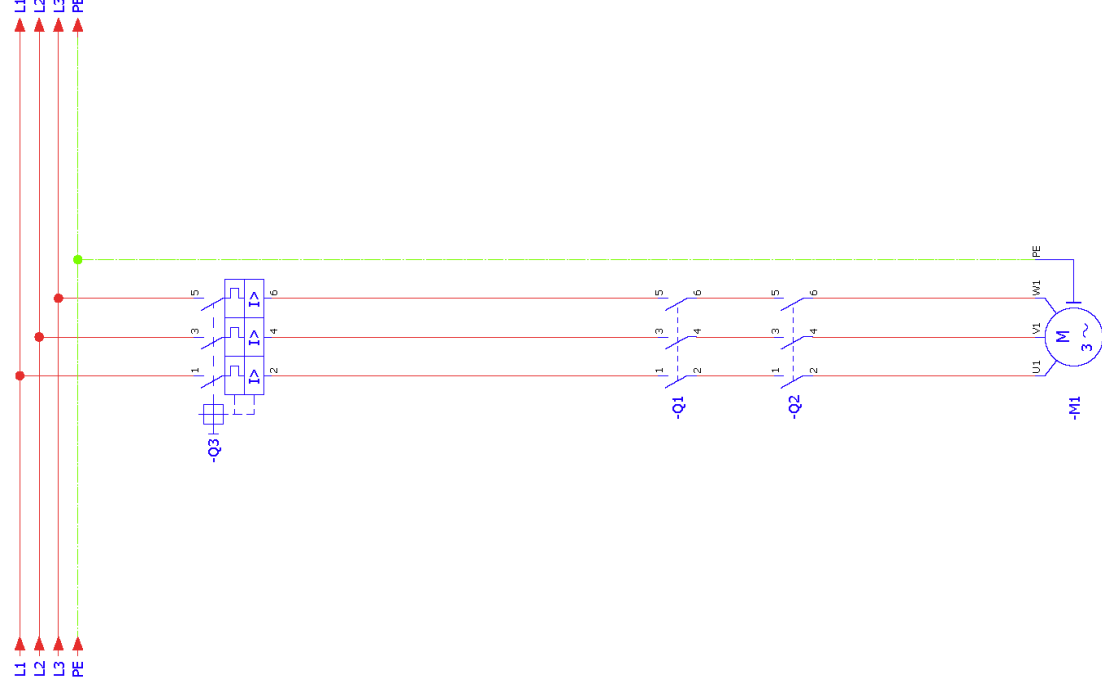
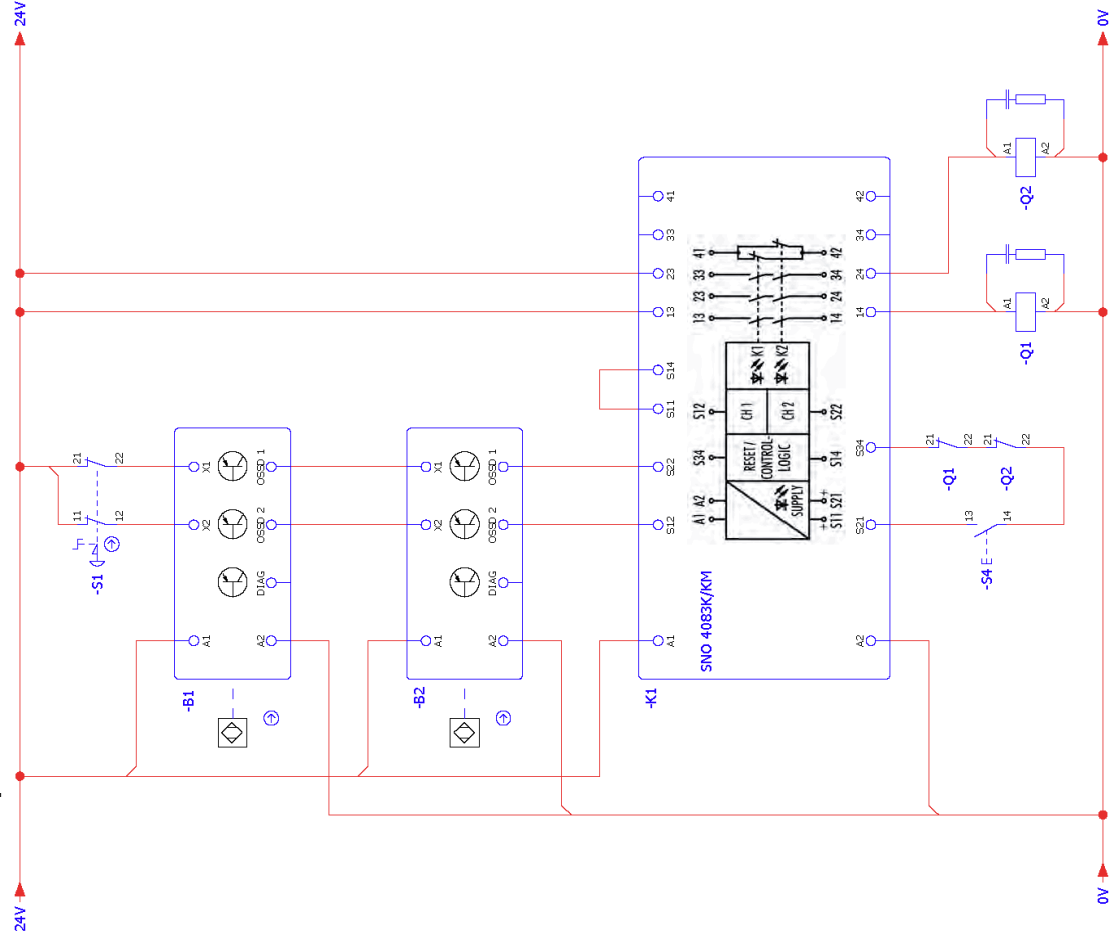
## 3.24.5 Modellierung gemäß EN ISO 13849-1



# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, RFID & Not-Halt in Reihe (2) – Not-Halt in PL e

## 3.24.6 Schaltplan





## Türschalter, RFID & Not-Halt in Reihe (2) – Türe in PL e

### 3.25 Türschalter, RFID & Not-Halt in Reihe (2) – Türe in PL e

#### 3.25.1 Sicherheitsfunktion (der Türen)

<b>Sicherheitsfunktion</b>	Durch Öffnen der Tür(en) werden alle Antriebe der Anlage still gesetzt / energiefrei geschaltet.
<b>Auslösendes Ereignis</b>	Öffnen einer oder mehrerer Türen durch den Bediener.
<b>Reaktion</b>	Spannungsfreischalten der Antriebe.
<b>Sicherer Zustand</b>	Antriebe sind energiefrei.



#### 3.25.2 Beschreibung

<b>Funktion</b>	<p>Durch das Öffnen der Tür(en) wird:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• der/die Türschalter betätigt</li> <li>• Die OSSD Kontakte von –B1 öffnen</li> <li>• Der Eingangskreis am Türschalter –B2 wird unterbrochen</li> <li>• Die OSSD Kontakte von –B2 öffnen</li> <li>• der Eingangskreis am Sicherheitsschaltgerät –K1 wird unterbrochen</li> <li>• die Sicherheitskontakte von –K1 öffnen</li> <li>• die Schütze –Q1 und –Q2 fallen ab.</li> <li>• die Maschine M1 wird gestoppt.</li> </ul>
<b>Manuelle Rückstellfunktion (Manual Reset)</b>	Die manuelle Rückstellung der Sicherheitsfunktion geschieht durch das Schließen der Tür(en). Der/die Türschalter (–B1, –B2) werden geschlossen. Es ist konstruktiv sichergestellt, dass die Tür(en) sich nicht unbeabsichtigt schließen können.
<b>Start-/Wiederanlauf funktion (Restart)</b>	<p>Die Start-/Wiederanlauf funktion geschieht durch Schließen der Tür(en). Ein Start-/Wiederanlauf darf nur möglich sein wenn:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Türen geschlossen sind</li> </ul> <p>Ein Hintertreten der Türe ist konstruktiv ausgeschlossen.</p>

### 3.25.3 Sicherheitsbetrachtung

<b>Sensorik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alle Türsensoren sind selbstüberwachend.</li> <li>• Alle Sensoren verfügen über OSSD Ausgänge</li> <li>• Querschlüsse zwischen OSSD Ausgangssignalen werden vom Sensor erkannt und führen im Fehlerfall zum Abschalten beider OSSD Ausgänge.</li> <li>• Schlüsse der OSSD Ausgänge gegen 24V oder GND werden vom Sicherheitsschaltgerät –K1 oder dem jeweiligen nachgeschalteten Türsensor mittels Quervergleich erkannt.</li> <li>• Da alle Fehler individuell diagnostiziert werden können ist eine Fehlerverdeckung (Maskierung) ausgeschlossen. Es kann ein DC = 99% (Kreuzvergleich und hochwertiger Fehlererkennung) für alle Sensoren angenommen werden.</li> <li>• Es ist zu beachten dass sich die Schaltzeiten aller Türsensoren für die jeweils vorgeschalteten Türsensor in der Reihe (hier –B1) addieren.</li> </ul>
<b>Aktorik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufgrund der getrennten Ansteuerung von –Q1 und –Q2, sowie der hochwertigen Diagnose mittels Rücklesen der Kontakte, kann auf eine geschützte Verlegung der Leitung zwischen –K1 und –Q1 / –Q2 verzichtet werden.</li> <li>• Die Schütze verfügen über zwangsgeführte Rückführkontakte.</li> <li>• Direkte Überwachung (z. B. elektrische Stellungs-überwachung der Steuerungsventile, Überwachung elektromechanischer Einheiten durch Zwangsführung) durch –K1. DC = 99%</li> </ul>

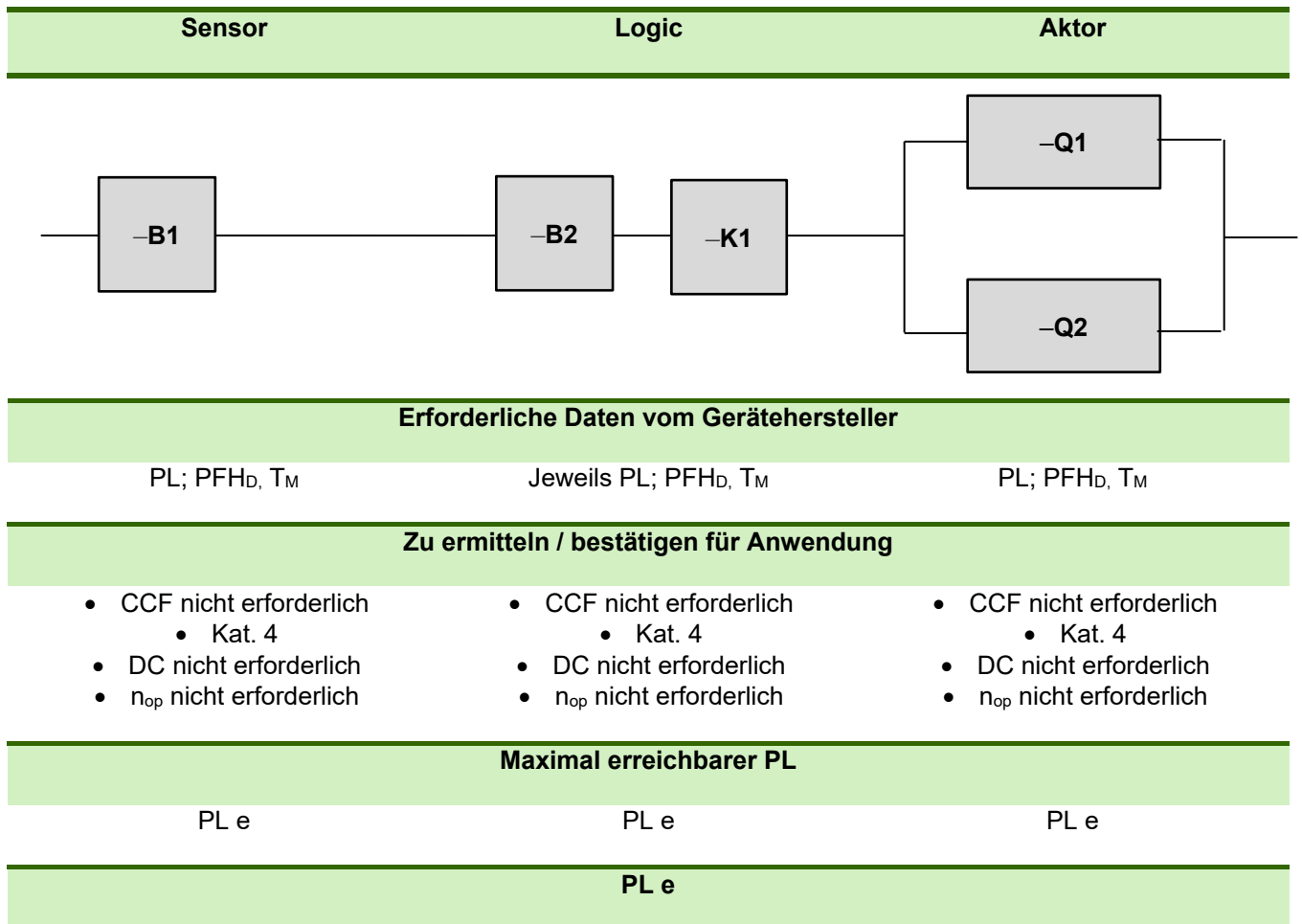
### 3.25.4 Produkte (Optionen)

	Produkt
–B1; –B2 	Verriegelungseinrichtung Bauart 4 (Türschalter in RFID Technologie) <b>sensor</b> PRO: STS01xx Bestellnummer: R1.400.0110.0
–K1 	Sicherheitsschaltgerät <b>safe</b> RELAY: SNO 4083KM Bestellnummer: R1.188.3580.0
–T1	Sicherer Frequenzumrichter mit integrierter Diagnose und einer Bewertung als PL e. Integrierte Sicherheitsfunktion STO.

# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, RFID & Not-Halt in Reihe (2) – Türe in PL e

## 3.25.5 Modellierung gemäß EN ISO 13849-1

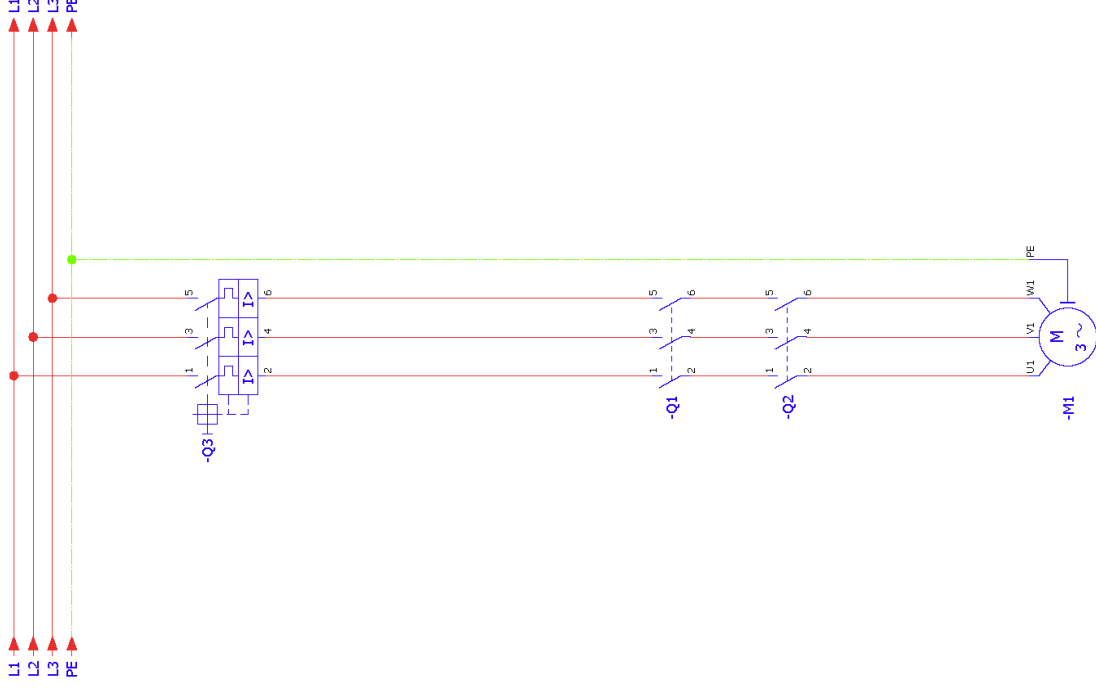
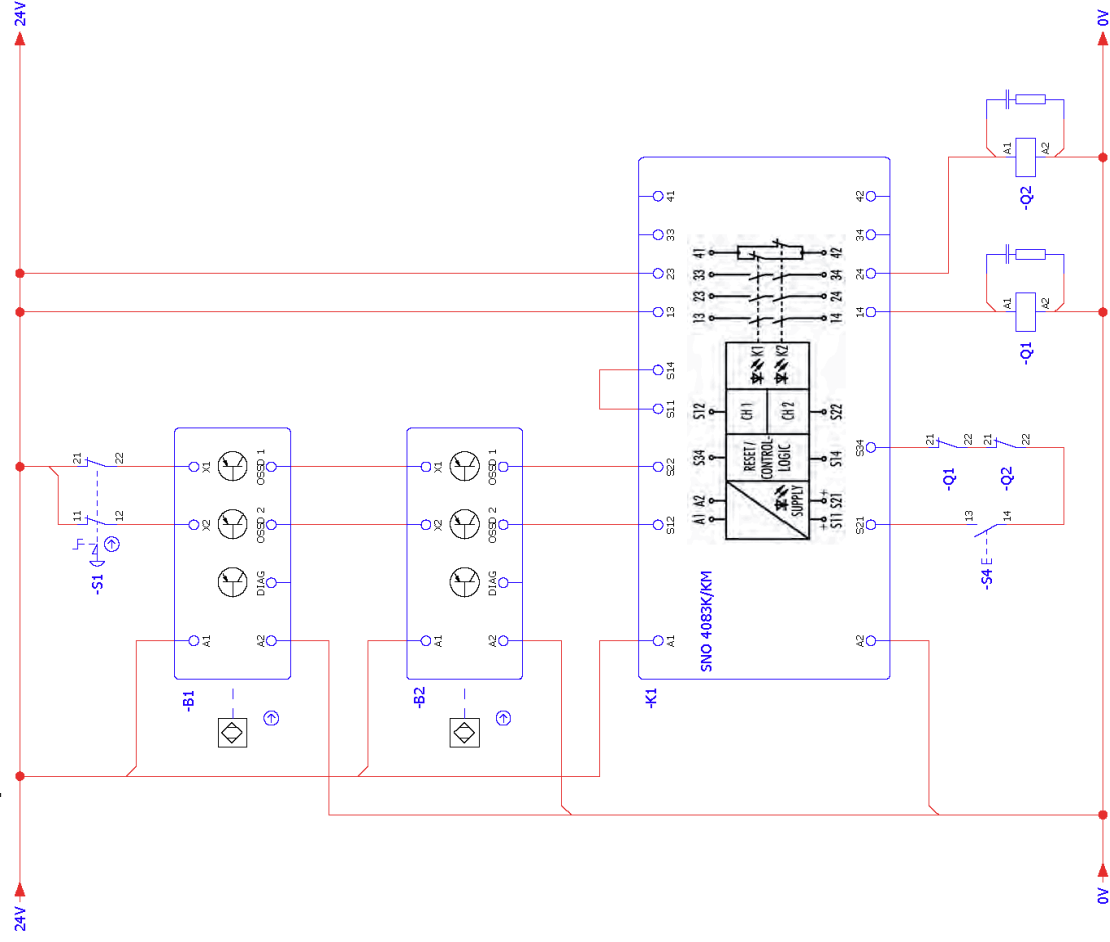


**Anmerkung:** Die Ermittlung gilt für den Sensor –B1. Für die Sensor –B2 ist Modellierung um –B1 verkürzt. Da die gezeigte Modellierung den Worst Case darstellt wird sie für alle Sensoren angenommen.

# Sicherheitsfunktionen

Türschalter, RFID & Not-Halt in Reihe (2) – Türe in PL e

## 3.25.6 Schaltplan



## Betriebsartenwahlschalter in PL e

### 3.26 Betriebsartenwahlschalter in PL e

#### 3.26.1 Sicherheitsfunktion

<b>Sicherheitsfunktion</b>	Durch Fehler im Betriebsartenwahlschalter darf es nicht zur unbeabsichtigten Umschaltung kommen.
<b>Auslösendes Ereignis</b>	Anliegen unplausibler Signale der Betriebsartenwahl.
<b>Reaktion</b>	Stoppen der Maschine -> Betriebsart „Aus“ .
<b>Sicherer Zustand</b>	<p>Folgende Optionen stellen sichere Zustände dar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die auf dem Betriebsarten-Wahlschalter angezeigte Betriebsart ist aktiv und alle anderen Betriebsarten sind inaktiv.</li> <li>• Es ist die Betriebsart „Aus“ aktiv (Kein Betrieb möglich)</li> </ul>

**Anmerkung:** *Der Betriebsarten-Wahlschalter könnte auch in allen Sicherheitsfunktionen deren Sicherheit vom Anliegen der richtigen Betriebsart abhängen, mit betrachtet werden. Das macht die Betrachtung der jeweiligen Sicherheitsfunktionen aber komplexer. Daher wurde hier eine getrennte Darstellung gewählt.*

**Achtung:** *Es ist zu beachten, dass der PL<sub>r</sub> dieser Sicherheitsfunktion von den PL<sub>r</sub> der abhängigen Sicherheitsfunktionen abhängt. Insbesondere wenn der Wechsel von Betriebsarten an bestimmte Befugnisse oder Befähigungen gekoppelt ist oder nicht alle geschalteten Sicherheitsfunktionen denselben PL<sub>r</sub> haben, so ist es naheliegend, dass der PL<sub>r</sub> für diese Sicherheitsfunktion sich an dem höchsten PL<sub>r</sub> der beteiligten Sicherheitsfunktionen orientieren sollte.*

#### 3.26.2 Beschreibung


<b>Funktion</b>	<p>Durch Betätigung des Betriebsarten-Wahlschalters –S1 wird:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Genau ein Eingangskreis am Sicherheitsschaltgerät –K1 wird geschlossen und gleichzeitig alle anderen unterbrochen</li> <li>• die interne Auswertung in –K1 prüft auf Plausibilität</li> <li>• die zur Schalterposition gehörige Betriebsart wird aktiviert</li> <li>• wird ein Fehler erkannt wird der Frequenzumrichter –T1 über STO_A und STO_B stillgesetzt</li> </ul>
<b>Manuelle Rückstellfunktion (Manual reset)</b>	Nicht erforderlich
<b>Start-/Wiederaufnahmefunktion (Restart)</b>	Nicht erforderlich
<b>Rückführkreis</b>	Wird hier nicht benötigt, da –T1 ein Gerät mit integrierter Diagnose.

## Betriebsartenwahlschalter in PL e

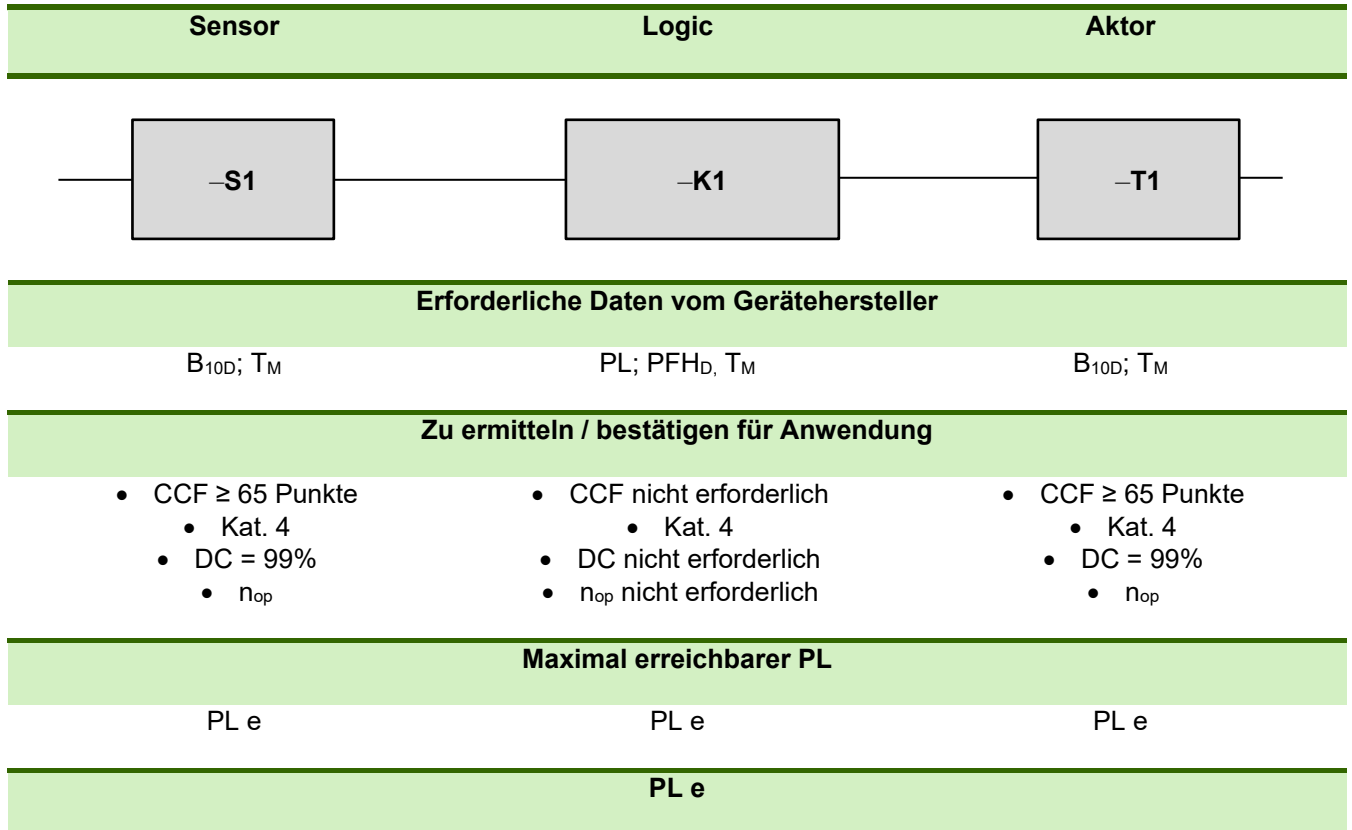
### 3.26.3 Sicherheitsbetrachtung

<b>Sensorik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erdschlüsse, Querschlüsse und Schlüsse gegen 24V im Eingangskreis werden durch Plausibilitätsprüfung der Sensorleitungen durch –K1 erkannt.</li> <li>• Die Software prüft, dass immer nur genau ein Eingang aktiv ist. Wird erkannt, dass kein Eingang aktiv ist oder sind mehrere Eingänge aktiv, so wird dies als Fehler gewertet.</li> <li>• Die 1 aus N Schaltung entspricht dem Systemverhalten der Kategorie 4:</li> <li>• Jeder Einzelfehler wird spätestens bei der Anforderung erkannt führt nicht zum Verlust der Sicherheit.</li> <li>• Fehleranhäufungen führen nicht zum Verlust der Sicherheit</li> <li>• Diagnose mittels „Kreuzvergleich mit Dynamisierung und hochwertiger Fehlererkennung“ durch –K1. DC = 99%“</li> </ul>
<b>Aktorik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Frequenzumrichter –T1 ist ein vorzertifiziertes Sicherheitsbauteil mit integrierter Diagnose.</li> <li>• Ein Rückführkreis ist nicht erforderlich.</li> </ul>

### 3.26.4 Produkte (Optionen)

	Produkt
–S1	Betriebsarten-Wahlschalter <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abschließbar in jeder Position</li> <li>• Anzeige der Schaltstellung</li> <li>• Jeweils nur genau ein Ausgangskontakt mit dem Wurzelkontakt verbunden</li> </ul>
–K1 	Programmierbare Sicherheitssteuerung <b>samos</b> PRO: SP-COP2 Bestellnummer: R1.190.1310.0
–T1	Sicherer Frequenzumrichter mit integrierter Diagnose und einer Bewertung als PL e. Integrierte Sicherheitsfunktion STO.

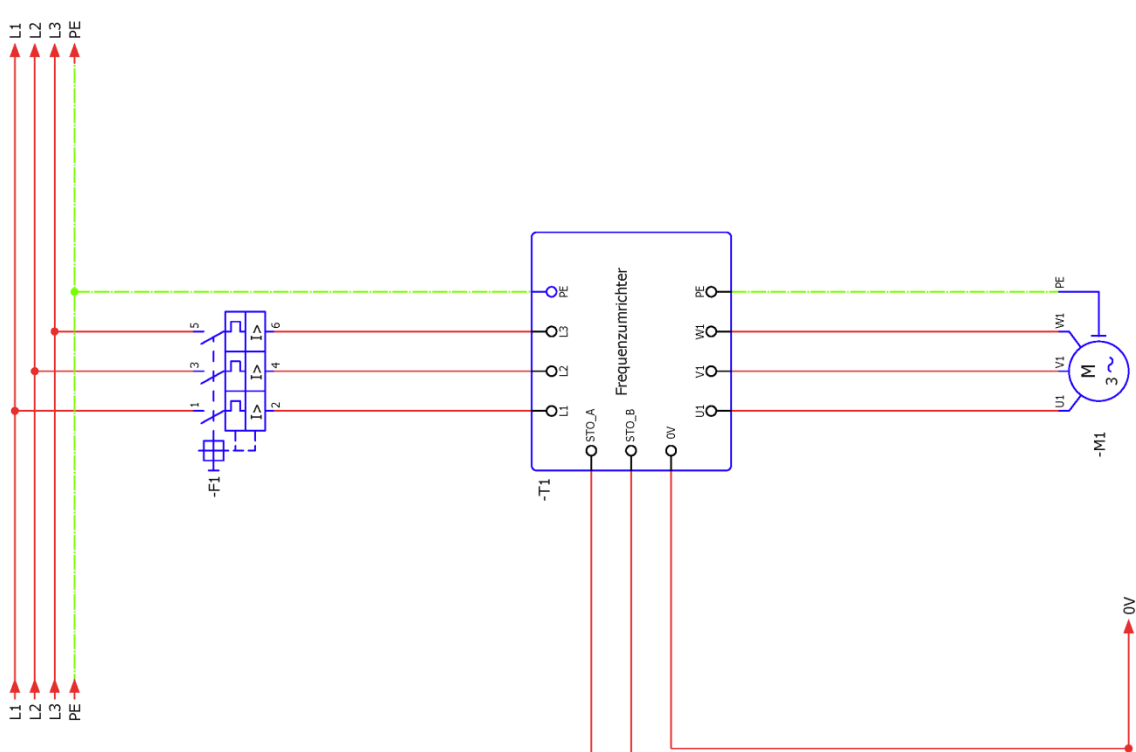
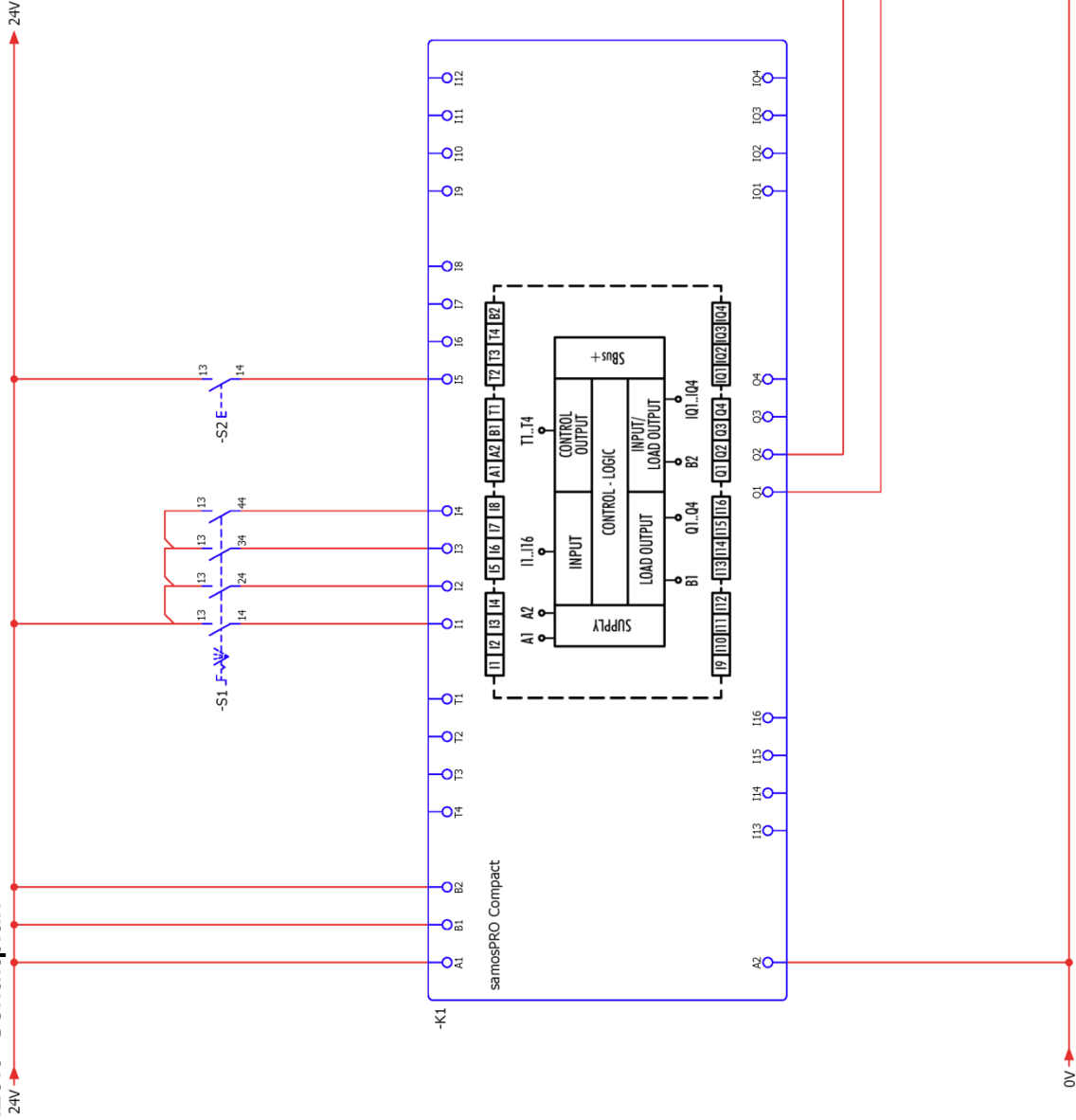
### 3.26.5 Modellierung gemäß EN ISO 13849-1



# Sicherheitsfunktionen

Betriebsartenwahlschalter in PL e

## 3.26.6 Schaltplan





## Zustimmtaster in PL e

### 3.27 Zustimmtaster in PL e

#### 3.27.1 Sicherheitsfunktion

<b>Sicherheitsfunktion</b>	Bei geöffneter Schutztür –B1 und nicht betätigtem Zustimmtaster –S1 ist der Anlauf der Maschine verhindert. Drücken des Zustimmtasters aktiviert eine weitere Sicherheitsfunktion (sicher reduzierte Geschwindigkeit des Antriebs) .  Der sichere Zustand ist erreicht, wenn sich der Antrieb maximal mit reduzierter Geschwindigkeit bewegt, bzw. wenn bei fehlender Zustimmung der Antrieb steht.
<b>Auslösendes Ereignis</b>	Nicht-Betätigung des Zustimmtasters bei gleichzeitig geöffneter Tür  Anmerkung: Das Stoppen der Maschine bei Durchdrücken des Tasters kann als separate Sicherheitsfunktion betrachtet werden.
<b>Reaktion</b>	Verhinderung des unerwarteten Anlaufs
<b>Sicherer Zustand</b>	Stillstehender Antrieb  Im Fehlerfall Energiefreiheit des Antriebs

#### 3.27.2 Beschreibung



Funktion	Türe	Zustimmtaster	Modus	STO (-K1:Q2)	SLS (-K1:Q1)
	Geschlossen	Nicht betätigt oder Panik (ganz durchgedrückt)	Automatik	Ein	Ein
	Geschlossen	Zustimmung	Not-Halt auslösen	Aus	Aus
	Geöffnet	Nicht betätigt oder Panik (ganz durchgedrückt)	STO	Aus	Aus
	Geöffnet	Zustimmung	SLS	Ein	Aus
<b>Manuelle Rückstellfunktion (Manual Reset)</b>	Die manuelle Rückstellung der Sicherheitsfunktion geschieht durch <ul style="list-style-type: none"> <li>• Loslassen des Zustimmtasters –S1 und</li> <li>• das Schließen der Tür(en) und</li> <li>• anschließendes Betätigen von –S2 (Flankenüberwachung nach Schließen der Türe).</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Es ist konstruktiv sichergestellt, dass die Tür sich nicht unbeabsichtigt schließen kann</li> </ul>				
<b>Start-/Wiederanlauffunktion (Restart)</b>	Die Start-/Wiederanlauffunktion geschieht durch (erneutes) Betätigen von Schalter –S2. Ein Start-/Wiederanlauf darf nur möglich sein wenn: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Türe geschlossen ist</li> </ul>				
<b>Rückführkreis</b>	Wird hier nicht benötigt, da –T1 ein Gerät mit integrierter Diagnose.				

## Zustimmtaster in PL e

### 3.27.3 Sicherheitsbetrachtung

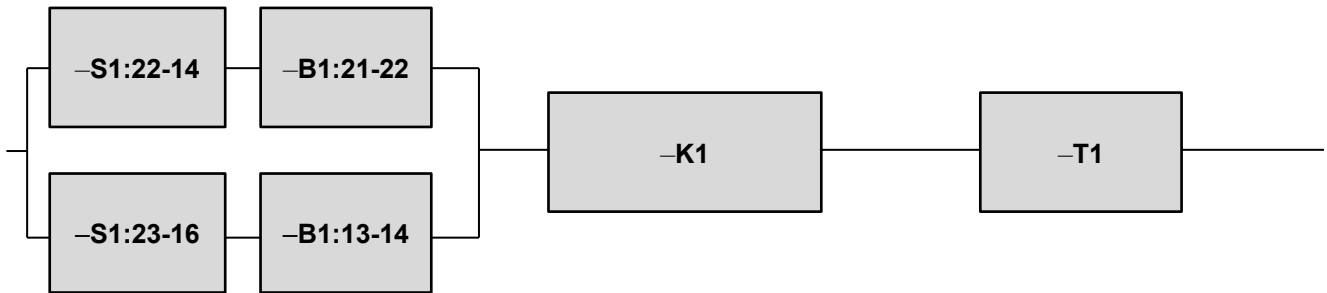
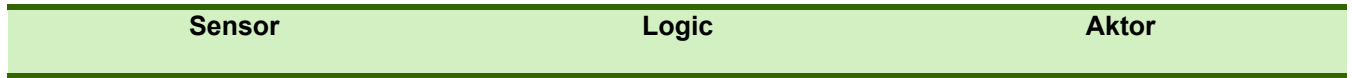
<b>Sensorik</b>	<p>Türschalter –B1 und Zustimmtaster –S1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erdschlüsse, Querschlüsse und Schlüsse gegen 24V im Eingangskreis werden durch Testimpulse auf den Sensorleitungen durch –K1 erkannt.</li> <li>• Diagnose mittels „Kreuzvergleich mit Dynamisierung und hochwertiger Fehlererkennung“ durch –K1. DC = 99%</li> </ul> <p>Wird der Zustimmtaster bei geschlossener Tür betätigt (Mittelposition), so wird dies als Fehler interpretiert und der sichere Zustand wird eingeleitet.</p>
<b>Aktorik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Frequenzumrichter –T1 ist ein vorzertifiziertes Sicherheitsbauteil mit integrierter Diagnose.</li> <li>• Ein Rückführkreis ist nicht erforderlich.</li> <li>• Fehlerausschluss auf die Verkabelung zwischen –K1 und –T1 da feste Verlegung innerhalb des Schaltschranks.</li> </ul>

### 3.27.4 Produkte (Optionen)

	Produkt
<b>–B1</b> 	<p>Verriegelungseinrichtung Bauart 3 (Türschalter mit magnetischer Wirkweise)  <b>sensor</b> PRO: SMA01xx                      Bestellnummer: R1.100.0113.0</p>
<b>–S1</b>	<p>Zustimmtaster mit 3 Schaltpositionen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zwangsöffnend von Mittelposition zur durchgedrückten Position</li> <li>• Selbstrückstellend von Mittelposition zu nicht gedrückter Position</li> <li>• Geeignet für die zu erwartende Schaltlast und Frequenz</li> <li>• Herstellerangabe von <math>B_{10D}</math> und <math>T_M</math></li> </ul>
<b>–K1</b> 	<p>Programmierbare Sicherheitssteuerung  <b>samos</b> PRO: SP-COP2                      Bestellnummer: R1.190.1310.0</p>
<b>–T1</b>	<p>Sicherer Frequenzumrichter mit integrierter Diagnose und einer Bewertung als PL e.                      Integrierte Sicherheitsfunktionen STO und SLS.</p>

## Zustimmtaster in PL e

### 3.27.5 Modellierung gemäß EN ISO 13849-1



Erforderliche Daten vom Gerätehersteller		
--	--	--

Jeweils  $B_{10D}$ ;  $T_M$

PL; PFH<sub>D</sub>,  $T_M$

PL; PFH<sub>D</sub>,  $T_M$

Zu ermitteln / bestätigen für Anwendung		
---	--	--

- CCF  $\geq$  65 Punkte
  - Kat. 4
- DC = 99%
  - $n_{op}$

- CCF nicht erforderlich
  - Kat. 4
- DC nicht erforderlich
- $n_{op}$  nicht erforderlich

- CCF nicht erforderlich
  - Kat. 4
- DC nicht erforderlich
- $n_{op}$  nicht erforderlich

Maximal erreichbarer PL		
-------------------------	--	--

PL e

PL e

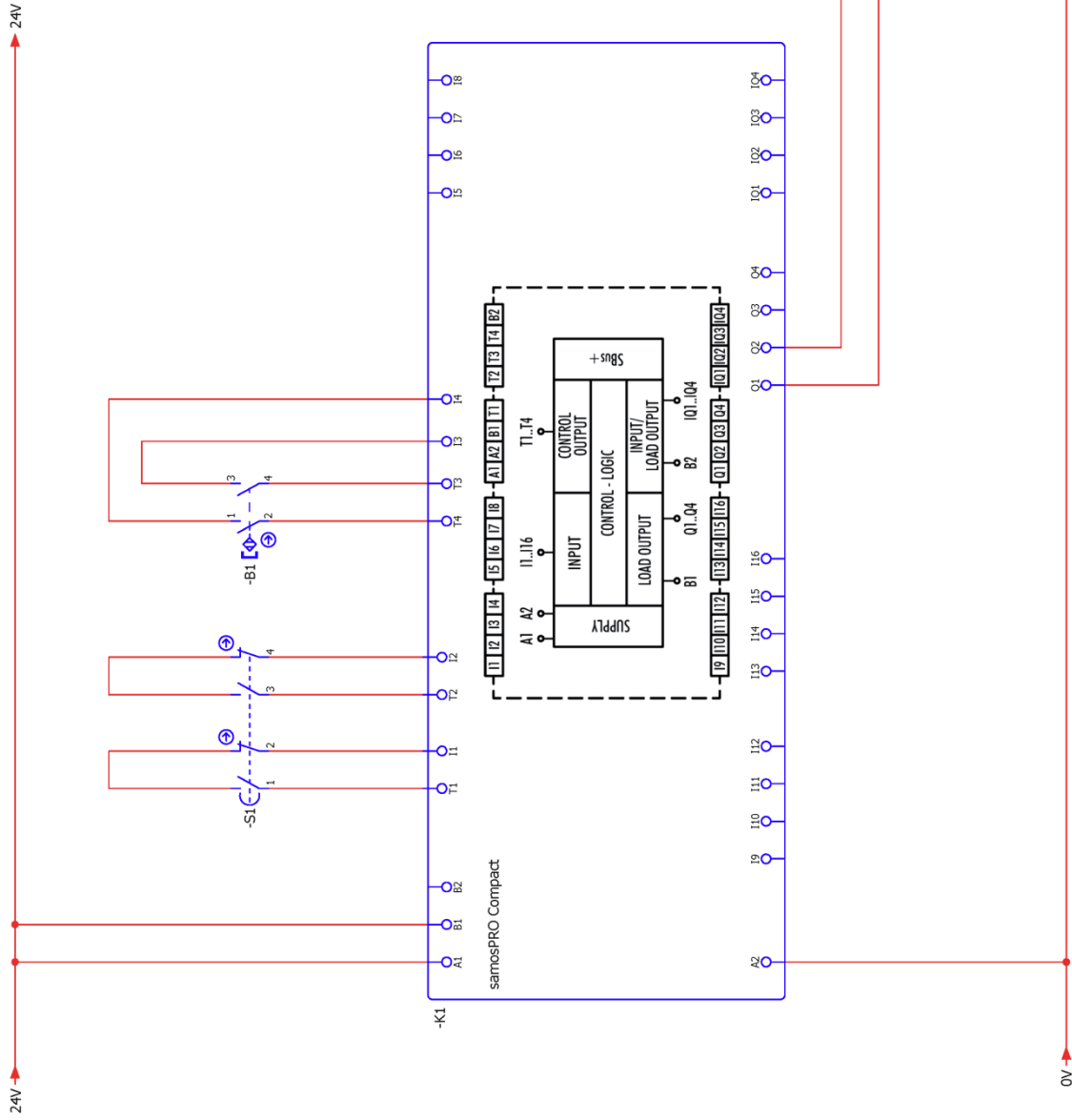
PL e

PL e		
------	--	--

# Sicherheitsfunktionen

Zustimmter in PL e

## 3.27.6 Schaltplan



## Türzuhaltung in PL d

### 3.28 Türzuhaltung in PL d

#### 3.28.1 Sicherheitsfunktion

<b>Sicherheitsfunktion</b>	Der Zugang zur Anlage durch die beweglich trennende Schutzeinrichtung wird solange durch eine Zuhaltung verhindert, bis die Aktoren energielos geschaltet sind und somit das Risiko ausreichend minimiert wurde.
<b>Auslösendes Ereignis</b>	Anforderung des Starts von Antrieb –M1 durch den Bediener mittels Betätigung der Start Taste –S2 führt dazu, dass die Zuhaltung nicht mehr geöffnet werden kann
<b>Reaktion</b>	Zuhaltung aktiv
<b>Sicherer Zustand</b>	Bei laufendem Antrieb (STO nicht angefordert) plus Nachlaufzeit $t_{\text{Nachlauf}}$ ist die Zuhaltung aktiv. In diesem Zustand ist die Zuhaltung ein rein mechanisches Bauteil, Es muss nur verhindert werden, dass Energie zur Aufhebung der Zuhaltung fließen kann.



#### 3.28.2 Beschreibung

<b>Funktion</b>	<p>Solange Halt des Motors –M1 über den Bediener nicht über Start Taste –S2 angefordert:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgang –K1:Q1 darf eingeschaltet sein (STO nicht aktiv)</li> <li>• Freigabe für Zuhaltung –A1 über –K1:Q2 ausgeschaltet</li> <li>• Zuhaltung über Feder in –A1 sichergestellt</li> </ul> <p>Anforderung der Freigabe durch Bediener mittels Stop Taster –S1:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Öffnen des Eingangskreises –K1:I2 für Stop Anforderung</li> <li>• Anforderung STO an –T1 mittels –K1:Q1</li> <li>• Start der Zeitverzögerung <math>t_{\text{Nachlauf}}</math></li> <li>• Nach Ablauf von <math>t_{\text{Nachlauf}}</math> Freigabe von –A1</li> </ul> <p>Anforderung des Motor Starts durch Bediener über Start Taste –S2:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schließen des Eingangskreises –K1:I2 für Start Anforderung</li> <li>• Wegnahme der Freigabe für –A1.1</li> <li>• Rücklesen über –A1:2 ob –A1 tatsächlich in Zuhalte Position</li> <li>• Wenn –A1 in Zuhalte Position</li> <li>• Wegnahme von –K1:Q1 (keine STO Anforderung mehr)</li> </ul>
<b>Manuelle Rückstellfunktion (Manual reset)</b>	<p>Die manuelle Rückstellfunktion der Sicherheitsfunktion:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• geschieht durch Schließen der Tür</li> <li>• Wegnahme der Freigabe von –A1.1 über –K1:Q2</li> </ul>
<b>Start-/Wiederanlauffunktion (Restart)</b>	<p>Die Start-/Wiederanlauffunktion geschieht wahlweise durch Betätigen von –S2 oder mit dem Manuellen Rückstellen. Ein Start-/Wiederanlauf darf nur möglich sein wenn:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zuhaltung bestätigt über –A1.2</li> </ul>
<b>Rückführkreis</b>	Wird nicht benötigt, da –T1 ein Gerät mit integrierter Diagnose.

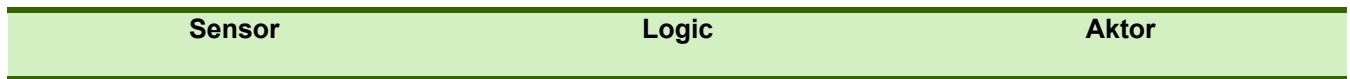
### 3.28.3 Sicherheitsbetrachtung

<b>Sensorik</b>	Die Auslösung der Sicherheitsfunktion geschieht per Logikfunktion in –K1 und kann durch ein beliebiges Eingangssignal getriggert sein. Hier –S1 (Stop) und –S2 (Start). Da eine Entriegelung von –A1 nur möglich wenn Antrieb in sicheren Zustand ist, ist das Trigger Signal unerheblich.
<b>Aktorik</b>	<p>Erforderliche Zusicherungen durch den Hersteller:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Für den Federbruch wird ein Fehlerausschluss gemäß EN ISO 13849-2 A.5. angenommen (bewährte Feder).</li> </ul> <p>Betrachtungen durch den Maschinenbauer:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufgrund ausreichender Dimensionierung wird ein Fehlerausschluss auf den Bruch des Bolzens gemacht. Dieser ist über die bestimmungsgemäße Verwendung gemäß den Angaben des Herstellers plausibilisiert.</li> <li>• Bei der Zuhaltung handelt es sich um eine Federverriegelung welche durch einen Elektromagnet entriegelt wird. Dieser Elektromagnet wird in PL e von der SPS angesteuert.</li> <li>• Es wird des Weiteren ein Fehlerausschluss für eine Entriegelung der Zuhaltung ohne Spannung angenommen.</li> <li>• Die Verlegung der Leitung vom Ausgang der SPS wird als geschützt angenommen und daher ein Fehlerausschluss für einen Kurzschluss gegen 24V.</li> <li>• Aufgrund der zahlreichen Fehlerausschlüsse wird der PL auf maximal PL d begrenzt.</li> </ul> <p>Sonstiges:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vergleiche auch EN ISO 14119 G.3.2</li> <li>• Sind alle obigen Punkte erfüllt, so ist keine rechnerische Betrachtung der Zuhaltung erforderlich.</li> </ul>

### 3.28.4 Produkte (Optionen)

	Produkt
<b>–K1</b>  	Programmierbare Sicherheitssteuerung <b>samos</b> PRO: SP-COP2 Bestellnummer: R1.190.1310.0
<b>–A1</b>  	Verriegelungseinrichtung Bauart 2 (Türschalter mit getrenntem Betätiger) und federkraftverriegelter Zuhaltung <b>sensor</b> PRO: SIN11xx Bestellnummer: R1.310.1150.0  Erforderliche Zusicherungen durch den Hersteller: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei bestimmungsgemäßer Verwendung wird aufgrund ausreichender Dimensionierung ein Fehlerausschluss auf den Bruch des Bolzens gemacht.</li> </ul>

### 3.28.5 Modellierung gemäß EN ISO 13849-1



Erforderliche Daten vom Gerätehersteller		
--	--	--

entfällt	PL; PFH <sub>D</sub> , T <sub>M</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fehlerausschlüsse auf Bruch des Betätigers bei bestimmungsgemäßer Verwendung</li> <li>•</li> </ul>
----------	---------------------------------------	---

Zu ermitteln / bestätigen für Anwendung		
---	--	--

entfällt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CCF nicht erforderlich               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kat. 4</li> </ul> </li> <li>• DC nicht erforderlich</li> <li>• n<sub>op</sub> nicht erforderlich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CCF mindestens 65 Punkte               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kat. 2</li> </ul> </li> <li>• DC nicht erforderlich</li> <li>• n<sub>op</sub> nicht erforderlich</li> </ul>
----------	--	--

Maximal erreichbarer PL		
-------------------------	--	--

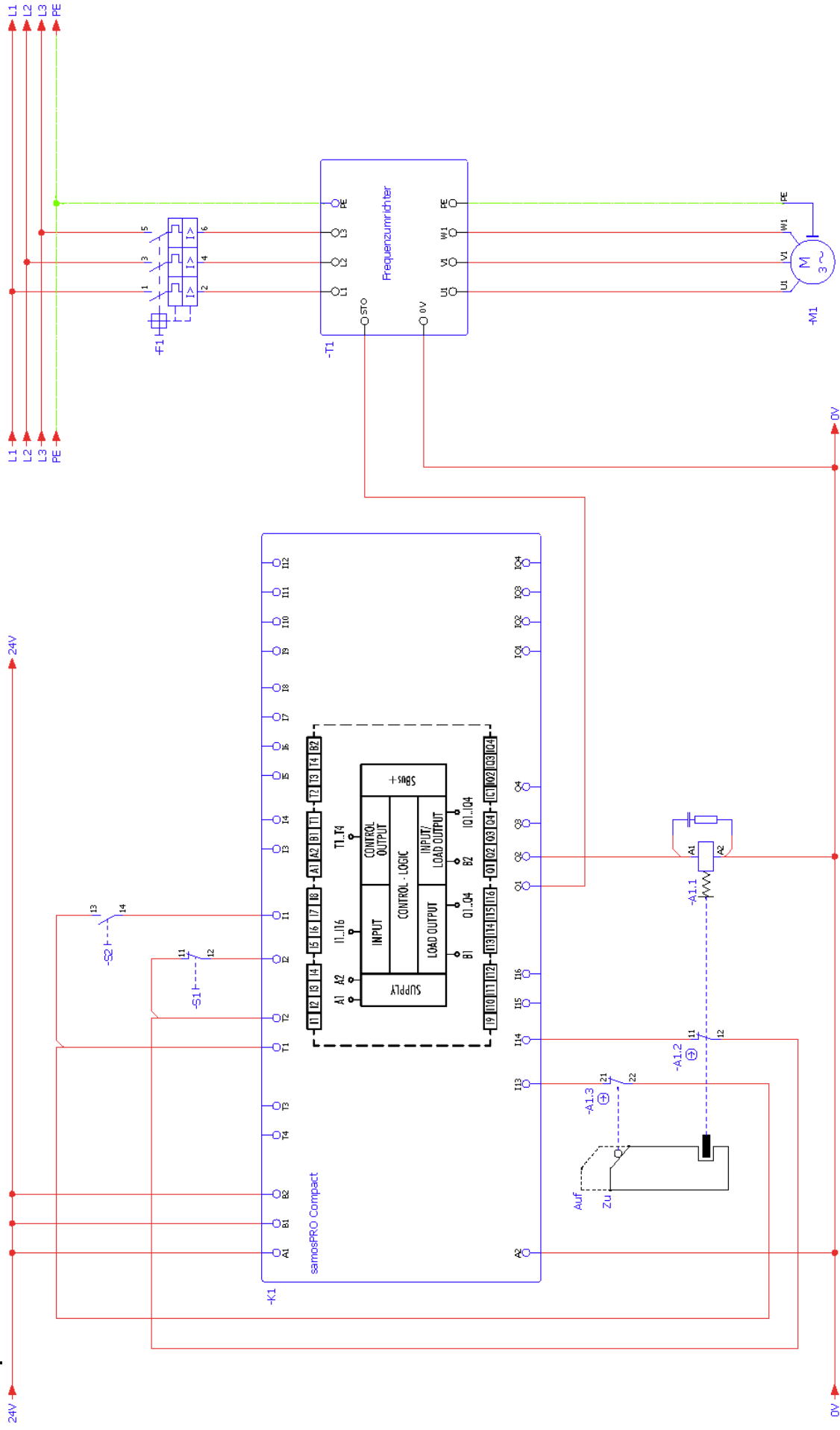
entfällt	PL e	PL d
----------	------	------

PL d		
------	--	--

# Sicherheitsfunktionen

Türzuhaltung in PL d

## 3.28.6 Schaltplan





### 4 Sicherheitsaspekte

#### 4.1 Türen und andere Schutzeinrichtungen

##### 4.1.1 Trennende Schutzeinrichtung, nicht trennende Schutzeinrichtung oder Ortsbindung

Es sind trennende Schutzeinrichtungen (z.B. Türen oder Klappen) zu wählen wenn die Gefahr besteht, dass die Gefährdung aus dem Gefahrenbereich auch nach außen wirkt. Also konkret im Falle von Strahlung oder bei der Gefahr von aus dem Gefahrenbereich herausfliegenden Teilen. Ansonsten ist eine nicht trennende Schutzeinrichtung (z.B. Lichtgitter, Lichtvorhang) oder eine Ortsbindung (z.B. Zweihand-Bediengerät) möglich.

##### 4.1.2 Positionsüberwachung oder Zuhaltung

Grundsätzlich wird bei Zugängen zwischen zwei Sicherheitsfunktionen unterschieden. Der Positionsüberwachung (Interlock) und der Zuhaltung (Guard locking). Dabei sind Zuhaltungen in der Lage den Zugang ohne entsprechende Freigabe zu verhindern (also im umgangssprachlichen Sinn die Türe zu verschließen). Die Positionsüberwachung meldet lediglich die Position der Türe (geöffnet oder geschlossen).

##### 4.1.3 Kodierte Schalter

Die Verwendung von sogenannten kodierten Schaltern hat keinen direkten Einfluss auf die funktionale Sicherheit. Seit der EN ISO 14119 wird das Thema aber als Aspekt der Manipulation explizit benannt.

Unter Kodierung wird die „Schlüsselvielfalt“ verstanden und nach EN ISO 14119 in 4 Stufen eingeteilt.

Für magnetische (Bauart 2) und mechanische (Bauart 1) Türschalter nach EN ISO 14119 wird meist eine geringe Kodierungsstufe (1-9 Kodierungen) zugesichert. In der Konsequenz sollten diese verdeckt oder nicht erreichbar eingebaut werden. Lediglich bei hoher Kodierung kann eine nicht lösbare Befestigung des Betätigers als ausreichend für eine Manipulationsverhinderung angesehen werden.

##### 4.1.4 Mechanische Positionsschalter

Mechanische Positionsschalter sind meist mit zwei elektrischen Kontakten und einer Schaltzunge ausgestattet. Hierbei ist der häufigste Fehler der Anwender, dass diese Schalter als Kat. 3 bzw. 4 für Anwendungen nach PL d oder PL e eingesetzt werden. Dies ist in aller Regel eine inkorrekte Verwendung. Der Grund hierfür liegt in dem Aufbau der Schalter selbst. Diese verfügen über eine mechanische (einkanalige) Schaltzunge. Die Schaltzunge betätigt einen im Schalter befindlichen (einkanaligen) Stößel, welcher seinerseits zwei mechanische Kontakte betätigt. Damit besteht das System aus 3 Elementen von denen 2 einkanalig ausgeführt sind.

Für einen Einsatz in PL d oder PL e wäre durchgängig eine Kat. 3 oder 4 erforderlich. Diese erfordert ihrerseits eine vollständige Zweikanaligkeit oder einen Fehlerausschluss auf die einkanaligen Komponenten. Für die Schaltzunge kann dies gegebenenfalls durch den Anwender geschehen, da bei geeignetem Einbau und Umgebungsbedingungen (Vermeidung von Korrosion, Schmutz,...) der Anwender diesen Fehlerausschluss selbst machen kann. Für den internen Stößel kann dies nur durch den Hersteller des Schalters geschehen. Dem Autor ist kein Hersteller bekannt der für seine Schalter einen mechanischen Fehlerausschluss bestätigen würde. Allerdings wird für alle mechanischen Türschalter (Nach EN ISO 14119) eine Zwangsöffnung bestätigt.

In der Konsequenz ist ein einzelner mechanischer Türschalter mit zwangsöffnenden Kontakten, ohne weitere Nachweise nur als Kat.1 bis PL c einsetzbar. Wird seitens des Anwenders ein Fehlerausschluss für die Schaltzunge gemacht sowie entsprechend dokumentiert, dass die Zwangsöffnung des internen Stößels als Fehlerausschluss interpretiert wird, so kann dies zu einem kompletten mechanischen Fehlerausschluss führen. In der Konsequenz kann der Türschalter bis Kat. 3, PL d eingesetzt werden. Die Begrenzung auf PL d liegt in der üblichen Interpretation der Prüfstellen, dass mit einem Fehlerausschluss kein PL e für ein einkanaliges System zugelassen wird (Siehe 4.3.)

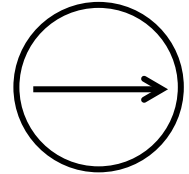
## Türen und andere Schutzeinrichtungen

### 4.1.5 Verkettung von Türschaltern

Seit längerem ist bekannt, dass bei der Verkettung von Türschaltern eine Fehlermaskierung stattfinden kann. Dies ist das Verdecken eines Fehlers in einem Schalter durch einen ungeeigneten Arbeitsablauf oder durch ein Quittieren eines Fehlers in einem defekten Schalter durch die Betätigung eines funktionsfähigen Schalters. Der ISO/TR 24119 beschreibt die Problematik ausführlich. Darin wird insbesondere auf die Fehlererkennung bei Verkettungen von Türschaltern eingegangen und der in der Konsequenz mögliche Diagnose Deckungsgrad (DC) definiert. Siehe hierzu auch Kapitel 4.6.

### 4.1.6 Zwangsöffnung und zwangsläufig Betätigung

Wenn ein bewegliches mechanisches Bauteil zwangsläufig ein anderes Bauteil mitbewegt, entweder durch direkten Kontakt oder durch starre Teile so spricht man von Zwangsbetätigung. Ein Kontaktelement ist zwangsöffnend, wenn die Trennung der Schaltkontakte unmittelbar durch eine definierte Bewegung des Betätigungselementes durch nichtelastische Teile erfolgt. Viele Sicherheitssensoren sind mit dem Symbol für Zwangsöffnung versehen. Es sollte immer darauf geachtet werden, dass die gefährbringende Aktion mit einer zwangsläufigen Betätigung und Zwangsöffnung signalisiert wird. Also, z.B. das Öffnen einer Schutztüre.



### 4.1.7 Öffner/Öffner oder Öffner/Schließer oder Schließer/Schließer

Die Diskussion welches der Schaltprinzipien bei zweikanaligen Schaltern besser oder sicherer ist kann mit einem klaren: „Es ist egal!“ zusammengefasst werden.

Es geht letztlich um zwei Sicherheitsprinzipien:

1. Diversität
2. Ruhestromprinzip

Im Fall der Lösung mit Öffner/Schließer kommt das Prinzip der Diversität (1x Öffner; 1x Schließer) zum Tragen. Im Fall der Lösung mit Öffner/Öffner und Schließer/Schließer kommt das Ruhestromprinzip bei beiden Kontakten zum Einsatz. Technisch sind beide gleichwertig.

Interessant ist der verwendete Schalter in erster Linie in Abhängigkeit von der Einbauart, nämlich ob der Schalter im betätigten oder im unbetätigten Zustand ist, solange die Türe geschlossen ist. Davon ist abhängig ob die Zwangsöffnung des Schalters wirken kann. Ziel ist es den Schalter so einzubauen, dass mit dem Öffnen der Türe der Schalter zwangsläufig betätigt wird.

### 4.1.8 Muting Lampe

Zur Klärung ob eine Muting Lampe an einem Lichtgitter oder Lichtvorhang erforderlich ist, ist grundsätzlich eine Risikobeurteilung erforderlich. Die Normen EN/IEC 61496-1 bis 3, EN/IEC 62046 sowie die EN ISO 13849-1 nennen hierfür Anforderungen. Für den Fall, dass folgende 3 Voraussetzungen erfüllt sind kann, da durch das Muting keine zusätzlichen Gefahren erzeugt werden, auf einen Leuchtmelder verzichtet werden:

1. BWS verfügt über ein Muting-Statussignal (am Gerät) und
2. Im Muting-Fall wird durch das Transportgut gemutet (und nicht durch den Träger oder die Palette) und
3. Das Transportgut verhindert den Zugang zum Gefahrenbereich vollständig solange gemutet.

In allen anderen Fällen kann die Notwendigkeit für einen Leuchtmelder gegeben sein. Selbst wenn jedoch die Risikobeurteilung die Notwendigkeit für einen Leuchtmelder ergibt, so kann die Anzeige der Muting Funktion als Aufforderung zur Umgehung der Schutzeinrichtung im Sinne eines vorhersehbaren Missbrauchs interpretiert werden. Eine Abwägung dieser beiden Risiken kann ergeben, dass trotz positivem Ergebnis der Risikobeurteilung auf einen Leuchtmelder verzichtet werden sollte, sofern der mögliche Missbrauch als das größere Risiko bewertet wird. In diesem Fall ist dann aber ein schlüssiger Nachweis, dass die Punkte 1 bis 3 der obigen Liste technisch nicht machbar sind, angeraten.

## Reset oder Restart

### 4.2 Reset oder Restart

Die EN ISO 13849-1 unterscheidet bei den Aktionen bzw. Zuständen nach dem Einleiten eines Stoppbefehls und vor dem Wiederanlauf in:

1. Manuelle Rückstellungsfunktion (EN: Manual reset function) – EN ISO 13849-1, Kap.5.2.2)
2. Start-/Wiederaufnahmefunktion (EN: Start/restart function) – EN ISO 13849-1, Kap.5.2.3)

Welche der beiden Funktionen im Einzelfall zum Einsatz kommen muss ist im Folgenden erläutert.

#### 4.2.1 Manuelle Rückstellfunktion und/oder Start-/Wiederaufnahmefunktion?

Generell ist zu beachten, dass in jedem Einzelfall die Anforderungen an die Manuelle Rückstellfunktion und die Start-/Wiederaufnahmefunktion von Produkt bzw. C-Normen zu beachten sind. Diese können von den allgemeinen Anforderungen die im Folgenden genannt sind abweichen.

Beispiel	Hintertreten		Manuelle Rückstellfunktion	Start-/Wiederaufnahme-Funktion
	Mög-lich	Abge-sichert <sup>1</sup>		
Not-Halt	-	-	Gemäß EN ISO 13850 besteht beim Not-Halt die Aktion der Manuellen Rückstellung in der Entriegelung des Not-Halts.	Ist immer erforderlich.
Trennende Schutz-einrichtung <sup>2</sup>	Nein	-	Falls bei verriegelter Türe von keiner Gefährdungssituation auszugehen ist kann auf eine Manuelle Rückstellung verzichtet werden.	Ist immer erforderlich.  Die Start-/Wiederaufnahme-funktion kann durch Schutzeinrichtung selbst ausgelöst werden (steuernde Funktion) sofern die Anforderungen aus EN ISO 12100 Kap.6.3.3.2.5 erfüllt werden.
Optische Schutz-einrichtung <sup>3</sup>	Nein		Falls bei freigegebener Schutzeinrichtung von keiner Gefährdungssituation auszugehen ist kann auf eine Manuelle Rückstellung verzichtet werden.	Ist immer erforderlich.  Die Start-/Wiederaufnahme-funktion kann durch Schutzeinrichtung selbst ausgelöst werden (steuernde Funktion) sofern die Anforderungen aus EN ISO 12100 Kap.6.3.2.5.3 erfüllt werden.
Trennende Schutz-einrichtung <sup>2</sup>	Ja	Ja	Falls bei angeforderter Sicherheitsfunktion der Hintertrettsicherung sowie bei verschlossener Türe von keiner Gefährdungssituation auszugehen ist, kann auf eine Manuelle Rückstellung in beiden Sicherheitsfunktionen verzichtet werden.	Ist immer erforderlich  Die Start-/Wiederaufnahme-funktion kann durch Schutzeinrichtung selbst ausgelöst werden (steuernde Funktion) sofern die Anforderungen aus EN ISO 12100 Kap.6.3.3.2.5 erfüllt werden.

## Not Halt Aspekte

Beispiel	Hintertreten		Manuelle Rückstellfunktion	Start-/Wiederaufnahme-Funktion
	Mög-lich	Abge-sichert <sup>1</sup>		
Optische Schutz-einrichtung <sup>3</sup>	Ja	Ja	Falls bei (wieder-)hergestellter Sicherheitsfunktion der Schutzeinrichtung von keiner Gefährdungssituation auszugehen ist kann auf eine Manuelle Rückstellung verzichtet werden.	Ist immer erforderlich  Die Start-/Wiederaufnahme-funktion kann durch Schutzeinrichtung selbst ausgelöst werden (steuernde Funktion) sofern die Anforderungen aus EN ISO 12100 Kap.6.3.2.5.3 erfüllt werden.
Trennende <sup>2</sup> oder optische <sup>3</sup> Schutz-einrichtung	Ja	Nein	In aller Regel ist eine Manuelle Rückstellung erforderlich.	Ist immer erforderlich

**1 Hintertretsicherung mittels separater Sicherheitsfunktion z.B. durch Schaltmatte, Lichtvorhang/-gitter oder Scanner.**

**2 z.B. Schutztüre**

**3 z.B. Lichtvorhang/-gitter oder Scanner**

## 4.3 Not Halt Aspekte

### 4.3.1 Zur Definition einer Not-Halt Funktion:

In den europäischen Normen existieren an mehreren Stellen Definitionen dazu. So wird z.B. das Stillsetzen im Notfall definiert als: Funktion, die aufkommende Gefährdungen für Personen, Schäden an der Maschine oder bei laufenden Arbeiten abwenden oder mindern soll. Dieser Notfall wiederum wird beschrieben als Gefährdungssituation im Normalbetrieb der Maschine die hervorgerufen wurde durch den menschlichen Eingriff oder durch eine Fehlfunktion. Achtung: Alle anderen, Gefährdungssituationen sind vorhersehbar und werden nicht durch den Not-Halt abgesichert!

Was entsprechend dieser Definition nicht zum Verantwortungsbereich einer Not-Halt Funktion gehört:

- Die Maschine ruhig zu halten während Störungsbeseitigungen, Reinigungs- oder Wartungsarbeiten
- Als Sicherheitsmaßnahme bei Be- und Entladearbeiten
- Die Maschine gestoppt zu halten während der Bediener sich entfernt
- Spannungsfreiheit an elektrischen Betriebsmitteln herzustellen um an diesen zu arbeiten
- Antriebe unter allen Umständen mit maximaler Verzögerung zu bremsen, was zu Schäden (und damit zu neuen Gefährdungssituationen) führen könnte.

Die Benutzung einer Not-Halt Funktion zu diesen Zwecken führt außerdem zu einer deutlich erhöhten Anforderungshäufigkeit, für die der Konstrukteur die Funktion evtl. nicht ausgelegt hat. Möglicherweise wird bei dieser Benutzungsart sogar der Performance Level der Funktion durch den Verschleiß der beteiligten Schaltelemente nicht mehr erreicht, so dass man im Fall der Fälle sogar einen Fehler dieser Funktion riskiert.

### 4.3.2 Serienschaltung von Not-Halt Schaltern:

In einer elektrischen Serienschaltung mehrerer Schalter die dann an einen oder mehrere Eingänge einer Auswertung gegeben werden, liegt ein gewisses Einsparpotential gegenüber der Variante die jeden Schalter

## Not Halt Aspekte

einzelnen an Eingänge der Auswertung führt. Was bedeutet eine solche Serienschaltung hinsichtlich ihrer Eignung für einen Performance Level der Not-Halt Funktion?

In einer solchen Schaltung können insbesondere durch Verschleiß Fehler entstehen, deren Auswirkungen genau betrachtet werden müssen

Die ISO/TR24119 hat genau diese Situation zum Thema und untersucht genau ob und wie es in solchen Anwendungen zu Fehlern kommen kann. Es geht dabei um sicherheitskritische Fehler, also solche Fehler die entweder zum Ausfall der Sicherheitsfunktion führen können oder die den Performance Level einer Sicherheitsfunktion auf Dauer und unbemerkt reduzieren können. Die Kerneigenschaft der betrachteten Schaltungen liegt darin begründet, dass eine Fehlererkennung erst am elektrischen „Ende“ der Reihenschaltung geschieht. Die Schaltungseinheit die den Fehler erkennen könnte „sieht“ also nur die Summe aller Fehler. Genau hierin liegt das Problem. Die ISO/TR24119 zeigt wie sich einzelne Fehler nacheinander entwickeln und sich in bestimmten Fällen gegenseitig verdecken können, so dass eine Fehlererkennung unmöglich wird.

Diese Fehlerverdeckung ist besonders dann möglich, wenn mehrere Schaltkontakte gleichzeitig betätigt (geöffnet) sind. In diesem Fall ist mit der Fehlerverdeckung zu rechnen, der Performance Level der Schaltung würde zurückfallen auf PL c weil für diesen PL keine Fehlererkennung erforderlich ist.

Ob diese gleichzeitige Betätigung angenommen werden muss, ist im Einzelfall sehr sorgfältig und in Zusammenarbeit mit dem Konstrukteur zu entscheiden. Im IFA Report 2/2017 wird im Schaltungsbeispiele 8.2.29 diese gleichzeitige Betätigung ausgenommen. Eine Begründung dafür erfolgt nicht. Europäische Regelungen dazu existieren nicht.

### Achtung!

In ISO/TR24119 wird der erreichbare PL einer Serienschaltung auf PL c begrenzt, wenn die Schalter gleichzeitig betätigt werden. Aber selbst für den Fall der nicht gleichzeitigen Betätigung erfolgt eine Begrenzung des PL! Diese Begrenzung ist dann abhängig von der Anzahl der Schalter, deren Betätigungshäufigkeit und der Verdrahtungsform.

### **4.3.3 Mindestanforderung an den Performance Level aus EN13850: Die Not Halt Funktion soll mindestens PLc erreichen!**

Unter 4.1.5.1 der EN 13850 ist für die Not-Halt Funktion mindestens der PLc bzw. der SIL 1 gefordert. Definitionsgemäß ist die Not-Halt Funktion vorgesehen um unerwartete Gefährdungsereignisse abzuwenden und um Situationen zu beherrschen die sich aus dem Verhalten von Personen ergeben. Demgemäß ist die Anwendung der klassischen Methoden zur Risikobewertung schwierig: Wie hoch ist ein Risiko welches ich nicht vorhersehen kann? Aus diesem Grunde wurde in der EN13850 die Mindestanforderung nach einem PL bzw. SIL aufgenommen. In einer konkreten Anwendung kann jederzeit zu höheren PL bzw. SIL gegriffen werden, in Typ C Normen kann ebenfalls etwas Anderes definiert werden. Schwierig ist es aber nach dieser Definition unter diese Mindestanforderung zu gehen. Sollte man eine Maschine betrachten, deren höchste Gefährdung eine Absicherung per Steuerungstechnik in PL a oder b verlangt, ist sorgfältig abzuwägen ob das auch für die Not-Halt Funktion gelten kann. In einer Anfrage an den DIN NA 060-48-02 AA (Deutsches Spiegelgremium zur ISO 13850) wurde festgestellt, dass es seitens der Normensetzer nicht beabsichtigt ist für den Not-Halt einen höheren PL zu fordern als für die übrigen Sicherheitsfunktionen der Maschine.

### **4.3.4 Anforderungen aus C Normen, auch an die Kategorie**

Anforderungen an die Not-Halt Funktion kommen aus unterschiedlichen Vorschriften: Maschinenrichtlinie, EN13850, EN60204-1 und in vielen Fällen aus Typ C Normen für bestimmte Maschinengattungen.

Beispiele:

## Not Halt Aspekte

EN23125 für Werkzeugmaschinen fordert für die Not-Halt Funktion alternativ den PL c und die Kategorie 1 nach EN 138491-1 oder die Kategorie 1 bzw. 3 (festverdrahtet bzw. softwarebehaltet) nach EN954.

Ungeachtet des Bezugs auf die ungültige EN954-1 sei darauf hingewiesen, dass hier Forderungen an PL und Kategorie gestellt werden.

### 4.3.5 Regelmäßige Betätigung

Um Fehler in Betriebsmitteln der Not-Halt Funktion oder Fehler in der Verdrahtung einer solchen Funktion aufdecken zu können ist es üblicherweise nötig Zustandswechsel dieser Betriebsmittel herbeizuführen. Dieses Erfordernis welches z.B. für Sicherheitsfunktionen mit einer Zweihandschaltung quasi automatisch erfüllt ist muss in einer Not-Halt Funktion besonders betrachtet werden. Eine Auslösung dieser Funktion ist ja, wenn alles bestimmungsgemäß funktioniert eigentlich nie zu erwarten. Die Anforderungshäufigkeit der Funktion wäre damit kleiner als 1 x pro Jahr. Damit ist weder eine Bestimmung eines erforderlichen noch die eines erreichten Performance Levels möglich. Man wäre außerhalb des Anwendungsbereiches der EN13849. Um diesem Problem zu entgehen muss die Auslösung der Not-Halt Funktion in regelmäßigen Abständen, häufiger als einmal pro Jahr angefordert werden. Damit wird die Mindestanforderungshäufigkeit der Sicherheitsfunktion und der Fehlererkennung in die Verantwortung des Maschinenbedieners übergeben. Ein Weg der eigentlich nach EN13849 nicht vorgesehen ist, zu dem aber keine bekannten Alternativen existieren.

### 4.3.6 Was ist Zurücksetzen (Drehentriegeln, Zugentriegeln, Schlüsselentriegeln,...)

Ist das Zurücksetzen eines Not-Halt Befehls das Entriegeln (Herausziehen) des Betätigers oder das Quittieren der Not-Halt Funktion am Bedienpult (oft auch „Reset“ genannt)?

Welche der folgenden Aktionen ist die Sicherheitsrelevante:

- Bestätige ich die ausgelöste Not-Halt Funktion zu Kenntnis genommen zu haben?
- Oder bestätige ich die nun evtl. nicht mehr ausgelöste Not-Halt Funktion zur Kenntnis genommen zu haben?
- Oder bestätige ich, dass die Gefährdung beseitigt ist und die Maschine wieder bereit ist gestartet zu werden?

Wirklich sicherheitsrelevant ist die dritte Form der Bestätigung. Zu dieser Bestätigung ergibt sich offensichtlich, dass sie nur mit voller Übersicht über den Gefahrenbereich gegeben werden kann. Vom zentralen Bedienpult einer großen Anlage ist das also nicht möglich. Man bestätigt also am besten dort wo der Not-Halt ausgelöst wurde – Mit dem Schalter selber. Genau das verlangt auch die EN13850 mit dem Zusatz, dass dieses Rückstellen einen Wiederanlauf der Maschine nicht bewirken, sondern nur ermöglichen darf.

### 4.3.7 Selektives aktivieren/passivieren von Not-Halt Bediengeräten

Ein Thema, dass nur sehr vorsichtig angefasst wird: Kann/Soll/Darf man Not-Halt Schalter deaktivieren? Das Thema ist insofern sensibel, als dass in einer echten Not-Situation der Bediener nicht lange schauen wird welchen roten Knopf er schlagen soll, er wird den nächst erreichbaren nehmen und erwarten, dass sofort eine Reaktion eintritt. Daher erlaubt die EN13850 dieses Aktivieren/Passivieren nur sehr eingeschränkt auf absteckbaren oder kabellosen Bedienstationen. Die Bedingungen dafür sind:

Es muss mindestens ein Not-Halt-Gerät immer fest verdrahtet (stationär) an der Maschine verfügbar sein.

## Not Halt Aspekte

Zusätzlich muss mindestens eine der nachfolgenden Maßnahmen angewendet werden, um eine Verwechslung zwischen aktiven und nicht aktiven Not-Halt-Geräten zu vermeiden:

- Veränderung der Farbe des Gerätes mittels Beleuchtung des aktiven Not-Halt-Gerätes;
- automatische (selbstbetätigende) Abdeckung des inaktiven Not-Halt-Gerätes; wo es nicht sinnvoll anwendbar ist, darf eine manuell betätigte Abdeckung verwendet werden, vorausgesetzt, dass die Abdeckung an der Bedienstation befestigt bleibt;
- Vorkehrung zur angemessenen Lagerung der abgesteckten oder kabellosen Bedienstationen.

Die Bedienungsanleitung der Maschine muss Aussagen dazu machen, welche Maßnahme angewendet wurde, damit eine Verwechslung zwischen aktiven und nicht aktiven Not-Halt-Geräte(n) vermieden wird. Die richtige Handhabung dieser Maßnahmen muss erklärt werden.

### 4.3.8 Schutzkragen

Immer wieder kommt es zu Diskussionen über die Frage ob an einem Not-Halt auch ein Schutzkragen (engl. Shroud) erlaubt ist. Fakt nach EN ISO 13850 ist Folgendes:

Das Not-Halt-Gerät muss so konzipiert sein, dass es für die Bedienperson und andere, für die es notwendig sein kann, es zu benutzen, leicht zu betätigen ist. Es kann ein Drucktaster sein der durch die Handfläche leicht zu betätigen ist. (Anm. des Autors: Hier zeigt sich einmal mehr eine Übersetzungsschwierigkeit: Das englische „Push-Button“ wird in der Normung reflexartig in Drucktaster übersetzt obwohl es sich nicht um einen Taster, sondern um einen Schalter handelt.)

Maßnahmen gegen unbeabsichtigtes Betätigen eines Not-Halt-Gerätes dürfen nicht ein Risiko der Behinderung der Betätigung erzeugen oder die Zugänglichkeit zu dem Not-Halt-Gerät beeinträchtigen. Solche Maßnahmen dürfen nicht die Sichtbarkeit des Not-Halt-Gerätes oder seines Betätigers beeinträchtigen

Aber auch: Das Not-Halt-Gerät muss so gestaltet sein, dass eine unbeabsichtigte Auslösung vermieden wird.

Soweit sinnvoll machbar, muss die unbeabsichtigte Auslösung eher durch die Anordnung als durch konstruktive Maßnahmen vermieden werden.

Das Auslösen eines Not-Halt-Gerätes darf nicht behindert werden. Um eine unbeabsichtigte Auslösung zu vermeiden, können einige Vorsichtsmaßnahmen ergriffen werden, z. B.:

- Anordnen des Not-Halt-Gerätes fern von vorhersehbar stark frequentierten Bereichen,
- Auswählen des Typs des Not-Halt-Gerätes,
- Auswählen der angemessenen Größe und Form des Not-Halt-Gerätes, oder
- Anbringen des Not-Halt-Gerätes in einer versenkten Oberfläche der umgebenden Bedienstation.

Die Verwendung eines Schutzkragens um das Not-Halt-Gerät herum sollte vermieden werden, ausgenommen, es ist notwendig, um unbeabsichtigtes Betätigen zu verhindern, und andere Maßnahmen nicht praktikabel sind.

Ein Schutzkragen darf keine scharfen Ecken oder Kanten oder raue Oberflächen haben, die zu Verletzungen führen könnten. Ecken und Kanten müssen entgratet werden, und Oberflächen müssen an den Berührungsstellen glatt sein.

Für Not-Halt-Geräte, die von Hand betätigt werden, dürfen die Maßnahmen gegen unbeabsichtigtes Betätigen das Betätigen mit der Handfläche nicht behindern oder verhindern, und das von jeder vorhersehbaren Position des Maschinenbedieners oder anderen, die sie betätigen können müssen.

## Not Halt Aspekte

In diesem Absatz der Norm wird in bunter Reihenfolge ein Schutzkragen mal soweit wie möglich abgelehnt um ihn kurz darauf wieder zu akzeptieren. Insbesondere die Möglichkeit das Not-Halt Gerät versenkt in der umgebenden Bedienstation einzusetzen, setzt dem Suchen nach einer eindeutigen Vorgabe der Norm ein Ende.

Zusammengefasst soll ein Schutzkragen möglichst vermieden werden, es sei denn er ist erforderlich.

Soweit so gut. Wann kann ein solcher Schutzkragen erforderlich sein?

Dazu sei zuerst einmal betrachtet wo bzw. in welchen Situationen ein Not-Halt überhaupt vorgesehen ist. Die Maschinenrichtlinie verlangt nur sehr allgemein für jede Maschine einen oder mehrere Not-Halt Befehlsgeräten, es sein denn, dass damit die gefährlichen Bewegungen der Maschine nicht schneller stillgesetzt werden können als mit dem Betriebshalt (Handgehaltene Maschinen benötigen ebenfalls keinen Not-Halt). Über die Anordnung und Ausführung wird hier nicht viel gesagt.

EN13850 wird hier etwas konkreter und verlangt an jeder Bedienstation, an Ein- und Ausgängen und an Be- und Entladebereichen einen Not-Halt. Alle diese Forderungen werden jedoch hinter die Ergebnisse einer Risikobeurteilung gestellt.

Derartige Formulierungen und Verklausulierungen in der Norm lassen den Schluss zu, dass sich das Normungsgremium leider nicht auf eine eindeutige Aussage einigen konnte bzw. dass es technisch nicht vorteilhaft wäre eine bestimmte Lösung festzuschreiben. Es bleibt also übrig, was ebenso viel Freiheit lässt wie es unbeliebt ist: Alles hängt von der Risikobeurteilung ab. Ob mit Schutzkragen oder ohne, ob versenkt eingebaut oder gar kein Not-Halt. Diese entscheidenden Fragen sind dem Konstrukteur und seiner Risikobeurteilung überlassen. Nur er kann situativ entscheiden welche Version die Beste ist. Sollte der Konstrukteur zu dem Schluss kommen, dass ein Not-Halt mit Schutzkragen im Hinblick auf die Risikominderung besser ist als ein Not-Halt der im Betrieb bald manipuliert wird, da er die Maschinenverfügbarkeit einschränkt, so ist diese Variante erlaubt!

Welche Formgebung dann letztendlich ein solcher Schutzkragen hat unterliegt genau den gleichen Überlegungen. Die am Markt existierenden Stellungnahmen zu verschiedenen Formen und evtl. sogar Prüfkörpern sind Meinungen die im Rahmen europäischer Vorschriften keine Bedeutung haben. Ebenso sind Übersetzungen von Normen die den veröffentlichten Normentexten widersprechen auf europäischer Ebene bedeutungslos. Es gibt allerdings auch keinen Grund diese Seitenwege zu benutzen, wenn wie oben beschrieben mit der Risikobeurteilung verfahren wird.

### 4.3.9 Wirkungsbereich

Vielfach besteht der Wunsch eine Not-Halt Funktion an einer größeren Anlage aufzuteilen und verschiedenen Wirkbereiche zu definieren. Aus prozesstechnischen Gründen ist es manchmal vorteilhaft bei einem Not-Halt Befehl nicht eine gesamte Anlage zu stoppen und energiefrei zu schalten. Insbesondere das Energiefreischnalten ist manchmal problematisch und mit Schwierigkeiten beim Neustart nach Beseitigung der Gefahrensituation verbunden. Natürlich hat die Sicherheit beim Not-Halt immer Priorität, sollte sich aber eine Lösung finden die einen sicheren Zustand in Teilen der Maschine gewährleistet ohne die Maschine komplett freizuschalten ist das unter gewissen Bedingungen zulässig.



## LoTo (Lockout/Tagout )

### 4.3.10 Empfehlung (nicht normativ aber Stand der Technik) Abfallsicherung.

Die Kontaktblöcke eines Not-Halt Schalters sind normalerweise mit dem Halteblock mechanisch verrastet. Dies ist eine solide Verbindung die allen in relevanten Normen genannten Umweltbedingungen standhält. Trotzdem ist es in manchen Fällen empfehlenswert den richtigen Sitz der Kontaktblöcke und des mechanischen Betätigers zu überwachen. Dazu dient die Abfallüberwachung, die durch einen weiteren Kontakt realisiert wird. Dieser Kontakt öffnet bei einem Lösen des Kontaktblocks vom rein mechanischen Teil des Schalters. Ein solcher Defekt ist denkbar bei Montagefehlern, Belastungen durch Umweltbedingungen die über die Normanforderung hinausgehen insbesondere durch UV-Strahlung oder Vibrationen.



## 4.4 LoTo (Lockout/Tagout )

Die "Lockout/Tagout- Methode" (LoTo) beschreibt die Herangehensweise, wie gefährliche Energien (mechanische, elektrische, hydraulische, pneumatische, chemische, thermische, etc.) sicher bei notwendigen Eingriffen von Mitarbeitern kontrolliert werden können.

Je nach Art der Implementierung hängt die Wirksamkeit des LoTo von organisatorischen Maßnahmen ab. Organisatorische Maßnahmen sind nach Europäischer Rechtsauffassung nur dann zulässig wenn die Gefährdung nicht durch sichere Konstruktion, inhärente Maßnahmen oder technische Maßnahmen ausreichend reduziert werden kann (Siehe auch EN ISO 12100:2010 Bild 1).



By Wtshymanski - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=38891175>

### 4.4.1 Rechtsrahmen

Die Lockout/Tagout Methode kommt aus den USA. Dort bildet die Technische Regel durch OSHA (US-Arbeitsschutzbehörde) die rechtliche Grundlage. Die Lockout/Tagout Methode wird zunehmend auch in Deutschland eingesetzt. Nach europäischer Gesetzgebung besteht hierzu **keine** Pflicht, aber es existieren spezielle gesetzliche Anforderungen, die durch ein Lockout/Tagout Programm am ehesten erfüllt werden können.

### Deutschland: Betriebssicherheitsverordnung 2015 (BetrSichV)

#### § 8 Schutzmaßnahmen bei Gefährdungen durch Energien, Ingangsetzen und Stillsetzen

- ...
- (3) Befehlseinrichtungen, die Einfluss auf die sichere Verwendung der Arbeitsmittel haben, müssen insbesondere ... gegen unbeabsichtigtes oder unbefugtes Betätigen gesichert sein.
- (4) Arbeitsmittel dürfen nur absichtlich in Gang gesetzt werden können. Sofern erforderlich, muss das Ingangsetzen sicher verhindert werden können.“

#### § 10 Instandhaltung und Änderung von Arbeitsmitteln

- ...
- (3) Der Arbeitgeber hat alle erforderlichen Maßnahmen zu treffen, damit Instandhaltungsarbeiten sicher durchgeführt werden können. Dabei hat er insbesondere
- ...
3. den Arbeitsbereich während der Instandhaltungsarbeiten abzusichern,
- ...
6. Gefährdungen durch bewegte oder angehobene Arbeitsmittel oder deren Teile sowie durch gefährliche Energien oder Substanzen zu vermeiden,
- ...
9. erforderliche Warn- und Gefahrenhinweise bezogen auf Instandhaltungsarbeiten an den Arbeitsmitteln zur Verfügung zu stellen,

## Fehlerausschlüsse

(4): Werden bei Instandhaltungsmaßnahmen an Arbeitsmitteln die für den Normalbetrieb getroffenen technischen Schutzmaßnahmen ganz oder teilweise außer Betrieb gesetzt oder müssen solche Arbeiten unter Gefährdung durch Energie durchgeführt werden, so ist die Sicherheit der Beschäftigten während der Dauer dieser Arbeiten durch andere geeignete Maßnahmen zu gewährleisten.

### USA (OSHA – OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH ADMINISTRATION, VEREINIGUNG FÜR ARBEITSSICHERHEIT UND GESUNDHEIT)

Die OSHA 29 CFR 1910.147 fordert vom Arbeitgeber ein Programm bzw. Verfahren zur Kontrolle von gefährlichen Energiequellen (Lockout/Tagout) an Maschinen/Anlagen. Dieses sieht vor geeignete Blockiervorrichtungen und Kennzeichnungen an gefährlichen Energiequellen der Maschine anzubringen bzw. Maschinen oder Geräte anderweitig zu deaktivieren. Dadurch kann ein unerwartetes Wiedereinschalten der Energie, ein versehentliches Starten der Maschine oder das Freisetzen der gespeicherten Energie und somit Personenverletzungen verhindert werden.

#### 4.4.2 LockOut/TagOut-Verfahren

Das LockOut/TagOut-Verfahren sieht folgendes vor:

1. Verfahren/Prozedur zur Energiekontrolle (LoTo) erstellen  
Erstellung/Dokumentieren einer Vorgabe zum Abschalten gefährlicher Energiequellen, die detailliert den Zweck und Umfang der LoTo-Methode festlegt.
2. Ermitteln aller Energie-Kontrollpunkte  
Aufstellung aller Energie-Kontrollpunkte und deren Kennzeichnung, wie z.B. Ventile, Schalter oder Stecker, an denen dauerhaft Etiketten/Anhänger (englisch: „Tag“) angebracht werden müssen.
3. Bereitstellung der notwendigen Absperrvorrichtungen und Kennzeichnungen  
Die in der LoTo-Prozedur definierten Lockout/Tagout-Vorrichtungen sind bereitzustellen. Dies sind z.B. Ventilabsperungen, Vorhängeschlösser, Anhänger, Etiketten, Verschlusskästen, Schlösser-Stationen etc.
4. Mitarbeiter-Schulung  
Mitarbeiter müssen auf das LoTo-Verfahren unterwiesen werden, damit diese die gefährlichen Energiequellen kennen, und das eingeführte LoTo-Verfahren korrekt anwenden können.



Witshymanski [CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)], via Wikimedia Commons

#### 4.4.3 Generelle Funktion der Loto-Methode:

Um eine Energiequelle zu isolieren und außer Betrieb zu setzen, muss eine Verriegelungsvorrichtung, ein Lockout- und ein Tagout-Apparat (Warnaufkleber) genutzt werden, um die Energiequelle damit zu verriegeln und andere vor der Aktivierung der Anlage, an der Wartungsarbeiten durchgeführt werden, zu warnen. Jeder Mitarbeiter, der an der Maschine arbeiten wird, muss einen Lockout- und/oder Tagout-Apparat an der energieisolierenden Vorrichtung anwenden. Es obliegt allen Mitarbeitern, sich mit diesem Programm vertraut zu machen und die genannten Verfahren einzuhalten.

## 4.5 Fehlerausschlüsse

Wird auf eine Komponente ein Fehlerausschluss gemacht, so taucht diese in der Sicherheitsbetrachtung im Folgenden nicht mehr auf. Diese weitreichende Konsequenz bedingt eine sorgfältige Dokumentation und

## Fehlerverdeckung – Fault masking

Begründung. In der EN ISO 13849-2 gibt es umfangreiche Listen zu möglichen Fehlerausschlüssen und die daran geknüpften Anforderungen. Grundsätzlich können Fehlerausschlüsse sowohl durch einen Komponentenhersteller oder durch den Maschinenbauer selbst erfolgen. Wird ein Fehlerausschluss durch den Komponentenhersteller gemacht so ist dieser Fehlerausschluss unbedingt in schriftlicher Form erforderlich, idealerweise im Rahmen der Produktdokumentation. Hintergrund ist hierbei die technische und juristische Verantwortung für die Gültigkeit der Aussagen welche ansonsten auf den Maschinenbauer zurückfällt. Eine grundsätzliche Beschränkung ist bei Fehlerausschlüssen zu betrachten. Handelt es sich bei der Sicherheitsfunktion um eine einkanalige Struktur und wird ein Fehlerausschluss auf eines der einkanaligen Elemente gemacht, so ist der erreichbare PL auf PL d zu beschränken.

### 4.6 Fehlerverdeckung – Fault masking

Fehlerverdeckung ist ein Effekt der auftreten kann, wenn mehrere Geräte durch einen gemeinsamen Mechanismus auf deren Funktion überprüft werden (Siehe ISO/TR 24119). Dabei kann es vorkommen, dass funktionsfähige Geräte Fehler in nicht funktionsfähigen Geräten überdecken können. Meist wird dies begünstigt durch ungeeignete Prozessabläufe oder durch die eingeschränkten Diagnosemöglichkeiten des Diagnosekanals.

Wenn Fehlerverdeckung stattfindet, dann ist die Fähigkeit des Systems Fehler zu erkennen eingeschränkt oder geht komplett verloren. Es ist üblich, dass der DC dann auf KEIN gesetzt werden muss, selbst in Fällen bei denen sonst ein DC = HOCH in Anspruch genommen werden kann. In der Konsequenz sind die erreichbare Kategorie und der erreichbare PL eingeschränkt.

Der häufigste Fall ist der von zweikanaligen Strukturen, üblicherweise mit redundanten potenzialfreien Kontakten, die in Serie geschaltet werden (siehe 3.18). Dabei wird die Diagnose meist von einer Sicherheitssteuerung durchgeführt.

### 4.6.1 Varianten

Not-Halts	Türschalter mit potenzialfreien Kontakten	Weitere Sensoren	Zusätzliche Anforderungen	Anmerkung	Max DC [%]	Max PL	Kapitel
2+	0	0		Die Betätigung von mehr als einem Not-Halt muss nicht erwartet werden. Daher ist eine Fehlerverdeckung nicht zu erwarten.	99	e	3.1 6
1+	1+	0		Die Betätigung eines Not-Halts während eine Türe oder ein Sensor betätigt sind ist zu erwarten. Daher ist eine Fehlerverdeckung zu erwarten.	0	c	3.1 8
1+	0	1+					
0	2+	0		Abhängig von der Betätigungshäufigkeit und Anzahl der Türschalter. Siehe hierzu Kapitel 4.6.2 und ISO/TR 24119	0 bis 90	c oder d	3.1 9
0	1+	1+	Durch den Prozess wird erzwungen, dass zu keinem Zeitpunkt mehr als Sensor oder Türe betätigt werden.	Fehlerverdeckung ist durch den Prozess verhindert	90	d	
	Sonst		Sofern die folgenden Anforderungen erfüllt sind: <ul style="list-style-type: none"> <li>Durch zusätzliche Diagnose (z.B. einen dritten Kontakt und geeignete Diagnose) wird sichergestellt, dass stets nur ein Sensor/Türe betätigt ist.</li> <li>Die Betätigung von mehr als einem Sensor/Türschalter/Not-Halt               <ul style="list-style-type: none"> <li>Wird als Fehler bewertet</li> <li>Alle Sensoren müssen anschließend individuell auf korrekte Funktion überprüft werden bevor der Prozess fortgesetzt werden kann.</li> </ul> </li> </ul>	Sofern die Diagnose durch eine Nicht-Sicherheits-SPS durchgeführt wird, ist der Diagnose Teil der SPS Teil der Sicherheitsfunktion. Damit ist eine Validierung dieser Diagnose Teil des Validierungsprozesses der Sicherheitsfunktion. Zusätzlich sind alle Änderungen an der Standard SPS Software auf Einfluss auf die Diagnose hin zu untersuchen und eine erneute Validierung der Sicherheit ist erforderlich.	99	e	
			Sonst	Fehlerverdeckung muss angenommen werden.	0	c	

Tabelle 1: Kombinationen von Sensoren und der resultierende DC

### 4.6.2 Reihenschaltung von Türen – ISO/TR 24119

Die ISO/TR 24119 beschränkt den DC in Abhängigkeit von:

- Anzahl der Türen
- Signalart
- Häufigkeit der Betätigung
- Verkabelungsprinzip
- Anordnung der Schalter
- Prozess

Die folgende Tabelle zeigt den vereinfachten Ansatz und die erreichbaren DC Level. Der Standard beschränkt den erreichbaren PL in jedem Fall auf PL d, selbst wenn aufgrund des DC ein höherer PL erreichbar wäre:

Anzahl der häufig betätigten Türen <sup>1,2</sup>		Anzahl der zusätzlichen Türen <sup>3</sup>	Maximal erreichbarer DC <sup>4</sup>
0	+	2 bis 4	Mittel
		5 bis 30	Niedrig
		≥ 31	Kein
1	+	1	Mittel
		2 bis 4	Niedrig
		≥ 5	Kein
≥ 2	+	≥ 1	Kein

**1** Wenn die Frequenz höher als 1x je Stunde ist

**2** Wenn mehr als ein Bediener in der Lage ist Türen unabhängig voneinander zu öffnen, dann muss die "Anzahl der häufig betätigten Türen" um eins erhöht werden

**3** Die "Anzahl der zusätzlichen Türen" darf um eins reduziert werden, wenn

- Der Mindestabstand zwischen zwei Türen 5 m beträgt oder
- Wenn keine der zusätzlichen Türen direkt erreichbar ist

**4** In jedem Fall, sofern es vorhersehbar ist, dass Fehlerverdeckung auftreten wird (z.B. Türen werden gleichzeitig geöffnet) dann ist der DC auf KEIN zu setzen

**Table 2: Vereinfachte DC Tabelle aus ISO/TR 24119**

## Fehlerverdeckung – Fault masking

### 4.6.3 Direkte Fehlerverdeckung

Abbildung 5 zeigt den Prozess der Fehlerverdeckung für einen üblichen Fall bei dem Fehler in Schalter B1 nicht durch K1 erkannt werden da diese durch den funktionierenden Schalter B2 verdeckt werden.

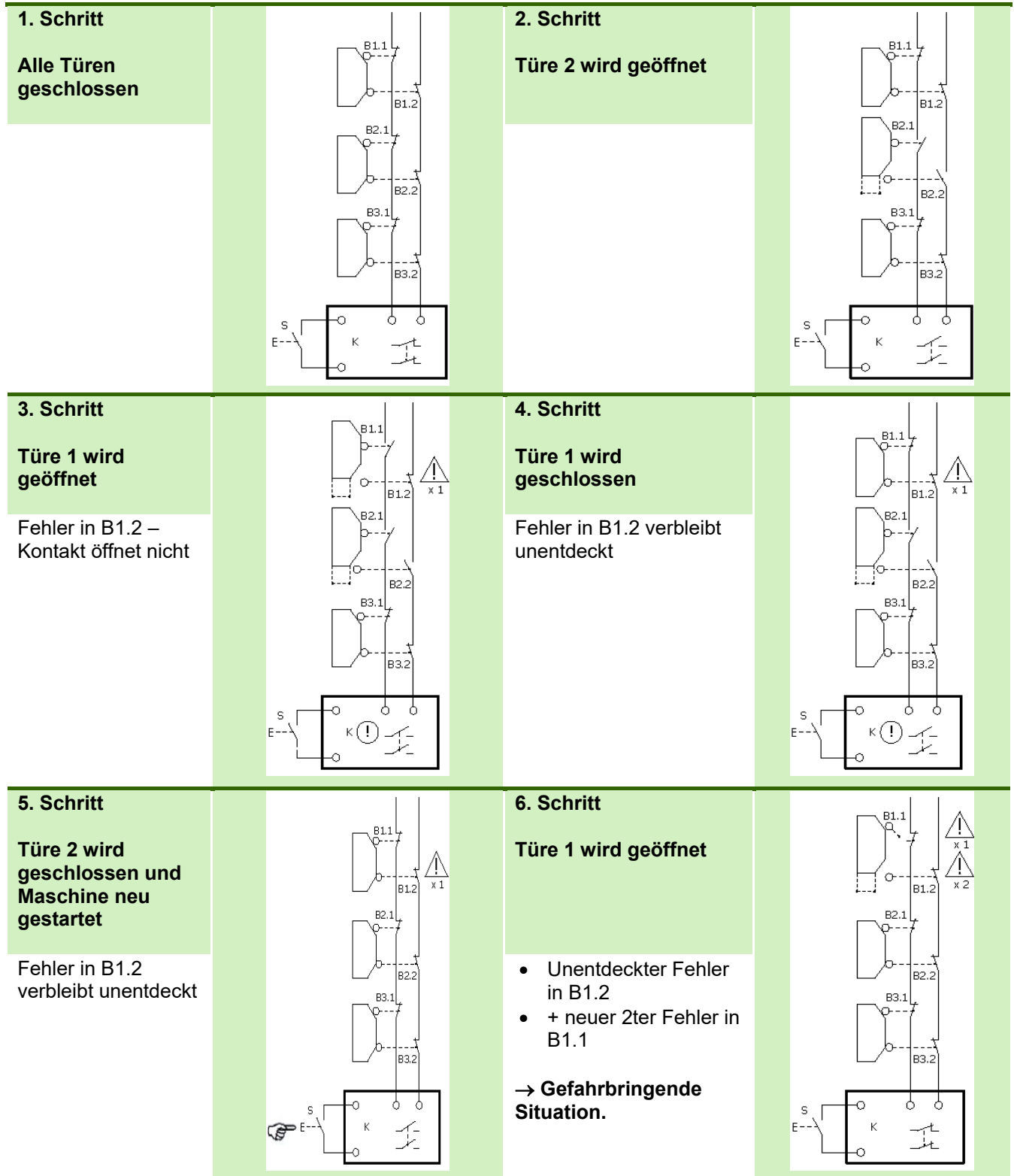


Abbildung 5: Direkte Fehlerverdeckung nach ISO/TR 24119

### 4.7 Nicht sichere Elektronik und Software

Standard Elektronik-Komponenten, also programmierbare oder embedded Elektronik

- ohne sicherheitstechnische Bewertung seitens des Herstellers und
- in der Konsequenz ohne Kennwerte in sicherheitsrelevanten Funktionen,

werden in der EN ISO 13849-1 kritisch gesehen und deren Einsatz weitgehend ausgeschlossen. Die einzigen Ausnahmen bestehen bei der Verwendung diversitärer Elemente in zwei Kanälen. Für diese sind nach EN ISO 13849-1 Kapitel 4.6.2 quasi automatisch die Anforderungen an Spezifikation, Entwurf, Codierung und Prüfung der sicherheitsrelevanten Embedded Software (Firmware) bis zu PL d erfüllt. Es können so elektronische Komponenten auf Mikrokontroller Basis in sicherheitsrelevanten Anwendungen eingesetzt werden, die nicht von vornherein dazu gedacht waren. Es bestehen allerdings weiterhin Anforderungen an die anwenderprogrammierte Software bzw. Parametrierung. Unabhängig davon muss in allen Fällen die sicherheitstechnische Bewertung der Hardware (Kategorie, MTTFD, DC, CCF) erfolgen.

### 4.8 Mensch-Roboter- „Kooperation/Kollaboration/Koexistenz“ (MRK)

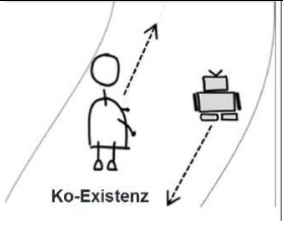
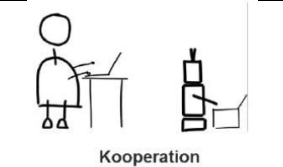
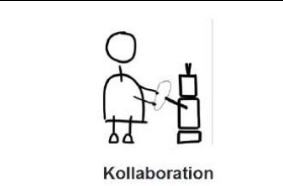
#### 4.8.1 Begriffsdefinitionen

**Cobot:** Verbindung der englischen Worte „Collaboration“ und „Robot“ und beschreibt Roboter, die für die direkte Interaktion mit dem Menschen gebaut wurden..

**MRK:** Teilen sich Mensch und Roboter einen Arbeitsraum ohne trennende Schutzeinrichtung, wird das als Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) bezeichnet.

#### 4.8.2 Mensch-Roboter-Arbeitsszenarien

Moderne Fertigungskonzepte in heutigen Produktionsanlagen nutzen unterschiedliche Interaktionsformen zwischen Mensch und Roboter, flexibel je nach Bedarf. Abhängig des Automatisierungsgrads ist die Zusammenarbeit zwischen Mensch und Roboter unterschiedlich gestaltet. Wie eng Mensch und Cobot beim schutzzaunlosen Roboterbetrieb tatsächlich zusammenarbeiten, hängt jedoch von der Anwendung ab. Das „K“ in MRK kann daher verschiedene Bedeutungen haben: *Koexistenz, Kooperation, Kollaboration*.

Koexistenz	 <p style="text-align: center;">Ko-Existenz</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mensch arbeitet nahe am Roboterarbeitsbereich</li> <li>• Keine Überlappung beider Arbeitsbereiche</li> <li>• <b>Kein</b> physischer Kontakt vorhanden</li> <li>• Absicherung des Roboterarbeitsraums über verriegelt trennende Schutzeinrichtungen</li> </ul>
Kooperation	 <p style="text-align: center;">Kooperation</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mensch und Roboter arbeiten im gemeinsamen Arbeitsraum, aber zeitlich getrennt.</li> <li>• <b>Kein</b> physischer Kontakt vorhanden</li> <li>• Absicherung über nicht-trennende Schutzeinrichtungen</li> </ul>
Kollaboration	 <p style="text-align: center;">Kollaboration</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mensch und Roboter arbeiten eng zusammen (gemeinsamer Arbeitsraum)</li> <li>• Physischer Kontakt <b>ist möglich ggf. nötig</b></li> <li>• Absicherung über roboterspezifische Sicherheitsfunktionen (Kraft, Druck, Geschwindigkeit, Position, etc.)</li> </ul>
<p><b>Quelle der Bilder: <a href="http://www.baua.de/Mensch-Roboter-Interaktion">www.baua.de/Mensch-Roboter-Interaktion</a></b></p>		

## Mensch-Roboter- „Kooperation/Kollaboration/Koexistenz“ (MRK)

Bei der Gestaltung einer MRK-Applikation müssen Roboter-Schutzprinzipien entsprechend ausgewählt und angewendet werden, um eine sichere Arbeitsumgebung für sämtliches Personal sicherzustellen. Die EN ISO 10218-1 beschreibt Schutzmaßnahmen für Roboter, die im kollaborierenden Betrieb angewendet werden können.

### 4.8.3 Schutzprinzipien für MRK-Betrieb

1. Sicherheitsbewerteter überwachter Halt  
Bei Zutritt zum gemeinsamen Arbeitsraum werden alle Roboterantriebe sofort gestoppt (STO bzw. SOS). Hält sich keine Person im Kollaborationsraum auf, arbeitet der Roboter autonom.
2. Handführung  
Der Roboter kann manuell vom Bediener über eine Handführungseinrichtung (mit Zustimmungseinrichtung) mit sicherer reduzierter Geschwindigkeit verfahren werden. Sobald die Zustimmungseinrichtung losgelassen wird, stoppt der Roboter
3. Geschwindigkeits- und Abstandsüberwachung  
Die Annäherung von Personen werden sicher erkannt, und die Roboterbewegung wird verlangsamt oder gestoppt. (Sicherer Abstand zwischen dem Bediener und dem Roboter wird in dynamischer Weise aufrechterhalten).
4. Leistungs- und Kraftbegrenzung  
Gefährdungen durch den Roboter werden durch Energie- oder Kraftbegrenzungen kontrolliert bzw. gesteuert. Bei Kontakt zwischen Roboter/Werkzeug und Personen dürfen bestimmte Belastungskenngrößen nicht überschritten werden. Die Parameter für Leistung, Kraft und Ergonomie müssen durch die Risikobeurteilung festgelegt werden.  
Zusätzliche Informationen und Hinweise (Körperregionen, biometrische Grenzwerte, etc.) für den Betrieb von kollaborierenden Robotern werden in der ISO/TS 15066 (Roboter und Robotergeräte — Kollaborierende Roboter) gegeben.

Unabhängig der angewendeten Mensch-Roboter-Interaktion (Koexistenz, Kooperation, Kollaboration) müssen vom Anlagenhersteller Schutzmaßnahmen vorgesehen werden, die sicherstellen, dass die Bedienpersonen zu jedem Zeitpunkt geschützt sind. Dies fordert die C-Norm für Robotersysteme und Integration (EN ISO 10128-2) bzw. die Maschinenrichtlinie 2006/42/EG.

Hierbei muss die **gesamte** MRK-Roboterapplikation bzw. –Anlage betrachtet werden. Dies umfasst nicht nur den Roboter, sondern auch die eingesetzten Endeffektoren (Greifer, Kamera, etc.) wie auch Werkstücke, Vorrichtungen, Schutzeinrichtungen und weiteres.

Anwendungen wie Koexistenz oder Kooperation sind bereits seit längerem in der Robotik durchaus gängig gewesen. Sie werden üblicherweise mit Detektionslösungen wie Lichtschranken oder Trittmatten abgesichert. Ergänzend kommen dazu oft entsprechende Sicherheitsfunktionen der Robotersteuerungen, die verhindern, dass der Roboter in verbotene Zonen fährt. Da Mensch und Roboter hier weitgehend getrennt agieren, können bei Koexistenz oder Kooperation auch herkömmliche Industrieroboter eingesetzt werden.

Wenn Berührungen nicht völlig vermieden werden sollen oder können, muss man zumindest versuchen die Kräfte und Drücke zu begrenzen (siehe 5.8), mit denen der Roboter auf den Menschen wirkt. Ein verbreitetes Mittel sind hier Kraft-Momenten-Sensoren in den Gelenken der Cobots, die bei Überschreitung der Kraft- und Druckwerte den kollaborativen Roboter stoppen. Zudem können spezielle Schutzhüllen zum Einsatz kommen, die mit Sensorik auf Berührung und Druck reagieren.



## Symbole

### 5 Tabellen & Formeln

#### 5.1 Symbole

Symbol	Einheit	Bedeutung
$\beta$	%	Anfälligkeit gegenüber Ausfällen in Folge gemeinsamer Ursache
$B_{10}$	-	Anzahl Schaltspiele bis 10% der Komponenten ausfallen
$B_{10D}$	-	Anzahl Schaltspiele bis 10% der Komponenten gefahrbringend ausfallen
C	1/h	Betriebszyklen je Stunde (siehe auch $n_{op}$ )
CCF	-	Fehler gemeinsamer Ursache (common cause failure). Erreichbar 0 bis 100 Punkte
DC	%	Diagnosedeckungsgrad
$DC_{avg}$	%	Durchschnittlicher Diagnosedeckungsgrad (eines Subsystems)
$d_{op}$	d/a	Betriebstage pro Jahr
FIT	1/h	Fehler in $10^{-9}$ Stunden
HFT	-	Hardware-Fehlertoleranz (hardware fault tolerance)
$h_{op}$	h/d	Betriebsstunden pro Betriebstag
$\lambda$	1/h	Rate aller Ausfälle pro Stunde (= $1/MTTF$ in Stunden)
$\lambda_D$	1/h	Rate der gefährlichen Ausfälle pro Stunde (= $1/MTTF_D$ in Stunden)
$\lambda_{DD}$	1/h	Rate der erkannten gefährlichen Ausfälle pro Stunde
$\lambda_{DU}$	1/h	Rate der unerkannten gefährlichen Ausfälle pro Stunde
$\lambda_S$	1/h	Rate der ungefährlichen Ausfälle pro Stunde
MTBF	a	Mittlere Zeit zwischen zwei Ausfälle in Jahren
MTTF	a	Mittlere Zeit bis zum Ausfall in Jahren (Gemäß Weibull sind 62,3% der Geräte dann ausgefallen. Siehe EN/IEC 61810-2)
$MTTF_D$	a	Mittlere Zeit bis zum gefahrbringenden Ausfall in Jahren (Gemäß Weibull sind 62,3% der Geräte dann gefahrbringend ausgefallen. Siehe EN/IEC 61810-2)
$n_{op}$	1/a	Schaltspiele pro Jahr
PFH	1/h	Wahrscheinlichkeit für einen gefahrbringenden Ausfall pro Stunde (EN/IEC 61508)
$PFH_D$	1/h	Wahrscheinlichkeit für einen gefahrbringenden Ausfall pro Stunde (EN/IEC 62061 und EN ISO 13849-1)
PL	-	Performance Level

## Symbole

Symbol	Einheit	Bedeutung
$PL_r$	-	Erforderlicher Performance Level
$P_{TE}$	1/h	Wahrscheinlichkeit eines Übertragungsfehlers in der Kommunikation (EN/IEC 62061)
RDF	%	Anteil gefahrbringender Ausfälle (VDMA 66413)
SFF	%	Anteil sicherer Ausfälle (EN/IEC 62061)
SIL	-	Erforderlicher Safety Integrity Level (EN/IEC 61508 und EN/IEC 62061)
SILCL	-	Safety Integrity Level claim einer Sicherheitsfunktion oder eines Subsystems (EN/IEC 61508 und EN/IEC 62061)
SRCF		Sicherheitsbezogene Steuerungsfunktion ( <i>Entspricht Sicherheitsfunktions in der EN/IEC 62061</i> )
SRP/CS		Sicherheitsbezogener Teil eines Steuerungssystems ( <i>Entspricht Sicherheitsfunktion in der EN ISO 13849-1</i> )
$T_1$	h oder a	Proof-Test-Intervall. Auf Einheit achten! ( $T_1$ entspricht einem „Wie-Neu“ Testintervall und ist, da in aller Regel nicht durchführbar, mit $T_M$ gleichzusetzen)
$T_2$	h	Diagnose-Testintervall ( <i>Das ist ein meist automatisierter und häufig wiederkehrender Test</i> )
$T_{10D}$	a	Betriebsdauer in Jahren ( <i>Nach dieser Zeit ist bei Bauteilen mit mechanischem Verschleiß die Anzahl der zulässigen Schaltspiele aufgebraucht</i> )
$T_M$	a	Gebrauchsdauer in Jahren ( <i>siehe auch <math>T_1</math></i> )
$t_{zyklus}$	s	Abstand zwischen zwei Betätigungen ins Sekunden

## PL Ermittlung

### 5.2 PL Ermittlung

#### 5.2.1 Formeln

Die Gültigkeit bzw. die Verwendbarkeit Formeln ist häufig auf Elemente, Subsysteme oder die Sicherheitsfunktion in ihrer Gesamtheit begrenzt. Eine Anwendung außerhalb des vorgesehenen Einsatzbereichs kann zu ungültigen Ergebnissen führen.

Formel	Kommentar	Element	Subsystem	Sicherheitsfunktion
$B_{10D} = B_{10}$	Worst-case Abschätzung	X		
$B_{10D} = 2 * B_{10}$	Für Elektronik	X		
$n_{op} = \frac{d_{op} \cdot h_{op}}{t_{zyklus}} \cdot 3600 \frac{s}{h}$	Betätigungshäufigkeit	X		
$MTTF_D = \frac{B_{10D}}{0,1 \cdot n_{op}}$		X		
$T_{10D} = \frac{B_{10D}}{n_{op}}$	Wenn $T_{10D} < 20$ Jahre ist ein Vermerk im Handbuch notwendig! $T_{10D}$ ist nur erforderlich für Geräte mit $B_{10}$ oder $B_{10D}$	X		
$MTTF_D = MTF$	Worst-case Abschätzung	X	X	
$MTTF_D = 2 * MTF$	Für Elektronik (Siehe EN ISO 13849-1 C.5.1)	X	X	
$MTTF = \frac{1}{\lambda} \cong MTBF$	Wenn Reparaturzeit unerheblich (wenige Tage)	X		
$DC = \frac{\sum \lambda_{dd}}{\sum \lambda_{dd} + \sum \lambda_{du}}$		X	X	
$MTTF_{D,Ci} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{D,i}}}$	Je Kanal		X	
$MTTF_{D,ges} = \frac{2}{3} \left[ MTF_{D,C1} + MTF_{D,C2} - \frac{1}{\frac{1}{MTTF_{D,C1}} + \frac{1}{MTTF_{D,C2}}} \right]$	Werte vor Symmetrierung auf 100 (Kat. B bis Kat. 3) bzw. 2500 (Kat. 4) Jahre begrenzen.		X	

## PL Ermittlung

Formel	Kommentar	Element	Subsystem	Sicherheitsfunktion
$DC_{avg} = \frac{\frac{DC_1}{MTTF_{D,1}} + \frac{DC_2}{MTTF_{D,2}} + \dots + \frac{DC_n}{MTTF_{D,n}}}{\frac{1}{MTTF_{D,1}} + \frac{1}{MTTF_{D,2}} + \dots + \frac{1}{MTTF_{D,n}}}$	Gilt für ein sowie zwei Kanäle. Keine Begrenzung des $MTTF_D$ erforderlich		X	
$PFH_D = \sum_i PFH_{D,i}$				X
$PL_{ges} \leq \min_i PL_i$	Anforderung an Sicherheitsfunktion			X
$PL_r \leq PL_{ges}$	Anforderung an Sicherheitsfunktion			X

### 5.2.2 Anforderungen an Kategorien

Merkmal	Kategorie				
	B	1	2	3	4
Gestaltung muss gemäß zutreffender Normen zu erwartenden Einflüssen standhalten	X	X	X	X	X
Grundlegende Sicherheitsprinzipien	X	X	X	X	X
Bewährte Sicherheitsprinzipien		X	X	X	X
Bewährte Bauteile		X			
Mean Time to Dangerous Failure – $MTTF_D$	Niedrig bis mittel	Hoch	Niedrig bis hoch		Hoch
Fehlererkennung (Tech.)			X	X	X
Einfehlersicherheit				X	X
Berücksichtigung von Fehlerakkumulation					X
Diagnosedeckungsgrad – $DC_{avg}$	Kein		Niedrig bis mittel		hoch
Maßnahmen gegen CCF			X	X	X
Hauptsächlich charakterisiert durch	BauteilAuswahl		Struktur		

## PL Ermittlung

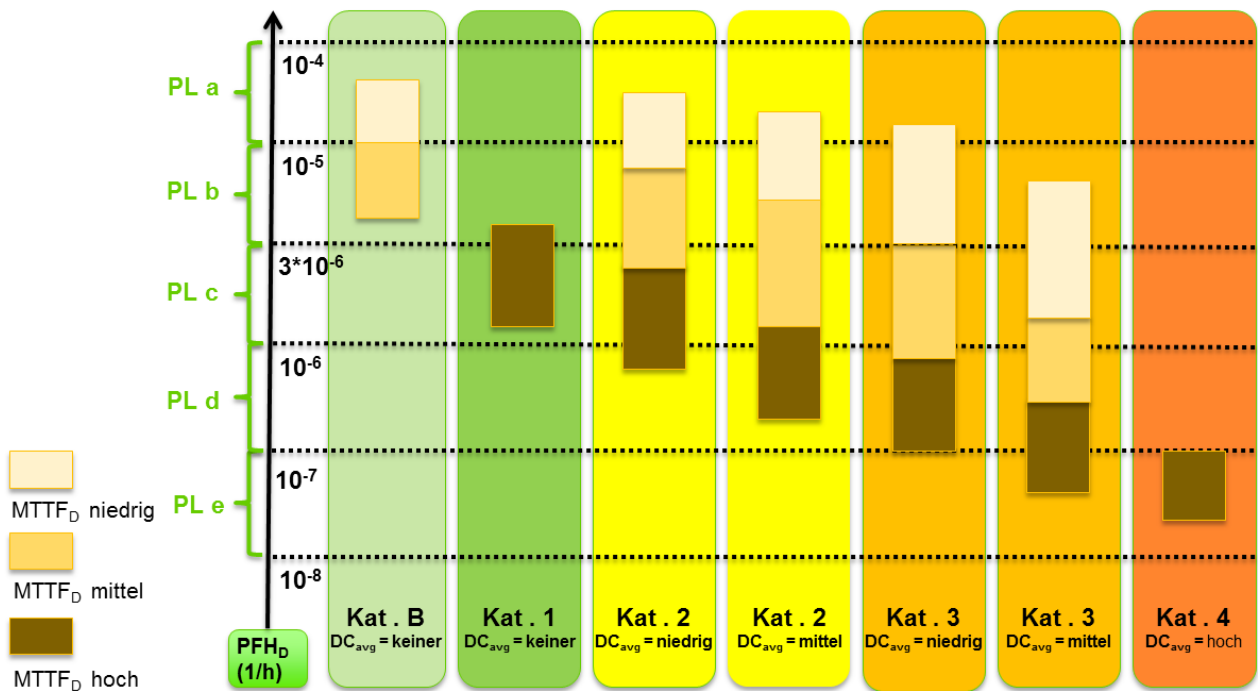
### 5.2.3 Mindestanforderung für $PFH_D$ (EN ISO 13849-1 Tabelle 3)

$PL_{ges}$	$PFH_D$
a	$10^{-5} \leq PFH_D < 10^{-4}$
b	$10^{-6} \leq PFH_D < 10^{-5}$
c	$10^{-6} \leq PFH_D < 3 \cdot 10^{-6}$
d	$10^{-7} \leq PFH_D < 10^{-6}$
e	$PFH_D < 10^{-7}$

### 5.2.4 DC Bereiche (EN ISO 13849-1 Tabelle 5)

Bezeichnung	Bereich
kein	$DC < 60\%$
niedrig	$60\% \leq DC < 90\%$
mittel	$90\% \leq DC < 99\%$
hoch	$99\% \leq DC$

### 5.2.5 Balkendiagramm (EN ISO 13849-1 Bild 5)



Für die detaillierte Tabelle der Zusammenhänge siehe EN ISO 13849-1 Anhang K

# Tabellen & Formeln

## PL Ermittlung

### 5.2.6 EN ISO 13849-1 Anhang K

MTTF <sub>D</sub>	PFH <sub>D</sub> (1/h) und der zugehörige Performance Level (PL)													
	Kat. B DC <sub>avg</sub> =kein		Kat. 1 DC <sub>avg</sub> =kein		Kat. 2 DC <sub>avg</sub> =niedrig		Kat. 2 DC <sub>avg</sub> =mittel		Kat. 3 DC <sub>avg</sub> =niedrig		Kat. 3 DC <sub>avg</sub> =mittel		Kat. 4 DC <sub>avg</sub> =hoch	
	PFH <sub>D</sub>	PL	PFH <sub>D</sub>	PL	PFH <sub>D</sub>	PL	PFH <sub>D</sub>	PL	PFH <sub>D</sub>	PL	PFH <sub>D</sub>	PL	PFH <sub>D</sub>	PL
3,0	3,80 x 10 <sup>-5</sup>	a			2,58 x 10 <sup>-5</sup>	a	1,99 x 10 <sup>-5</sup>	a	1,26 x 10 <sup>-5</sup>	a	6,09 x 10 <sup>-6</sup>	b		
3,3	3,46 x 10 <sup>-5</sup>	a			2,33 x 10 <sup>-5</sup>	a	1,79 x 10 <sup>-5</sup>	a	1,13 x 10 <sup>-5</sup>	a	5,41 x 10 <sup>-6</sup>	b		
3,6	3,17 x 10 <sup>-5</sup>	a			2,13 x 10 <sup>-5</sup>	a	1,62 x 10 <sup>-5</sup>	a	1,03 x 10 <sup>-5</sup>	a	4,86 x 10 <sup>-6</sup>	b		
3,9	2,93 x 10 <sup>-5</sup>	a			1,95 x 10 <sup>-5</sup>	a	1,48 x 10 <sup>-5</sup>	a	9,37 x 10 <sup>-6</sup>	b	4,40 x 10 <sup>-6</sup>	b		
4,3	2,65 x 10 <sup>-5</sup>	a			1,76 x 10 <sup>-5</sup>	a	1,33 x 10 <sup>-5</sup>	a	8,39 x 10 <sup>-6</sup>	b	3,89 x 10 <sup>-6</sup>	b		
4,7	2,43 x 10 <sup>-5</sup>	a			1,60 x 10 <sup>-5</sup>	a	1,20 x 10 <sup>-5</sup>	a	7,58 x 10 <sup>-6</sup>	b	3,48 x 10 <sup>-6</sup>	b		
5,1	2,24 x 10 <sup>-5</sup>	a			1,47 x 10 <sup>-5</sup>	a	1,10 x 10 <sup>-5</sup>	a	6,91 x 10 <sup>-6</sup>	b	3,15 x 10 <sup>-6</sup>	b		
5,6	2,04 x 10 <sup>-5</sup>	a			1,33 x 10 <sup>-5</sup>	a	9,87 x 10 <sup>-6</sup>	b	6,21 x 10 <sup>-6</sup>	b	2,80 x 10 <sup>-6</sup>	c		
6,2	1,84 x 10 <sup>-5</sup>	a			1,19 x 10 <sup>-5</sup>	a	8,80 x 10 <sup>-6</sup>	b	5,53 x 10 <sup>-6</sup>	b	2,47 x 10 <sup>-6</sup>	c		
6,8	1,68 x 10 <sup>-5</sup>	a			1,08 x 10 <sup>-5</sup>	a	7,93 x 10 <sup>-6</sup>	b	4,98 x 10 <sup>-6</sup>	b	2,20 x 10 <sup>-6</sup>	c		
7,5	1,52 x 10 <sup>-5</sup>	a			9,75 x 10 <sup>-6</sup>	b	7,10 x 10 <sup>-6</sup>	b	4,45 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,95 x 10 <sup>-6</sup>	c		
8,2	1,39 x 10 <sup>-5</sup>	a			8,87 x 10 <sup>-6</sup>	b	6,43 x 10 <sup>-6</sup>	b	4,02 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,74 x 10 <sup>-6</sup>	c		
9,1	1,25 x 10 <sup>-5</sup>	a			7,94 x 10 <sup>-6</sup>	b	5,71 x 10 <sup>-6</sup>	b	3,57 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,53 x 10 <sup>-6</sup>	c		
10	1,14 x 10 <sup>-5</sup>	a			7,18 x 10 <sup>-6</sup>	b	5,14 x 10 <sup>-6</sup>	b	3,21 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,36 x 10 <sup>-6</sup>	c		
11	1,04 x 10 <sup>-5</sup>	a			6,44 x 10 <sup>-6</sup>	b	4,53 x 10 <sup>-6</sup>	b	2,81 x 10 <sup>-6</sup>	c	1,18 x 10 <sup>-6</sup>	c		
12	9,51 x 10 <sup>-6</sup>	b			5,84 x 10 <sup>-6</sup>	b	4,04 x 10 <sup>-6</sup>	b	2,49 x 10 <sup>-6</sup>	c	1,04 x 10 <sup>-6</sup>	c		
13	8,78 x 10 <sup>-6</sup>	b			5,33 x 10 <sup>-6</sup>	b	3,64 x 10 <sup>-6</sup>	b	2,23 x 10 <sup>-6</sup>	c	9,21 x 10 <sup>-7</sup>	d		
15	7,61 x 10 <sup>-6</sup>	b			4,53 x 10 <sup>-6</sup>	b	3,01 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,82 x 10 <sup>-6</sup>	c	7,44 x 10 <sup>-7</sup>	d		
16	7,13 x 10 <sup>-6</sup>	b			4,21 x 10 <sup>-6</sup>	b	2,77 x 10 <sup>-6</sup>	c	1,67 x 10 <sup>-6</sup>	c	6,76 x 10 <sup>-7</sup>	d		
18	6,34 x 10 <sup>-6</sup>	b			3,68 x 10 <sup>-6</sup>	b	2,37 x 10 <sup>-6</sup>	c	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,67 x 10 <sup>-7</sup>	d		
20	5,71 x 10 <sup>-6</sup>	b			3,26 x 10 <sup>-6</sup>	b	2,06 x 10 <sup>-6</sup>	c	1,22 x 10 <sup>-6</sup>	c	4,85 x 10 <sup>-7</sup>	d		
22	5,19 x 10 <sup>-6</sup>	b			2,93 x 10 <sup>-6</sup>	c	1,82 x 10 <sup>-6</sup>	c	1,07 x 10 <sup>-6</sup>	c	4,21 x 10 <sup>-7</sup>	d		
24	4,76 x 10 <sup>-6</sup>	b			2,65 x 10 <sup>-6</sup>	c	1,62 x 10 <sup>-6</sup>	c	9,47 x 10 <sup>-7</sup>	d	3,70 x 10 <sup>-7</sup>	d		
27	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b			2,32 x 10 <sup>-6</sup>	c	1,39 x 10 <sup>-6</sup>	c	8,04 x 10 <sup>-7</sup>	d	3,10 x 10 <sup>-7</sup>	d		
30	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	3,80 x 10 <sup>-6</sup>	b	2,06 x 10 <sup>-6</sup>	c	1,21 x 10 <sup>-6</sup>	c	6,94 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,65 x 10 <sup>-7</sup>	d	9,54 x 10 <sup>-8</sup>	e

# Tabellen & Formeln

## PL Ermittlung

MTTF <sub>D</sub>	PFH <sub>D</sub> (1/h) und der zugehörige Performance Level (PL)													
	Kat. B DC <sub>avg</sub> =kein		Kat. 1 DC <sub>avg</sub> =kein		Kat. 2 DC <sub>avg</sub> =niedrig		Kat. 2 DC <sub>avg</sub> =mittel		Kat. 3 DC <sub>avg</sub> =niedrig		Kat. 3 DC <sub>avg</sub> =mittel		Kat. 4 DC <sub>avg</sub> =hoch	
	PFH <sub>D</sub>	PL	PFH <sub>D</sub>	PL	PFH <sub>D</sub>	PL	PFH <sub>D</sub>	PL	PFH <sub>D</sub>	PL	PFH <sub>D</sub>	PL	PFH <sub>D</sub>	PL
33	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	3,46 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,85 x 10 <sup>-6</sup>	c	1,06 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,97 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,30 x 10 <sup>-7</sup>	d	8,57 x 10 <sup>-8</sup>	e
36	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	3,17 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,67 x 10 <sup>-6</sup>	c	9,39 x 10 <sup>-7</sup>	d	5,16 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	7,77 x 10 <sup>-8</sup>	e
39	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	2,93 x 10 <sup>-6</sup>	c	1,53 x 10 <sup>-6</sup>	c	8,40 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,53 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,78 x 10 <sup>-7</sup>	d	7,11 x 10 <sup>-8</sup>	e
43	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	2,65 x 10 <sup>-6</sup>	c	1,37 x 10 <sup>-6</sup>	c	7,34 x 10 <sup>-7</sup>	d	3,87 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,54 x 10 <sup>-7</sup>	d	6,37 x 10 <sup>-8</sup>	e
47	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	2,43 x 10 <sup>-6</sup>	c	1,24 x 10 <sup>-6</sup>	c	6,49 x 10 <sup>-7</sup>	d	3,35 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,34 x 10 <sup>-7</sup>	d	5,76 x 10 <sup>-8</sup>	e
51	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	2,24 x 10 <sup>-6</sup>	c	1,13 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,80 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,93 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,19 x 10 <sup>-7</sup>	d	5,26 x 10 <sup>-8</sup>	e
56	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	2,04 x 10 <sup>-6</sup>	c	1,02 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,10 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,52 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,03 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,73 x 10 <sup>-8</sup>	e
62	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,84 x 10 <sup>-6</sup>	c	9,09 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,43 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,13 x 10 <sup>-7</sup>	d	8,84 x 10 <sup>-8</sup>	e	4,22 x 10 <sup>-8</sup>	e
68	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,68 x 10 <sup>-6</sup>	c	8,17 x 10 <sup>-7</sup>	d	3,90 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,84 x 10 <sup>-7</sup>	d	7,68 x 10 <sup>-8</sup>	e	3,80 x 10 <sup>-8</sup>	e
75	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,52 x 10 <sup>-6</sup>	c	7,31 x 10 <sup>-7</sup>	d	3,40 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,57 x 10 <sup>-7</sup>	d	6,62 x 10 <sup>-8</sup>	e	3,41 x 10 <sup>-8</sup>	e
82	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,39 x 10 <sup>-6</sup>	c	6,64 x 10 <sup>-7</sup>	d	3,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,35 x 10 <sup>-7</sup>	d	5,79 x 10 <sup>-8</sup>	e	3,08 x 10 <sup>-8</sup>	e
91	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,25 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,88 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,61 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,14 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,94 x 10 <sup>-8</sup>	e	2,74 x 10 <sup>-8</sup>	e
100	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,28 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,29 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,29 x 10 <sup>-8</sup>	e	2,47 x 10 <sup>-8</sup>	e
110	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,28 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,29 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,29 x 10 <sup>-8</sup>	e	2,23 x 10 <sup>-8</sup>	e
120	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,28 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,29 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,29 x 10 <sup>-8</sup>	e	2,03 x 10 <sup>-8</sup>	e
130	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,28 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,29 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,29 x 10 <sup>-8</sup>	e	1,87 x 10 <sup>-8</sup>	e
150	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,28 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,29 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,29 x 10 <sup>-8</sup>	e	1,61 x 10 <sup>-8</sup>	e
160	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,28 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,29 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,29 x 10 <sup>-8</sup>	e	1,50 x 10 <sup>-8</sup>	e
180	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,28 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,29 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,29 x 10 <sup>-8</sup>	e	1,33 x 10 <sup>-8</sup>	e
200	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,28 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,29 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,29 x 10 <sup>-8</sup>	e	1,19 x 10 <sup>-8</sup>	e
220	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,28 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,29 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,29 x 10 <sup>-8</sup>	e	1,08 x 10 <sup>-8</sup>	e
240	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,28 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,29 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,29 x 10 <sup>-8</sup>	e	9,81 x 10 <sup>-9</sup>	e
270	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,28 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,29 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,29 x 10 <sup>-8</sup>	e	8,67 x 10 <sup>-9</sup>	e
300	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,28 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,29 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,29 x 10 <sup>-8</sup>	e	7,76 x 10 <sup>-9</sup>	e
330	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,28 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,29 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,29 x 10 <sup>-8</sup>	e	7,04 x 10 <sup>-9</sup>	e

# Tabellen & Formeln

## PL Ermittlung

MTTF <sub>D</sub>	PFH <sub>D</sub> (1/h) und der zugehörige Performance Level (PL)													
	Kat. B DC <sub>avg</sub> =kein		Kat. 1 DC <sub>avg</sub> =kein		Kat. 2 DC <sub>avg</sub> =niedrig		Kat. 2 DC <sub>avg</sub> =mittel		Kat. 3 DC <sub>avg</sub> =niedrig		Kat. 3 DC <sub>avg</sub> =mittel		Kat. 4 DC <sub>avg</sub> =hoch	
	PFH <sub>D</sub>	PL	PFH <sub>D</sub>	PL	PFH <sub>D</sub>	PL	PFH <sub>D</sub>	PL	PFH <sub>D</sub>	PL	PFH <sub>D</sub>	PL	PFH <sub>D</sub>	PL
360	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,28 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,29 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,29 x 10 <sup>-8</sup>	e	6,44 x 10 <sup>-9</sup>	e
390	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,28 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,29 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,29 x 10 <sup>-8</sup>	e	5,94 x 10 <sup>-9</sup>	e
430	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,28 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,29 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,29 x 10 <sup>-8</sup>	e	5,38 x 10 <sup>-9</sup>	e
470	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,28 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,29 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,29 x 10 <sup>-8</sup>	e	4,91 x 10 <sup>-9</sup>	e
510	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,28 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,29 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,29 x 10 <sup>-8</sup>	e	4,52 x 10 <sup>-9</sup>	e
560	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,28 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,29 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,29 x 10 <sup>-8</sup>	e	4,11 x 10 <sup>-9</sup>	e
620	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,28 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,29 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,29 x 10 <sup>-8</sup>	e	3,70 x 10 <sup>-9</sup>	e
680	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,28 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,29 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,29 x 10 <sup>-8</sup>	e	3,37 x 10 <sup>-9</sup>	e
750	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,28 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,29 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,29 x 10 <sup>-8</sup>	e	3,05 x 10 <sup>-9</sup>	e
820	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,28 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,29 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,29 x 10 <sup>-8</sup>	e	2,79 x 10 <sup>-9</sup>	e
910	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,28 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,29 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,29 x 10 <sup>-8</sup>	e	2,51 x 10 <sup>-9</sup>	e
1000	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,28 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,29 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,29 x 10 <sup>-8</sup>	e	2,28 x 10 <sup>-9</sup>	e
1100	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,28 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,29 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,29 x 10 <sup>-8</sup>	e	2,07 x 10 <sup>-9</sup>	e
1200	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,28 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,29 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,29 x 10 <sup>-8</sup>	e	1,90 x 10 <sup>-9</sup>	e
1300	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,28 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,29 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,29 x 10 <sup>-8</sup>	e	1,75 x 10 <sup>-9</sup>	e
1500	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,28 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,29 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,29 x 10 <sup>-8</sup>	e	1,51 x 10 <sup>-9</sup>	e
1600	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,28 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,29 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,29 x 10 <sup>-8</sup>	e	1,42 x 10 <sup>-9</sup>	e
1800	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,28 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,29 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,29 x 10 <sup>-8</sup>	e	1,26 x 10 <sup>-9</sup>	e
2000	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,28 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,29 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,29 x 10 <sup>-8</sup>	e	1,13 x 10 <sup>-9</sup>	e
2200	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,28 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,29 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,29 x 10 <sup>-8</sup>	e	1,03 x 10 <sup>-9</sup>	e
2300	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,28 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,29 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,29 x 10 <sup>-8</sup>	e	9,85 x 10 <sup>-10</sup>	e
2400	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,28 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,29 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,29 x 10 <sup>-8</sup>	e	9,44 x 10 <sup>-10</sup>	e
2500	4,23 x 10 <sup>-6</sup>	b	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	c	5,28 x 10 <sup>-7</sup>	d	2,29 x 10 <sup>-7</sup>	d	1,01 x 10 <sup>-7</sup>	d	4,29 x 10 <sup>-8</sup>	e	9,06 x 10 <sup>-10</sup>	e



## 5.2.7 CCF Tabelle (EN ISO 13849-1 Tabelle F.1)

Maßnahme gegen CCF		Punkte
<b>Trennung Abtrennung</b>	1. Physikalische Trennung zwischen den Signalpfaden, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trennung der Verdrahtung/Verrohrung;</li> <li>• Erkennen von Kurzschlüssen und Unterbrechungen in Kabeln durch dynamische Prüfung;</li> <li>• getrennte Abschirmung des Signalpfads jedes Kanals;</li> <li>• ausreichende Luft- und Kriechstrecken auf gedruckten Schaltungen.</li> </ul>	<b>15</b>
<b>Diversität</b>	2. Unterschiedliche Technologien/Gestaltung oder physikalische Prinzipien werden verwendet, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• der erste Kanal in programmierbarer Elektronik und der zweite Kanal fest verdrahtet,</li> <li>• Art der Initiierung,</li> <li>• Druck und Temperatur,</li> <li>• Messung von Entfernung und Druck,</li> <li>• digital und analog,</li> <li>• Bauteile von unterschiedlichen Herstellern.</li> </ul>	<b>20</b>
<b>Entwurf Anwendung Erfahrung</b>	3.1 Schutz gegen Überspannung, Überdruck, Überstrom usw.	<b>15</b>
	3.2 Verwendung bewährter Bauteile.	<b>5</b>
<b>Beurteilung Analyse</b>	4. Sind die Ergebnisse einer Ausfallart und Effektanalyse berücksichtigt worden, um Ausfälle infolge gemeinsamer Ursache in der Entwicklung zu vermeiden?	<b>5</b>
<b>Kompetenz Ausbildung</b>	5. Sind Konstrukteure/Monteure geschult worden, um die Gründe und Auswirkungen von Ausfällen infolge gemeinsamer Ursache zu erkennen?	<b>5</b>
<b>Umgebung</b>	6.1 Schutz vor Verunreinigung und elektromagnetischer Beeinflussung (EMC) gegen CCF in Übereinstimmung mit den angemessenen Normen.  Fluidische Systeme: Filtrierung des Druckmediums, Verhinderung von Schmutzeintrag, Entwässerung von Druckluft, z. B. in Übereinstimmung mit den Anforderungen des Herstellers für die Reinheit des Druckmediums.  Elektrische Systeme: Wurde das System hinsichtlich elektromagnetischer Immunität geprüft, z. B. wie in zutreffenden Normen gegen CCF festgelegt?  Bei kombinierten fluidischen und elektrischen Systemen sollten beide Aspekte berücksichtigt werden.	<b>25</b>
	6.2 Andere Einflüsse  Wurden alle Anforderungen hinsichtlich Unempfindlichkeit gegenüber allen relevanten Umgebungsbedingungen wie Temperatur, Schock, Vibration, Feuchte (z. B. wie in den zutreffenden Normen festgelegt) berücksichtigt?	<b>10</b>
<b>CCF- Gesamt</b>	<b>Summe der Punktezahl (<math>65 \leq CCF \leq 100</math>) für Kat.2 bis Kat.4 erforderlich. Es dürfen keine Teilpunkte vergeben werden.</b>	

## DC Maßnahmen

### 5.3 DC Maßnahmen

#### 5.3.1 Eingabe (EN ISO 13849-1 Tabelle E.1)

Maßnahme - Eingabe	DC min	DC max	Kommentar
Zyklische Testung/Dynamisierung	90%	90%	Periodische Generierung eines Signalwechsels mit Überwachung des Ergebnisses
Plausibilitätsprüfung z.B. Verwendung der Schließer-Öffnerkontakte von zwangsgeführten Relais	99%	99%	
Kreuzvergleich <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ohne Dynamisierung</li> </ul>	0%	99%	Manuelle Initiierung der Prüfung
Kreuzvergleich <ul style="list-style-type: none"> <li>• mit Dynamisierung</li> <li>• ohne hochwertige Fehlererkennung</li> </ul>	90%	90%	Vergleich von Eingängen oder Ausgängen ohne Kurzschlusserkennung (bei Mehrfach-Ein-/Ausgänge)
Kreuzvergleich <ul style="list-style-type: none"> <li>• mit Dynamisierung</li> <li>• mit hochwertiger Fehlererkennung</li> </ul>	99%	99%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Positionserfassung des Ventilschiebers</li> <li>• Kreuzvergleich von Signalen und Zwischenwerten mit Kurzschlusserkennung (bei Mehrfach-Ein-/Ausgängen)</li> <li>• Erkennung statischer Fehler (z.B. mithilfe von Sicherheitsbausteinen) und zeitliche und logische Programmlaufüberwachung</li> <li>• dynamischer Kreuzvergleich unabhängig gewonnener Stellungs- oder Geschwindigkeitsinformationen</li> </ul>
Indirekte Überwachung (z. B. Überwachung durch Druckschalter, elektrische Positionsüberwachung von Antriebselementen)	90%	99%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wegaufnehmer oder Endschalter an den Aktoren statt an den Steuerungselementen</li> <li>• Ventilüberwachung durch Druckschalter</li> </ul>
Direkte Überwachung (z. B. elektrische Stellungs-überwachung der Steuerungsventile, Überwachung elektromechanischer Einheiten durch Zwangsführung)	99%	99%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stellungsüberwachung direkt am Steuerelement</li> <li>• Stellungsüberwachung direkt am Ventilschieber</li> <li>• Stellungsüberwachung durch zwangsgeführte Rücklesekontakte (antivalente Öffnerkontakte)</li> <li>• Signalüberwachung durch Rücklesung z.B. mittels Optokopplern</li> </ul>
Fehlererkennung durch den Prozess  (z.B. FMEA, nicht ausreichend für PL e )	0%	99%	<p>Versagen der Prozessregelung, die sich durch</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fehlfunktion</li> <li>• Beschädigung von Werkstück oder Maschinenteilen</li> <li>• Prozessunterbrechung oder –verzögerung</li> </ul> <p>funktional bemerkbar macht, ohne sofort eine Gefährdung darzustellen.</p>

## DC Maßnahmen

Überwachung von Eigenschaften	60%	60%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Überwachung von Antwortzeiten, Signalstärke analoger Signale (z.B. Widerstand, Kapazität)</li> </ul>
-------------------------------	-----	-----	---

### 5.3.2 Logik (EN ISO 13849-1 Tabelle E.1)

Maßnahme - Logik	DC min	DC max	Kommentar
Indirekte Überwachung (z. B. Überwachung durch Druckschalter, elektrische Positionsüberwachung von Antriebselementen)	90%	99%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wegaufnehmer oder Endschalter an den Aktoren statt an den Steuerungselementen</li> </ul>
Direkte Überwachung (z. B. elektrische Stellungen-überwachung der Steuerungsventile, Überwachung elektromechanischer Einheiten durch Zwangsführung)	99%	99%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Signalüberwachung durch Rücklesung z.B. mittels Optokopplern</li> </ul>
Fehlererkennung durch den Prozess	0%	99%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Versagen der Prozessregelung, die sich durch Fehlfunktion</li> <li>Beschädigung von Werkstück oder Maschinenteilen</li> <li>Prozessunterbrechung oder –Verzögerung funktional bemerkbar macht, ohne sofort eine Gefährdung darzustellen.</li> </ul>
Einfache zeitliche Programmlaufüberwachung (z. B. Zeitglied als Watchdog, mit Triggersignalen im Programm der Logik)	60%	60%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zeitglied als Watchdog, mit Triggersignalen im Programm der Logik</li> </ul>
Zeitliche und logische Programmlaufüberwachung durch den Watchdog, wobei die Testeinrichtung Plausibilitätstests des Verhaltens der Logik durchführt	90%	90%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Durch einen Watchdog, wobei die Testeinrichtung Plausibilitätstests des Verhaltens der Logik durchführt</li> </ul>
Selbsttest bei Anlauf, um verborgene Fehler in Teilen der Logik zu finden (z. B. Programm- und Datenspeicher, Eingangs-/Ausgangsanschlüsse, Schnittstellen)	90%	90%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erkennung verborgener Fehler im Programm- und Datenspeicher,</li> <li>Eingangs-/Ausgangsanschlüssen, Schnittstellen</li> </ul>
Testung der Reaktionsmöglichkeit der Überwachungseinrichtung (z. B. Watchdog) durch den Hauptkanal nach Anlauf, oder wann immer die Sicherheitsfunktion angefordert wird, oder wann immer ein externes Signal dies durch eine Eingangseinrichtung anfordert	90%	90%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Test der Reaktionsmöglichkeit des Watchdogs</li> </ul>

## DC Maßnahmen

Maßnahme - Logik	DC min	DC max	Kommentar
Dynamische Prinzipien (alle Bauteile der Logik erfordern eine Zustandsänderung EIN-AUS-EIN, wenn die Sicherheitsfunktion angefordert wird), z. B. Verriegelungsschaltungen in Relais-technik	99%	99%	
Invarianter Speicher: Signatur einfacher Wortbreite (8 Bit)	90%	90%	
Invarianter Speicher: Signatur doppelter Wortbreite (16 Bit)	99%	99%	
Varianter Speicher: RAM-Test durch Verwendung redundanter Daten, z. B. Flags, Merker, Konstanten, Timer, und Kreuzvergleich dieser Daten	60%	60%	
Varianter Speicher: Test der Lesbarkeit und der Beschreibbarkeit der verwendeten Speicherzellen	60%	60%	
Varianter Speicher: RAM-Überwachung mit modifiziertem Hammingcode oder RAM-Selbsttest (z. B. „Galpat“ oder „Abraham“)	99%	99%	
Verarbeitungseinheit: Selbsttest durch Software	60%	90%	
Verarbeitungseinheit: Kodierte Verarbeitung	90%	99%	
Fehlererkennung durch den Prozess (DC abhängig von der Anwendung; diese Maßnahme ist allein nicht ausreichend für den erforderlichen PL e!)	0%	99%,	

## DC Maßnahmen

### 5.3.3 Ausgabe (EN ISO 13849-1 Tabelle E.1)

Maßnahme - Ausgabe	DC min	DC max	Kommentar
Überwachung der Ausgänge durch einen Kanal ohne dynamischen Test	0%	99%	Abhängig davon, wie oft ein Signalwechsel durch die Anwendung erfolgt
Kreuzvergleich	0%	99%	Manuelle Initiierung der Prüfung <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ohne Dynamisierung</li> </ul>
Kreuzvergleich <ul style="list-style-type: none"> <li>• mit Dynamisierung</li> <li>• ohne hochwertige Fehlererkennung</li> </ul>	90%	90%	Vergleich von Eingängen oder Ausgängen ohne Kurzschlusserkennung (bei Mehrfach-Ein-/Ausgängen)
Kreuzvergleich <ul style="list-style-type: none"> <li>• mit Dynamisierung</li> <li>• mit hochwertiger Fehlererkennung</li> </ul>	99%	99%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Positionserfassung des Ventilschiebers</li> <li>• Kreuzvergleich von Signalen und Zwischenwerten mit Kurzschlusserkennung (bei Mehrfach-Ein-/Ausgängen), Erkennung statischer Fehler (z.B. mithilfe von Sicherheitsbausteinen) und zeitliche und logische Programmlaufüberwachung</li> </ul>
Indirekte Überwachung (z. B. Überwachung durch Druckschalter, elektrische Positionsüberwachung von Antriebselementen)	90%	99%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wegaufnehmer oder Endschalter an den Aktoren statt an den Steuerungselementen</li> <li>• Ventilüberwachung durch Druckschalter</li> </ul>
Direkte Überwachung (z. B. elektrische Stellungsüberwachung der Steuerungsventile, Überwachung elektromechanischer Einheiten durch Zwangsführung)	99%	99%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stellungsüberwachung direkt am Steuerelement</li> <li>• Stellungsüberwachung direkt am Ventilschieber</li> <li>• Stellungsüberwachung durch zwangsgeführte Rücklesekontakte (antivalente Öffnerkontakte)</li> <li>• Signalüberwachung durch Rücklesung z.B. mittels Optokopplern</li> </ul>
Fehlererkennung durch den Prozess (z.B. FMEA, nicht ausreichend für PL e )	0%	99%	Versagen der Prozessregelung, die sich durch Fehlfunktion, Beschädigung von Werkstück oder Maschinenteilen, Prozessunterbrechung oder –verzögerung funktional bemerkbar macht, ohne sofort eine Gefährdung darzustellen.
Redundanter Abschaltpfad <ul style="list-style-type: none"> <li>• mit Überwachung der Aktoren durch die Logik und Testeinrichtung</li> </ul>	99%	99%	

## Sicherheitsprinzipien

### 5.4 Sicherheitsprinzipien

#### 5.4.1 Grundlegende – Mechanik (EN ISO 13849-2 Tabelle A.1)

Grundlegendes Sicherheitsprinzip Mechanik	Bemerkungen
Anwendung geeigneter Werkstoffe und angemessener Herstellungsverfahren	Auswahl des Werkstoffs, der Herstellungs- und Behandlungsverfahren unter Berücksichtigung von z. B. Spannungen, Haltbarkeit, Elastizität, Reibung, Verschleiß, Korrosion, Temperatur
ordnungsgemäße Dimensionierung und Formgebung	Berücksichtigen z. B. von Spannung, Dehnung, Ermüdung, Oberflächenrauheit, Grenzabmaßen, Hängenbleiben, Herstellungsverfahren
geeignete Auswahl, Kombination, Anordnungen, Zusammenbau und Einbau der Bauteile/des Systems	Berücksichtigen von Anwendungshinweisen des Herstellers, z. B. Katalogblätter, Einbauanweisungen, Festlegungen, sowie Anwendung bewährter technischer Erfahrungen mit ähnlichen Bauteilen/Systemen
Anwendung des Prinzips der Energietrennung	<p>Der sichere Zustand wird durch Freischaltung von Energie erreicht. Siehe maßgeblicher Vorgang zum Stillsetzen in ISO 12100:2010, 6.2.11.3.</p> <p>Zum Ingangsetzen der Bewegung eines Mechanismus wird Energie zugeführt. Siehe maßgeblicher Vorgang zur Ingangsetzung in ISO 12100:2010, 6.2.11.3.</p> <p>Berücksichtigen von unterschiedlichen Betriebsarten, z. B. Betriebsmodus, Instandhaltungsmodus.</p> <p>WICHTIG — Dieses Prinzip darf nicht angewendet werden, wenn durch einen Energieverlust eine Gefährdung entstehen würde, z. B. Freigabe eines Werkzeuges durch den Verlust der Spannkraft.</p>
geeignete Befestigung	<p>Bei der Anwendung von Schraubensicherungen die Anwendungshinweise des Herstellers beachten.</p> <p>Durch Anwendung eines geeigneten Drehmomenten-Begrenzungsverfahrens kann Überbeanspruchung vermieden und ein angemessener Widerstand gegen das Lösen der Verbindung erreicht werden.</p>
Begrenzung der Erzeugung und/oder Übertragung der Kraft und ähnlicher Parameter	<p>Beispiele sind Scherstift, Scherplatte, Drehmomenten-Begrenzungskupplung.</p> <p>WICHTIG — Dieses Prinzip darf nicht angewendet werden, wenn die kontinuierliche Unversehrtheit der Bauteile unerlässlich dafür ist, die erforderliche Steuerungsebene beizubehalten</p>
Begrenzung des Bereichs der Umgebungsparameter	Beispiele für diese Parameter sind Temperatur, Luft-feuchte, Verunreinigungen am Einbauort. Siehe Abschnitt 10 und Anwendungshinweise des Herstellers beachten

## Sicherheitsprinzipien

<b>Grundlegendes Sicherheitsprinzip Mechanik</b>	<b>Bemerkungen</b>
geeignete Reaktionszeit	Beachten von z. B. Verringerung der Federkraft, Reibung, Schmierung, Temperatur, Trägheit bei Beschleunigung und Verzögerung, Kombination von Grenzabmaßen
Schutz gegen unerwarteten Anlauf	<p>Berücksichtigen von unerwartetem Anlauf, verursacht durch gespeicherte Energie und nach Wiederherstellung der Energieversorgung, für unterschiedliche Betriebsarten wie Betriebsmodus, Instandhaltungsmodus usw.</p> <p>Eine besondere Einrichtung zum Ablassen der gespeicherten Energie kann notwendig sein.</p> <p>Besondere Anwendungen, z. B. zur Beibehaltung der Energie für Spanneinrichtungen oder zur Sicherung einer Stellung, müssen gesondert betrachtet werden</p>
Vereinfachung	Vermeidung unnötiger Bauteile im sicherheitsbezogenen System
Trennung	Trennung der sicherheitsbezogenen Funktionen von anderen Funktionen
geeignete Schmierung	Beachten der Notwendigkeit von Schmiervorrichtungen, Angaben zu Schmiermitteln und Schmierintervallen
geeigneter Schutz gegen Eindringen von Flüssigkeiten und Staub	Beachten der IP-Schutzart (siehe EN/IEC 60529)

## Sicherheitsprinzipien

### 5.4.2 Bewährte– Mechanik (EN ISO 13849-2 Tabelle A.2)

Bewährtes Sicherheitsprinzip Mechanik	Bemerkungen
Anwendung sorgfältig ausgewählter Werkstoffe und Herstellungsverfahren	Auswahl der für die jeweilige Anwendung geeigneten Werkstoffe sowie zweckdienlicher Herstellungs- und Behandlungsverfahren
Anwendung von Bauteilen mit festgelegtem Ausfallverhalten	Das überwiegend auftretende Ausfallverhalten eines Bauteils ist im Voraus bekannt und ist stets das Gleiche. Siehe ISO 12100:2010, 6.2.12.3
Überdimensionierung/Sicherheitsfaktor	Es sind die in Normen angegebenen oder auf Erfahrungen mit sicherheitsbezogenen Anwendungen beruhenden Sicherheitsfaktoren anzuwenden.
Gesicherte Position	Das bewegliche Element des Bauteils wird mechanisch in einer sicheren Stellung gehalten (Reibung allein ist nicht ausreichend). Für eine Bewegung aus der gesicherten Position ist das Aufbringen einer Kraft erforderlich
erhöhte AUS-Kraft	Eine sichere Stellung/ein sicherer Zustand wird dadurch erreicht, dass die AUS-Kraft gegenüber der EIN-Kraft erhöht wird
Sorgfältige(r) Auswahl, Kombination, Anordnung, Zusammenbau und Einbau von Bauteilen/Systemen für die jeweilige Anwendung	—
sorgfältige Auswahl der Befestigungsart für die jeweilige Anwendung	Vermeiden einer Befestigung nur durch Reibung.
positive mechanisch zwangsläufige Wirkung	Um eine mechanisch zwangsläufige Wirkung zu erreichen, müssen alle bewegenden mechanischen Bauteile, die zur Ausführung der Sicherheitsfunktion erforderlich sind, verbundene Bauteile zwangsläufig mitbewegen, z. B. ein Nocken, der die Kontakte eines elektrischen Schalters direkt öffnet statt einer auf einer Feder beruhenden Verbindung (siehe ISO 12100:2010, 6.2.5).
Vervielfachung von Teilen	Verringerung der Auswirkung von Ausfällen durch Anwendung mehrerer gleicher Teile, die parallel zueinander wirken, z. B. wenn ein Ausfall, der an einer von mehreren Federn auftritt, keinen gefährlichen Zustand bewirkt.
reduzierter Bereich der Reaktionszeit, Hysteresebegrenzung	Festlegen der notwendigen Begrenzungen.  Beachten von z. B. Verringerung der Federkraft, Reibung, Schmierung, Temperatur, Trägheit bei Beschleunigung und Verzögerung, Kombination von Grenzabmaßen



## Sicherheitsprinzipien

Bewährtes Sicherheitsprinzip Mechanik	Bemerkungen
Anwendung bewährter Federn  (siehe auch Tabelle A.3)	Eine bewährte Feder erfordert: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anwendung sorgfältig ausgewählter Werkstoffe, Herstellungsverfahren (z. B. vor Anwendung vorgenommene statisches und dynamisches Setzen) und Behandlungsverfahren (z. B. Walzen und Kugelstrahlen);</li> <li>• ausreichende Führung der Feder; und</li> <li>• ausreichender Sicherheitsfaktor bei Dauerbeanspruchung (d. h. mit hoher Wahrscheinlichkeit tritt kein Bruch auf).</li> <li>• Bewährte Schraubendruckfedern dürfen auch gestaltet werden durch:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anwendung sorgfältig ausgewählter Werkstoffe, Herstellungsverfahren (z. B. vor Anwendung vorgenommene statisches und dynamisches Setzen) und Behandlungsverfahren (z. B. Walzen und Kugelstrahlen);</li> <li>• ausreichende Führung der Feder; und</li> <li>• einen Abstand zwischen den Windungen bei unbelasteter Feder, der kleiner als der Draht-durchmesser ist; und</li> <li>• eine ausreichende Kraft nach einem Bruch oder nach mehreren Brüchen wird aufrechterhalten (d. h. Bruch/Brüche führen nicht zu einem gefährlichen Zustand).</li> </ul> </li> </ul> <p><b>ANMERKUNG Druckfedern werden bevorzugt.</b></p>
reduzierter Bereich der Kraft und ähnlicher Parameter	Festlegen der notwendigen Begrenzung in Abhängigkeit von Erfahrungen und der jeweiligen Anwendung. Beispiele sind Scherstift, Scherplatte und Drehmomentbegrenzungs-kupplung <p><b>WICHTIG — Dieses Prinzip darf nicht angewendet werden, wenn die kontinuierliche Unversehrtheit der Bauteile unerlässlich dafür ist, die erforderliche Steuerungsebene beizubehalten.</b></p>
reduzierter Bereich der Geschwindigkeit und ähnlicher Parameter	Festlegen der notwendigen Begrenzung in Abhängigkeit von Erfahrungen und der jeweiligen Anwendung. Beispiele sind Fliehkraftregler, sichere Überwachung der Geschwindigkeit und Wegbegrenzung.
reduzierter Bereich der Umgebungsparameter	Festlegen der notwendigen Begrenzungen. Beispiele sind Temperatur, Luftfeuchte, Verunreinigung beim Einbau. Siehe Abschnitt 10 und Anwendungshinweise der Hersteller beachten

## Sicherheitsprinzipien

### 5.4.3 Grundlegende – Pneumatik (EN ISO 13849-2 Tabelle B.1)

Grundlegendes Sicherheitsprinzip Pneumatik	Bemerkungen
Anwendung geeigneter Werkstoffe und Herstellungsverfahren	Auswahl der Werkstoffe, der Herstellungs- und Behandlungsverfahren unter Berücksichtigung von z. B. Spannungen, Haltbarkeit, Elastizität, Reibung, Verschleiß, Korrosion, Temperatur
Richtige Dimensionierung und Formgebung	Berücksichtigen z. B. von Spannung, Dehnung, Ermüdung, Oberflächenrauheit, Grenzabmaßen und Herstellungsverfahren
Geeignete Auswahl, Kombination, Anordnung, Zusammenbau und Einbau der Bauteile/des Systems	Berücksichtigen von Anwendungshinweisen des Herstellers, z. B. Katalogblätter, Einbauanweisungen, Festlegungen, sowie Anwendung bewährter technischer Erfahrungen mit ähnlichen Bauteilen/Systemen.
Anwendung des Prinzips der Energietrennung	<p>Der sichere Zustand wird durch Freischalten von Energie an allen relevanten Einrichtungen erreicht. Siehe maßgeblicher Vorgang zum Stillsetzen in ISO 12100:2010, 6.2.11.3.</p> <p>Zum Ingangsetzen der Bewegung eines Mechanismus wird Energie zugeführt. Siehe maßgeblicher Vorgang zur Ingangsetzung in ISO 12100:2010, 6.2.11.3.</p> <p>Berücksichtigen von unterschiedlichen Betriebsarten, z. B. Betriebsmodus, Instandhaltungsmodus.</p> <p>Dieses Prinzip darf nicht angewendet werden, wenn durch einen Verlust von pneumatischem Druck eine zusätzliche Gefährdung entstehen würde.</p>
Geeignete Befestigung	<p>Bei der Anwendung von z. B. Schraubensicherungen, Armaturen, Klebungen, Spannringen, Anwendungshinweise des Herstellers beachten.</p> <p>Überbeanspruchung kann durch Anwendung eines geeigneten Drehmomenten-Begrenzungs-Verfahrens vermieden werden.</p>
Druckbegrenzung	Beispiele sind Druckbegrenzungsventile, Druckminder-/Druckregelventile
Begrenzung/Verringerung der Geschwindigkeit	Ein Beispiel ist die Geschwindigkeitsbegrenzung eines Kolbens durch ein Stromventil oder eine Drossel.
ausreichende Maßnahmen zur Vermeidung von Verunreinigung des Fluids	Berücksichtigen von Filtration und Abtrennung von Feststoffen und Wasser im Fluid.
geeigneter Schaltzeitbereich	Berücksichtigen von z. B. der Länge der Rohrleitung, Druck, Entlüftungskapazität, Kraft, Verringerung der Federkraft, Reibung, Schmierung, Temperatur, Trägheit bei Beschleunigung und Verzögerung und Zusammenwirken von Grenzabmaßen.

## Sicherheitsprinzipien

<b>Grundlegendes Sicherheitsprinzip Pneumatik</b>	<b>Bemerkungen</b>
Beständigkeit gegen Umgebungsbedingungen	Gestalten der Einrichtung, dass sie in allen für den Einsatz zu erwartenden Umgebungen und bei allen vorhersehbaren ungünstigen Bedingungen, z. B. für Temperatur, Feuchte, Schwingungen, Verunreinigungen, arbeiten kann. Siehe Abschnitt 10 und Spezifikationen/Anwendungshinweise des Herstellers beachten.
Schutz gegen unerwarteten Anlauf	Berücksichtigen von unerwartetem Anlauf, verursacht durch gespeicherte Energie und nach Wiederherstellung der Energieversorgung, für unterschiedliche Betriebsarten, z. B. Betriebsmodus, Instandhaltungsmodus.  Eine besondere Einrichtung zum Ablassen der gespeicherten Energie kann erforderlich sein (siehe ISO 14118, 5.3.1.3).  Spezielle Anwendungen (z. B. Beibehaltung der Energie für Spanneinrichtungen oder Sicherung einer Stellung) benötigen eine getrennte Betrachtungsweise.
Vereinfachung	Vermeiden von unnötigen Bauteilen im sicherheitsbezogenen System
geeigneter Temperaturbereich	Dieser ist überall im gesamten System zu berücksichtigen.
Trennung	Trennung der sicherheitsbezogenen Funktionen von anderen Funktionen (z. B. logische Trennung)

### 5.4.4 Bewährte– Pneumatik (EN ISO 13849-2 Tabelle B.2)

Bewährtes Sicherheitsprinzip Pneumatik	Bemerkungen
Überdimensionierung/Sicherheitsfaktor	Der Sicherheitsfaktor ist in Normen angegeben oder beruht auf Erfahrungen mit sicherheitsbezogenen Anwendungen.
gesicherte Position	Das bewegliche Element des Bauteils wird mechanisch in einer der möglichen Positionen gehalten (Reibung allein ist nicht ausreichend). Um die Position zu verändern, ist das Aufbringen von Kraft notwendig.
erhöhte AUS-Kraft	Eine Lösung kann sein, dass das Flächenverhältnis für die Bewegung eines Ventilschiebers in die sichere Position (AUS-Stellung) gegenüber dem Flächenverhältnis für die Bewegung des Ventilschiebers in die EIN-Stellung wesentlich größer ist (ein Sicherheitsfaktor).
durch den Lastdruck schließendes Ventil	Dies sind im Allgemeinen Sitzventile, z. B. Kegelsitzventile, Kugelventile.  Berücksichtigen, wie der Lastdruck aufzubringen ist, um das Ventil auch dann geschlossen zu halten, wenn z. B. die Schließfeder des Ventils bricht.
mechanisch zwangsläufige Wirkung	Die mechanisch zwangsläufige Wirkung wird für die beweglichen Teile innerhalb der pneumatischen Bauteile angewendet. Siehe auch Tabelle A.2.
Vervielfachung von Teilen	Siehe Tabelle A.2.
Anwendung bewährter Federn	Siehe Tabelle A.2.
Begrenzung/Verringerung der Geschwindigkeit durch einen Widerstand zum Erreichen eines festgelegten Volumenstroms	Beispiele sind Festblende und Festdrossel.
Begrenzung/Verringerung der Kraft	Dies kann erreicht werden durch ein bewährtes Druckbegrenzungsventil, das z. B. mit einer bewährten Feder ausgestattet und korrekt bemessen und ausgewählt ist.
geeigneter Bereich für die Betriebsbedingungen	Die Eingrenzung der Betriebsbedingungen, z. B. Druck-, Volumenstrom- und Temperaturbereich, sollte berücksichtigt werden.
geeignetes Vermeiden einer Verunreinigung des Fluids	Berücksichtigen der Notwendigkeit von hoch wirksamer Filtration und Abscheidung von Feststoffen und Wasser im Fluid.
ausreichend große positive Überdeckung in Schieberventilen	Die positive Überdeckung sichert die Stopp-Funktion und verhindert unzulässige Bewegungen.
Hysteresebegrenzung	Die Hysterese erhöht sich z. B. durch stärkere Reibung. und durch das Zusammenwirken von Grenzabmaßen.

## Sicherheitsprinzipien

### 5.4.5 Grundlegende – Hydraulik (EN ISO 13849-2 Tabelle C.1)

Grundlegendes Sicherheitsprinzip Hydraulik	Bemerkungen
Anwendung geeigneter Werkstoffe und Herstellungsverfahren	Auswahl der Werkstoffe, der Herstellungs- und Behandlungsverfahren unter Berücksichtigung von z. B. Spannungen, Haltbarkeit, Elastizität, Reibung, Verschleiß, Korrosion, Temperatur, Hydraulikflüssigkeit.
richtige Dimensionierung und Formgebung	Berücksichtigen z. B. von Spannung, Dehnung, Ermüdung, Oberflächenrauheit, Grenzabmaßen, Herstellungsverfahren.
geeignete(r) Auswahl, Kombination, Anordnungen, Zusammenbau und Einbau der Bauteile/des Systems	Anwendung der Anwendungshinweise des Herstellers, z. B. Katalogblätter, Einbauanweisungen, Festlegungen, sowie Anwendung bewährter technischer Erfahrungen mit ähnlichen Bauteilen/Systemen.
Anwendung des Prinzips der Energietrennung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der sichere Zustand wird durch Energiefreischnalten an allen relevanten Einrichtungen erreicht. Siehe maßgeblicher Vorgang zum Stillsetzen in ISO 12100:2010, 6.2.11.3.</li> <li>• Zum Ingangsetzen der Bewegung eines Mechanismus wird Energie zugeführt. Siehe maßgeblicher Vorgang zur Inangangsetzung in ISO 12100:2010, 6.2.11.3.</li> <li>• Berücksichtigen von unterschiedlichen Betriebsarten, z. B. Betriebsmodus, Instandhaltungsmodus.</li> <li>• Dieses Prinzip darf bei einigen Anwendungen nicht angewendet werden, z. B. wenn durch einen Verlust von hydraulischem Druck eine zusätzliche Gefährdung entsteht.</li> </ul>
geeignete Befestigung	<p>Bei der Anwendung z. B. von Schraubensicherungen, Armaturen, Klebungen, Spannringen, Anwendungshinweise des Herstellers beachten.</p> <p>Überbeanspruchung kann durch Anwendung eines geeigneten Drehmomenten-Begrenzungs-Verfahrens vermieden werden.</p>
Druckbegrenzung	Beispiele sind Druckbegrenzungsventile, Druckminder-/Druckregelventile.
Begrenzung/Verringerung der Geschwindigkeit	Ein Beispiel ist die Geschwindigkeitsbegrenzung eines Kolbens durch ein Stromventil oder eine Drossel.
ausreichende Maßnahmen zur Vermeidung von Verunreinigung des Fluids	<p>Berücksichtigen von Filtration/Abtrennung von Feststoffen/Wasser im Fluid.</p> <p>Eine Anzeige, die auf die Notwendigkeit des Filterwechsels aufmerksam macht, ist ebenfalls in Betracht zu ziehen.</p>
geeigneter Schaltzeitbereich	Berücksichtigung von z. B. der Länge der Rohrleitungen, Druck, Entleerungskapazität, Verringerung der Federkraft, Reibung, Schmierung, Temperatur/Viskosität, Trägheit bei Beschleunigung und Verzögerung, Zusammenwirken von Grenzabmaßen.

## Sicherheitsprinzipien

### 5.4.6 Bewährte – Hydraulik (EN ISO 13849-2 Tabelle C.2)

Bewährtes Sicherheitsprinzip Hydraulik	Bemerkungen
Überdimensionierung/ Sicherheitsfaktor	Der Sicherheitsfaktor ist in Normen angegeben oder geht auf Erfahrungen mit sicherheitsbezogenen Anwendungen zurück.
gesicherte Position	Das bewegliche Element des Bauteils wird mechanisch in einer der möglichen Positionen gehalten (Reibung allein ist nicht ausreichend). Um die Position zu verändern, ist das Aufbringen von Kraft notwendig.
erhöhte AUS-Kraft	Eine Lösung kann sein, dass das Flächenverhältnis für die Bewegung eines Ventilschiebers in die sichere Position (AUS-Stellung) gegenüber dem Flächenverhältnis für die Bewegung des Ventilschiebers in die EIN-Stellung wesentlich größer ist (ein Sicherheitsfaktor).
durch den Lastdruck schließendes Ventil	Beispiele sind Ventile in Sitz- und Patronen-Bauart.  Es ist zu berücksichtigen, wie der Lastdruck aufzubringen ist, um das Ventil auch dann geschlossen zu halten, wenn z. B. die Schließfeder des Ventils bricht.
mechanisch zwangläufige Wirkung	Die mechanisch zwangläufige Wirkung wird für die beweglichen Teile innerhalb der hydraulischen Bauteile angewendet. Siehe auch Tabelle A.2.
Vervielfachung von Teilen	Siehe Tabelle A.2.
Anwendung bewährter Federn	Siehe Tabelle A.2.
Begrenzung/Verringerung der Geschwindigkeit durch einen Widerstand gegen einen festgelegten Volumenstrom	Beispiele sind Festblende, Festdrossel.
Begrenzung/Verringerung der Kraft	Dies kann erreicht werden durch ein bewährtes Druckbegrenzungsventil, das z. B. mit einer bewährten Feder ausgestattet und korrekt bemessen und ausgewählt ist.
geeigneter Bereich für die Betriebsbedingungen	Die Eingrenzung der Betriebsbedingungen, z. B. der Bereiche für Druck, Volumenstrom und Temperatur, sollte berücksichtigt werden.
Überwachung des Zustands des Fluids	Berücksichtigen einer hoch wirksamen Filtration/Abtrennung von Feststoffen/Wasser im Fluid. Zu berücksichtigen sind auch die chemischen/physikalischen Zustände des Fluids.  Berücksichtigen einer Anzeige, die auf die Notwendigkeit des Filterwechsels aufmerksam macht.
ausreichend große positive Überdeckung in Kolbenschieberventilen	Die positive Überdeckung sichert die Anhaltefunktion und verhindert unzulässige Bewegungen.
Hysteresebegrenzung	Die Hysterese erhöht sich z. B. durch stärkere Reibung. Ein Zusammenwirken von Grenzabmaßen beeinflusst die Hysterese ebenfalls.

### 5.4.7 Grundlegende – Elektrik (EN ISO 13849-2 Tabelle D.1)

Grundlegendes Sicherheitsprinzip Elektrik	Bemerkungen
Anwendung geeigneter Werkstoffe und Herstellungsverfahren	Auswahl des Werkstoffs, der Herstellungs- und Behandlungsverfahren unter Berücksichtigung von z. B. Spannung, Haltbarkeit, Elastizität, Reibung, Verschleiß, Korrosion, Temperatur, Leitfähigkeit, mechanischer Festigkeit der Isolierstoffe.
richtige Dimensionierung und Formgebung	Berücksichtigen z. B. von Spannung, Dehnung, Ermüdung, Oberflächenrauheit, Grenzabmaßen, Herstellungsverfahren.
Geeignete(r) Auswahl, Kombination, Anordnungen, Zusammenbau und Einbau der Bauteile/des Systems	Berücksichtigen von Anwendungshinweisen des Herstellers, z. B. Katalogblätter, Einbauanweisungen, Festlegungen, sowie Anwendung bewährter technischer Erfahrungen.
richtige Schutzleiterverbindung	Eine Seite des Steuerstromkreises, eine Klemme jedes elektromagnetisch betätigten Geräts oder eine Klemme anderer elektrischer Geräte ist mit einem Schutzleiter verbunden (siehe IEC 60204-1:2005, 9.4.3.1).
Isolationsüberwachung	Eine Einrichtung zur Isolationsüberwachung ist anzuwenden, die einen Erdschluss entweder anzeigt oder den Stromkreis nach einem Erdschluss selbsttätig unterbricht (siehe IEC 60204-1:2005, 6.3.3.)
Anwendung des Prinzips der Energietrennung	<p>Ein sicherer Zustand wird erreicht, indem alle wichtigen Einrichtungen von der Energiequelle abgetrennt werden, z. B. durch Anwendung eines üblicherweise geschlossenen Kontakts (NC) für Eingänge (Tast- und Positionsschalter) und eines üblicherweise geöffneten Kontakts (NO) für Relais (siehe auch ISO 12100:2010, 6.2.11.3).</p> <p>In einigen Fällen können Ausnahmen möglich sein, z. B. dann, wenn der Ausfall der Versorgung mit Elektroenergie eine zusätzliche Gefährdung darstellt. Zeitverzögernde Funktionen können erforderlich sein, um einen sicheren Zustand des Systems zu erreichen (siehe IEC 60204-1:2005, 9.2.2).</p>
Unterdrückung von Spannungsspitzen	<p>Eine Einrichtung zur Unterdrückung der Spannungsspitzen (RC-Glied, Diode, Varistor) ist parallel zur aufgebrachten Last, jedoch nicht parallel zu den Kontakten, anzuwenden.</p> <p><b>ANMERKUNG Durch eine Diode wird die Ausschaltzeit erhöht.</b></p>
Verringerung der Ansprechzeit	Minimierung der Verzögerung beim Ausschalten der zum Schalten verwendeten Bauteile.
Verträglichkeit	Anwendung von Bauteilen, die für die angewendeten Spannungen und Ströme geeignet sind.

## Sicherheitsprinzipien

<b>Grundlegendes Sicherheitsprinzip Elektrik</b>	<b>Bemerkungen</b>
sichere Befestigung der Eingabegeräte	Die Eingabegeräte sind so zu sichern, z. B. durch Verriegelungsschalter, Positionsschalter, Grenzlagen-schalter, Näherungsschalter, dass Stellung, Ausrichtung und Schalttoleranzen unter allen erwarteten Bedingungen, z. B. Vibration, üblicher Verschleiß, Eindringen von Fremdkörpern, Temperatur, eingehalten werden.  Siehe ISO 14119:1998, Abschnitt 5.
Schutz gegen unerwarteten Anlauf	Vermeiden von unerwartetem Anlauf, z. B. nach Wiederherstellung der Energieversorgung (siehe ISO 12100:2010, 6.2.11.4, ISO 14118, IEC 60204-1).
Schutz des Steuerstromkreises	Der Steuerstromkreis sollte nach IEC 60204-1:2005, 7.2 und 9.1.1, geschützt werden.
aufeinander folgendes Schalten bei Stromkreisen mit Reihenanschlüssen redundanter Signale	Zum Vermeiden des Fehlers gemeinsamer Ursache beim Verschweißen beider Kontakte findet das gleichzeitige Ein- und Ausschalten nicht statt, so dass ein Kontakt immer ohne Strom schaltet.



## Sicherheitsprinzipien

### 5.4.8 Bewährte– Elektrik (EN ISO 13849-2 Tabelle D.2)

Bewährtes Sicherheitsprinzip Elektrik	Bemerkungen
mechanisch zwangsläufig verbundene Kontakte	Anwendung mechanisch zwangsläufig verbundener Kontakte, z. B. für Überwachungsfunktion in Systemen der Kategorie 2, 3 und 4 (siehe EN 50205, IEC 60947-4-1:2001, Anhang F, IEC 60947-5-1:2003 + A1:2009, Anhang L).
Fehlervermeidung in Kabeln	Um Kurzschlüsse zwischen zwei benachbarten Leitungen zu vermeiden, entweder <ul style="list-style-type: none"> <li>• an jeder einzelnen Leitung Kabel verwenden, deren Abschirmung mit dem Schutzleitersystem verbunden ist, oder</li> <li>• in Flachkabeln, Anwendung eines Schutzleiters zwischen allen Signalleitungen.</li> </ul>
Abstände zwischen elektrischen Leitern	Anwenden eines ausreichenden Abstands zwischen Anschlussklemmen, Bauteilen und Leitungen, so dass unbeabsichtigte Verbindungen vermieden werden.
Energiebegrenzung	Zur Zuführung einer begrenzten Energiemenge ist ein Kondensator anzuwenden, z. B. bei Anwendung einer Zeittaktsteuerung.
Begrenzung elektrischer Parameter	Begrenzung von Spannung, Strom, Energie oder Frequenz, um die Bewegung einzuschränken, z. B. durch Drehmomentbegrenzung, versetztes/zeitlich begrenztes Laufenlassen und verringerte Geschwindigkeit, zum Vermeiden eines unsicheren Zustands
Vermeidung undefinierter Zustände	Undefinierte Zustände im Steuersystem sind zu vermeiden. Das Steuersystem ist konstruktiv so zu gestalten, dass während des üblichen Betriebs und unter allen erwarteten Betriebsbedingungen der Zustand des Steuersystems, z. B. Ausgang/Ausgänge, vorherbestimmt werden kann.
Zwangsläufiger Betätigungsmodus	Eine direkte Betätigung wird durch Formschluss (nicht durch Kraftschluss) ohne elastische Elemente übertragen, d. h. keine Anwendung von Federn zwischen Stellglied und Kontakten (siehe ISO 14119:1998, 5.1, ISO 12100:2010, 6.2.5).
Zustandsausrichtung bei Ausfällen	Nach Möglichkeit sollten alle Einrichtungen/Schaltungen bei Ausfall in einen sicheren Zustand übergehen oder zu sicheren Bedingungen.
gerichteter Ausfall	Wenn durchführbar, sollten Bauteile oder Systeme angewendet werden, bei denen die Ausfallart im Voraus bekannt ist (siehe ISO 12100:2010, 6.2.12.3).

## Sicherheitsprinzipien

Bewährtes Sicherheitsprinzip Elektrik	Bemerkungen
Überdimensionierung	<p>Bauteile, die in Schutzschaltkreisen angewendet werden, müssen unterlastet werden, z. B. durch</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• den Strom, der durch die Schaltkontakte geleitet wird, und der weniger als die Hälfte des Strom-Nennwertes betragen sollte,</li><li>• die Schaltfrequenz der Bauteile, die weniger als die Hälfte des Schaltfrequenz-Nennwertes betragen sollte, und</li><li>• die Gesamtanzahl der erwarteten Schaltungen, die höchstens 10 % der Anzahl der Schaltungen, für die diese elektrische Einrichtung ausgelegt ist, betragen sollte.</li></ul> <p>ANMERKUNG Unterbelastung kann von der sinnvollen Gestaltung abhängen.</p>
Verringerung von Fehlermöglichkeiten	Trennung sicherheitsbezogener von anderen Funktionen
Gleichgewicht zwischen Komplexität/ Vereinfachung	<p>Ein Ausgleich sollte hergestellt werden zwischen:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• der Komplexität der Einrichtungen, um eine bessere Steuerung zu erreichen und</li><li>• der Vereinfachung der Einrichtungen, um ihre Zuverlässigkeit zu verbessern</li></ul>

## 5.5 Gefährdungen (EN ISO 12100 Tabelle B.1)

Art oder Gruppe	Ursprung	Mögliche Folgen	Kapitel ISO 12100
<b>Mechanische Gefährdungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschleunigung, Abbremsung</li> <li>• spitze Teile</li> <li>• Annäherung eines sich bewegenden Teils an ein feststehendes Teil</li> <li>• schneidende Teile</li> <li>• elastische Elemente</li> <li>• herabfallende Gegenstände</li> <li>• Schwerkraft</li> <li>• Höhe gegenüber dem Boden</li> <li>• Hochdruck</li> <li>• fehlende Standfestigkeit/-sicherheit</li> <li>• kinetische Energie</li> <li>• Beweglichkeit der Maschine</li> <li>• sich bewegende Teile</li> <li>• rotierende Teile</li> <li>• raue, rutschige Oberfläche</li> <li>• scharfe Kanten</li> <li>• gespeicherte Energie</li> <li>• Vakuum</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überfahren werden</li> <li>• Weggeschleudert werden</li> <li>• Quetschen</li> <li>• Schneiden oder Abschneiden</li> <li>• Einziehen oder Fangen</li> <li>• Erfassen</li> <li>• Reiben oder Abschürfen</li> <li>• Stoß</li> <li>• Eindringen von unter Druck stehenden Medien</li> <li>• Scheren</li> <li>• Ausrutschen, Stolpern und Stürzen</li> <li>• Durchstich oder Einstich</li> <li>• Ersticken</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>6.2.2.1</li> <li>6.2.2.2</li> <li>6.2.3 a)</li> <li>6.2.3 b)</li> <li>6.2.6</li> <li>6.2.10</li> <li>6.3.1</li> <li>6.3.2</li> <li>6.3.3</li> <li>6.3.5.2</li> <li>6.3.5.4</li> <li>6.3.5.5</li> <li>6.3.5.6</li> <li>6.4.1</li> <li>6.4.3</li> <li>6.4.4</li> <li>6.4.5</li> </ul>
<b>Elektrische Gefährdungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lichtbogen</li> <li>• elektromagnetische Vorgänge</li> <li>• elektrostatische Vorgänge</li> <li>• spannungsführende Teile</li> <li>• unzureichender Abstand zu unter Hochspannung stehenden Teilen</li> <li>• Überlast</li> <li>• Teile, die im Fehlerzustand spannungsführend geworden sind</li> <li>• Kurzschluss</li> <li>• Wärmestrahlung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbrennung</li> <li>• chemische Reaktionen</li> <li>• Auswirkungen auf medizinische Implantate</li> <li>• tödlicher Stromschlag</li> <li>• Stürzen, Weggeschleudert werden</li> <li>• Feuer</li> <li>• Herausschleudern von geschmolzenen Teilen</li> <li>• (elektrischer) Schlag</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>6.2.9</li> <li>6.3.2</li> <li>6.3.3.2</li> <li>6.3.5.4</li> <li>6.4.4</li> <li>6.4.5</li> </ul>
<b>Thermische Gefährdungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explosion</li> <li>• Flamme</li> <li>• Objekte oder Materialien hoher oder niedriger Temperatur</li> <li>• Strahlung von Wärmequellen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbrennung</li> <li>• Dehydrierung</li> <li>• Unbehagen</li> <li>• Erfrierung</li> <li>• Verletzungen durch Strahlung von Wärmequellen</li> <li>• Verbrühung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>6.2.4 b)</li> <li>6.2.8 c)</li> <li>6.3.2.7</li> <li>6.3.3.2.1</li> <li>6.3.4.5</li> </ul>

# Tabellen & Formeln

Gefährdungen (EN ISO 12100 Tabelle B.1)

Art oder Gruppe	Ursprung	Mögliche Folgen	Kapitel ISO 12100
<b>Gefährdungen durch Lärm</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kavitationsvorgänge</li> <li>• Abluftsystem</li> <li>• mit hoher Geschwindigkeit austretendes Gas</li> <li>• Herstellungsprozess (Stanzen, Schneiden usw.)</li> <li>• bewegliche Teile</li> <li>• reibende Flächen</li> <li>• mit Unwucht rotierende Teile</li> <li>• pfeifende Pneumatik-Einrichtungen</li> <li>• verschlissene Teile</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unbehagen</li> <li>• Bewusstseinsverlust</li> <li>• Gleichgewichtsstörung</li> <li>• bleibender Hörverlust</li> <li>• Stress</li> <li>• Tinnitus (Ohrensausen)</li> <li>• Ermüdung</li> <li>• alle weiteren (z.B. mechanischen, elektrischen) Probleme als Folge einer Störung der Sprachkommunikation oder einer Störung akustischer Signale</li> </ul>	<p>6.2.2.2 6.2.3 c) 6.2.4 c) 6.2.8 c) 6.3.1 6.3.2.1 b) 6.3.2.5.1 6.3.3.2.1 6.3.4.2 6.4.3 6.4.5.1 b) und c)</p>
<b>Gefährdungen durch Vibration</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kavitationsvorgänge</li> <li>• Fehlausrichtung sich bewegender Teile</li> <li>• bewegliche Ausrüstung</li> <li>• reibende Flächen</li> <li>• mit Unwucht rotierende Teile</li> <li>• schwingende Ausrüstung</li> <li>• verschlissene Teile</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unbehagen</li> <li>• Erkrankungen der unteren Wirbelsäule</li> <li>• neurologische Erkrankung</li> <li>• Knochengelenkschaden</li> <li>• Wirbelsäulenverletzung</li> <li>• Gefäßerkrankung</li> </ul>	<p>6.2.2.2 6.2.3 c) 6.2.8 c) 6.3.3.2.1 6.3.4.3 6.4.5.1 c)</p>
<b>Gefährdungen durch Strahlung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ionisierende Strahlungsquelle</li> <li>• niederfrequente elektromagnetische Strahlung</li> <li>• optische Strahlung (infrarot, sichtbar und ultraviolett) einschließlich Laserstrahlen</li> <li>• hochfrequente elektromagnetische Strahlung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbrennung</li> <li>• Augen- und Hautschädigung</li> <li>• Auswirkungen auf die Fortpflanzungsfähigkeit</li> <li>• Mutation</li> <li>• Kopfschmerzen, Schlaflosigkeit usw.</li> </ul>	<p>6.2.2.2 6.2.3 c) 6.3.3.2.1 6.3.4.5 6.4.5.1 c)</p>
<b>Gefährdungen durch Materialien und Substanzen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aerosol</li> <li>• biologische und mikrobiologische (virale oder bakterielle) Substanz</li> <li>• Brennstoff</li> <li>• Staub</li> <li>• Explosivstoff</li> <li>• Fasern</li> <li>• feuergefährliches Material</li> <li>• Flüssigkeit</li> <li>• Dämpfe</li> <li>• Gas</li> <li>• Nebel</li> <li>• Oxidationsmittel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atembeschwerden, Ersticken</li> <li>• Krebs</li> <li>• Korrosion</li> <li>• Auswirkungen auf die Fortpflanzungsfähigkeit</li> <li>• Explosion</li> <li>• Feuer</li> <li>• Infektion</li> <li>• Veränderung des Erbguts</li> <li>• Vergiftung</li> <li>• Sensibilisierung</li> </ul>	<p>6.2.2.2 6.2.3 b) 6.2.3 c) 6.2.4 a) 6.2.4 b) 6.3.1 6.3.3.2.1 6.3.4.4 6.4.5.1 c) 6.4.5.1 g)</p>

# Tabellen & Formeln

## Gefährdungen (EN ISO 12100 Tabelle B.1)

Art oder Gruppe	Ursprung	Mögliche Folgen	Kapitel ISO 12100
<b>Ergonomische Gefährdungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zugang</li> <li>• Gestaltung oder Anordnung von Anzeigen und optischen Displays</li> <li>• Gestaltung, Anordnung oder Erkennung von Steuerungseinrichtungen</li> <li>• Anstrengung</li> <li>• Flackern, Blenden, Schattenbildung und stroboskopische Effekte</li> <li>• örtliche Beleuchtung</li> <li>• psychische Überbelastung/ Unterforderung</li> <li>• Körperhaltung</li> <li>• sich wiederholende Tätigkeiten</li> <li>• Sichtbarkeit.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unbehagen</li> <li>• Ermüdung</li> <li>• Störungen des Bewegungsapparates</li> <li>• Stress</li> <li>• alle weiteren (z.B. mechanischen, elektrischen) Probleme als Folge menschlichen Fehlverhaltens.</li> </ul>	<p>6.2.2.1 6.2.7 6.2.8 6.2.11.8 6.3.2.1 6.3.3.2.1</p>
<b>Gefährdungen im Zusammenhang mit der Einsatzumgebung der Maschine</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Staub und Nebel</li> <li>• elektromagnetische Störungen</li> <li>• Blitzschlag</li> <li>• Feuchtigkeit</li> <li>• Verunreinigungen</li> <li>• Schnee</li> <li>• Temperatur</li> <li>• Wasser</li> <li>• Wind</li> <li>• Sauerstoffmangel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbrennung</li> <li>• leichte Erkrankungen</li> <li>• Ausrutschen, Stürzen</li> <li>• Ersticken</li> <li>• alle weiteren Probleme, die als Folge der Auswirkungen der Gefährdungsquellen an der Maschine oder an Teilen der Maschine auftreten.</li> </ul>	<p>6.2.6 6.2.11.11 6.3.2.1 6.4.5.1 b)</p>
<b>Kombination von Gefährdungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• z.B. sich wiederholende Tätigkeit + Anstrengung + hohe Umgebungstemperatur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• z.B. Dehydrierung, Bewusstseinsverlust, Hitzeschock</li> </ul>	—

## Schutzeinrichtungen

### 5.6 Schutzeinrichtungen

#### 5.6.1 Kräfte

Für die Konzeption von Schutzeinrichtungen ist die Frage nach den möglichen Kräften relevant. Die EN ISO 14119 gibt hierzu in Tabelle I.1 gute Anhaltspunkte.

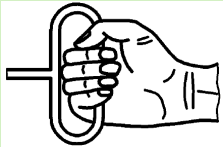
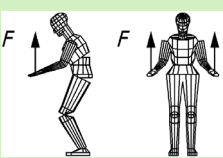
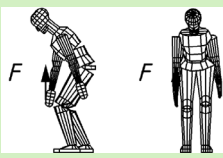
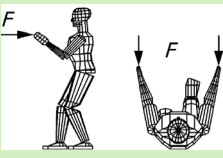
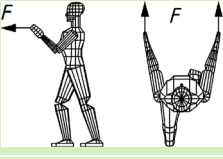
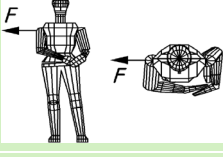

Kraftrichtung	Körperhaltung	Kraftausübungsart	Wert der Kraft [N]	
	horizontales Ziehen (Zerren)	Sitzen	einhandig	600
	senkrecht nach oben	Stehen, Rumpf und Beine gebeugt, Füße nebeneinander	beidhändig, horizontale Griffe	1400
	senkrecht nach oben	Stehen, frei	einhandig, horizontale Griffe	1200
	horizontal, parallel zur Symmetrieebene des Körpers nach hinten, ziehen	aufrecht Stehen, Füße nebeneinander oder Schrittstellung	beidhändig, vertikale Griffe	1100
	horizontal, parallel zur Körpersymmetrieebene nach vorn, drücken	Stehen, Füße nebeneinander oder Schrittstellung	beidhändig, vertikale Griffe	1300
	horizontal, weg von der Körpersymmetrieebene	Stehen, Rumpf seitwärts gebeugt	Schulter an seitliche Metallplatte gedrückt	1300
	horizontal normal zur Körpersymmetrieebene	Stehen, Füße nebeneinander	einhandig, vertikaler Griff	700

Tabelle 3: EN ISO 14119 - Tabelle I.1

## Schutzeinrichtungen

### 5.6.2 Sicherheitsabstände

Die Ermittlung des Sicherheitsabstands einer Schutzeinrichtung geschieht anhand der DIN EN ISO 13857 und hängt von folgenden Parametern ab:

- Annäherungsrichtung
- Höhe des Gefährdungsbereichs
- betroffenen Gliedmaßen
- Anwesenheit von Kindern
- Höhe des Schutzfeldes
- Auflösung der optischen Schutzeinrichtung
- Stopp-Zeit der Sicherheitsfunktion

### 5.6.3 Zugangsschutz und Unterkriechschutz

In den Normen werden unterschiedliche Werte für die zulässigen Öffnungsmaße genannt.

Norm	Zugang / Absicherung	Maß [mm]	Verhindert Zugang
EN ISO 13857	Schlitzförmige Öffnungen	180	Erwachsener <sup>1</sup>
	Quadratische oder kreisförmige Öffnungen	240	Erwachsener <sup>1</sup>
EN ISO 11161	Abstand zwischen trennender Schutzeinrichtung und Boden	200	Erwachsener <sup>1</sup>
EN ISO 13855	Senkrechtes Schutzfeld (Lichtvorhang/-gitter) mit unterem Strahl	300	Erwachsener <sup>1</sup>
	Senkrechtes Schutzfeld (Lichtvorhang/-gitter) mit unterem Strahl	200	Kinder oder Besuchergruppen
<sup>1</sup> als erwachsen werden Personen von 14 Jahren und älter angesehen.			

## Aktorik

### 5.7 Aktorik

#### 5.7.1 Sichere Antriebsfunktionen

Sichere Antriebsfunktionen sind heute für viele Frequenzumrichter verfügbar. Die einfacheren Funktionen, wie STO, SS1 und teilweise auch SLS lassen sich teilweise auch mit externen Lösungen realisieren. Siehe hierzu die Beispiele im Kapitel 3. Die Spalte Beispiele für Anwendungen ist als Anregung für den Einsatz der Sicherheitsfunktionen gedacht, von denen viele noch vor 5 Jahre praktisch nicht realisierbar waren.

Abkürzung	EN	DE	Funktion	Beispiele für Anwendungen
<b>STO</b>	Safe torque off	Sicher abgeschaltetes Moment	Motor erhält keine Energie, die eine Drehbewegung erzeugen kann; Stopp-Kategorie 0 nach EN 60204-1	Verhinderung des unerwarteten Anlaufs von gefahrbringenden Bewegungen beim Einrichten, Rüsten und bei der Störungsbeseitigung.
<b>SS1</b>	Safe stop 1	Sicherer Stopp 1	Motor verzögert; Überwachung Bremsrampe und STO nach Stillstand oder STO nach Ablauf einer Verzögerungszeit; Stopp-Kategorie 1 nach EN 60204-1	Beim Auslösen einer Schutzeinrichtung schnellstmöglich stillsetzen. Z.B. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Öffnen einer Schutztüre,</li> <li>• Auftreten von Unwuchten im System.</li> </ul>
<b>SS2</b>	Safe stop 2	Sicherer Stopp 2	Motor verzögert; Überwachung Bremsrampe und SOS nach Stillstand oder SOS nach Ablauf einer Verzögerungszeit; Stopp-Kategorie 2 nach EN 60204-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Messen am Werkstück unter Positionsbeibehaltung,</li> <li>• Last an Vertikalachse halten.</li> </ul>
<b>SOS</b>	Safe operating stop	Sicherer Betriebshalt	Motor steht still und widersteht externen Kräften.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einrichtbetrieb an Bearbeitungszentren,</li> <li>• Manuelles Messen während der Bearbeitung.</li> </ul>
<b>SLA</b>	Safely-limited acceleration	Sicher begrenzte Beschleunigung	Das Überschreiten eines Beschleunigungsgrenzwerts wird verhindert.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beim Transport offener Flüssigkeitsbehälter,</li> <li>• Beschränken der mechanischen Trägheitskräfte auf Werkstück oder Halterung.</li> </ul>
<b>SAR</b>	Safe acceleration range	Sicherer Beschleunigungsbereich	Die Beschleunigung des Motors wird innerhalb spezifizierter Grenzwerte gehalten.	Siehe SLA



# Tabellen & Formeln

Aktorik



Abkürzung	EN	DE	Funktion	Beispiele für Anwendungen
<b>SLS</b>	Safely-limited speed	Sicher begrenzte Geschwindigkeit	Das Überschreiten eines Geschwindigkeitsgrenzwerts wird verhindert.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Einrichtbetrieb an Bearbeitungszentren.</li> <li>Einfädeln von Material an Kalandermalzen.</li> </ul>
<b>SSR</b>	Safe speed range	Sicherer Geschwindigkeitsbereich	Die Geschwindigkeit des Motors wird innerhalb spezifizierter Grenzwerte gehalten.	Siehe SLS und SSM
<b>SLT</b>	Safely-limited torque	Sicher begrenztes Moment	Das Überschreiten eines Drehmoment-/Kraftgrenzwerts wird verhindert.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kraftbegrenzung an Schließkanten von kraftbetätigten Türen und Toren,</li> <li>Verhinderung des Einzugs von Bedienpersonal an Wickelmaschinen.</li> </ul>
<b>STR</b>	Safe torque range	Sicherer Momentenbereich	Das Drehmoment des Motors wird innerhalb spezifizierter Grenzwerte gehalten.	Siehe SLT
<b>SLP</b>	Safely-limited position	Sicher begrenzte Position	Das Überschreiten eines Positionsgrenzwerts wird verhindert.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bereichsaufteilung an einer Maschine in Fertigungs- und Beschickungsbereich,</li> <li>Begrenzung eines Verfahrbereichs,</li> <li>Ersatz von elektromechanischen Endschaltern,</li> <li>Begrenzung der Reichweite von Roboterarmen.</li> </ul>
<b>SLI</b>	Safely-limited increment	Sicher begrenztes Schrittmass	Der Motor wird um ein spezifiziertes Schrittmassverfahren und stoppt anschließend.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Einrichtbetrieb an Bearbeitungszentren,</li> <li>Wegbegrenztes Tippen an Druckmaschinen</li> </ul>
<b>SDI</b>	Safe direction	Sichere Bewegungsrichtung	Die nicht beabsichtigte Bewegungsrichtung des Motors wird verhindert	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verhindern, dass sich Maschinenteile auf Personal zubewegen.</li> <li>Verhindern von Einzugsstellen an Walzen.</li> </ul>

# Tabellen & Formeln

Aktorik



Abkürzung	EN	DE	Funktion	Beispiele für Anwendungen
<b>SMT</b>	Safe motor temperature	Sichere Motortemperatur	Das Überschreiten eines Motortemperaturgrenzwertes wird verhindert	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verhindern von unzulässig hohe Temperaturen im Ex-Bereich,</li> <li>• Brandschutz.</li> </ul>
<b>SBC</b>	Safe brake control	Sichere Bremsenansteuerung	Sichere Ansteuerung einer externen Bremse	Vertikalachsananwendungen
<b>SCA</b>	Safe CAM	Sichere Nocken	Während sich die Motorposition in einem spezifizierten Bereich befindet, wird ein sicheres Ausgangssignal erzeugt.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ersatz von Positionssensoren,</li> <li>• Pressenzyklus Überwachung</li> <li>• Lagebegrenzung von Roboterachsen.</li> </ul>
<b>SSM</b>	Safe speed monitor	Sichere Geschwindigkeitsüberwachung	Während die Motordrehzahl niedriger als ein spezifizierter Wert ist, wird ein sicheres Ausgangssignal erzeugt.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lüfterüberwachung</li> <li>• Gemischüberwachung von Gasen</li> <li>• Bewegungsüberwachung von Lasern</li> </ul>

### 5.7.2 Sichere Geschwindigkeiten

Derzeit gibt es keine einheitliche Bewertung wann eine Bewegung als ungefährlich angesehen wird. Folgende Normen nennen Geschwindigkeiten oder Schrittmaße und können als Anhaltspunkte dienen. Da mitunter komplexe Nebenbedingungen für die jeweiligen Fälle existieren, sollte der Normtext auf Eignung für die jeweilige Anwendung geprüft werden. In den Normtexten werden Geschwindigkeiten teils in mm/s oder m/min angegeben. Zur besseren Vergleichbarkeit wurde hier auf mm/s umgerechnet.

Norm und Maschinentyp	Kriterien						Funktion	Grenze	Erforderliche Maßnahmen				
	Allgemein	Stoß	Quetschen	Scheren	Fangen	Vektorbewegung			Bewegung / Gefährdung	Manuelle Bedienung der Richtung	Zustimmen / Tippschaltung	Zweihand	Sonstige Maßnahme
EN ISO 16090-1 - Bearbeitungszentren, Fräsmaschinen, Transfermaschinen	X								X	X		Stillstand 2 Umdrehungen nach Stop Befehl bzw. Bremsweg kleiner 4 mm	
	X				Nein				X				
	X	X							X	X			
		X							X	X			
		X					Spalt > 300 mm		X	X			
	X				Ja					X			Stillstand 5 Umdrehungen nach Stop Befehl
EN ISO 10218 - Roboter EN ISO 23125 - Werkzeugmaschinen — Drehmaschinen	X					Ja	Spannen		X	X		Maximaler Spann-Hub 4 mm	
	X								X				
	X								X	X			
	X					Nein			X	X	(X)	kleine Drehmaschinen große Drehmaschinen und Linearachsen	
													Maximaler Spann-Hub 4 mm
							Spannen						

# Tabellen & Formeln

Aktorik



Norm und Maschinentyp	Kriterien							Funktion	Grenze	Erforderliche Maßnahmen			
	Allgemein	Stoß	Quetschen	Scheren	Fangen	Vektorbewegung	Bewegung / Gefährdung			Manuelle Bedienung der Richtung	Zustimmen / Tippschaltung	Zweihand	Sonstige Maßnahme
EN 1010-1 - Druck und Papierverarbeitungsmaschinen	X							SLI	25 mm				
								SLS	17 mm/s	X			
	X						Gefährdung nicht wesentlich erhöht	SLI	75 mm	X			
		X					Transport von Rollen	SLS	83 mm/s		X		
EN ISO 11161 - Integrierte Fertigungssysteme				X					333 mm/s				
		X	X		X			SLS	33 mm/s	X			
							Pressen		250 mm/s	X			
EN ISO 13128 - Sicherheit von Werkzeugmaschinen – Fräsmaschinen								SLI	10 mm				Stillstand 2 Umdrehungen nach Stopp Befehl
	X							SLS	33 mm/s	X			
	X					Ja		SLS	83 mm/s	X	X		Stillstand 5 Umdrehungen nach Stopp Befehl
		X							250 mm/s	X	X		

## 5.8 Biometrische Grenzwerte

### 5.8.1 Drücke und Kräfte gemäß DIN ISO/TS 15066:2017

Grenzwerte für quasi-statische Drücke (Quetschen/Klemmen) bzw. transiente (Stoß) Kräfte entsprechend den Körperregionen. Kollisionsmöglichkeiten im besonders gefährdeten Kopf- und Halsbereich des Mitarbeiters ist zu vermeiden.

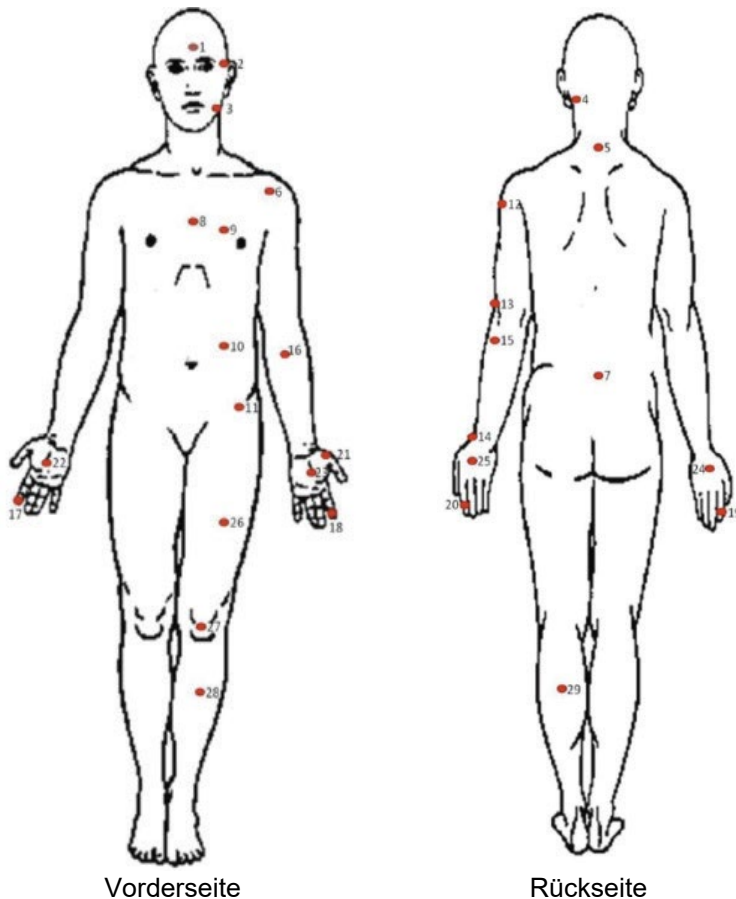


Abbildung 6: Körpermodell (DIN ISO/TS 15066:2017)

Körperregion	Spezifischer Körperbereich		Quasistatischer Kontakt		Transienter Kontakt	
			Maximal zulässiger Druck	Maximal zulässige Kraft	Faktor für den maximal zulässigen Druck	Faktor für die maximal zulässige Kraft
			$p_s$ [N/cm <sup>2</sup> ]	N	$P_T$	$F_T$
Schädel und Stirn	1	Stirnmittle	130	130	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar
	2	Schläfe	110	130	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar

Körperregion	Spezifischer Körperbereich		Quasistatischer Kontakt		Transienter Kontakt	
			Maximal zulässiger Druck	Maximal zulässige Kraft	Faktor für den maximal zulässigen Druck	Faktor für die maximal zulässige Kraft
			$p_s$ [N/cm <sup>2</sup> ]	N	$P_T$	$F_T$
<b>Gesicht</b>	3	Kaumuskel	110	65	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar
<b>Hals</b>	4	Halsmuskel	140	150	2	2
	5	Sieber Halswirbel	210	150	2	2
<b>Rücken und Schultern</b>	6	Schultergelenk	160	210	2	2
	7	Fünfter Lendenwirbel	210	210	2	2
<b>Brustkorb</b>	8	Brustbein	120	140	2	2
	9	Brustmuskel	170	140	2	2
<b>Bauch</b>	10	Bauchmuskel	140	110	2	2
<b>Becken</b>	11	Beckenknochen	210	180	2	2
<b>Oberarme und Ellenbogengelenke</b>	12	Deltamuskel	190	150	2	2
	13	Oberarmknochen	220	150	2	2
<b>Unterarme und Handgelenke</b>	14	Speiche	190	160	2	2
	15	Unterarmmuskel	180	160	2	2
	16	Armnerve	180	160	2	2
<b>Hände und Finger</b>	17	Zeigefingerkuppe D	300	140	2	2
	18	Zeigefingerkuppe ND	270	140	2	2
	19	Zeigefingergelenk D	280	140	2	2
	20	Zeigefingergelenk ND	220	140	2	2
	21	Daumenballen	200	140	2	2
	22	Handinnenflächen D	260	140	2	2

Körperregion	Spezifischer Körperbereich		Quasistatischer Kontakt		Transienter Kontakt	
			Maximal zulässiger Druck	Maximal zulässige Kraft	Faktor für den maximal zulässigen Druck	Faktor für die maximal zulässige Kraft
			$p_s$ [N/cm <sup>2</sup> ]	N	$P_T$	$F_T$
	23	Handinnenflächen ND	260	140	2	2
	24	Handrücken D	200	140	2	2
	25	Handrücken ND	190	140	2	2
<b>Oberschenkel und Knie</b>	26	Oberschenkelmuskulatur	250	220	2	2
	27	Kniescheibe	220	220	2	2
<b>Unterschenkel</b>	28	Schienbeinmitte	220	130	2	2
	29	Wadenmuskel	210	130	2	2

Abbildung 7: Biomechanische Grenzwerte (DIN ISO/TS 15066:2017)

## 6 Normen und Verweise

Im Kontext dieses Dokuments wird, soweit existent, die EN Version der Normen zitiert, falls diese nicht existiert die ISO oder IEC Version. Einen Sonderfall stellen komplett aus Normen übernommene Tabellen dar. Dort ist häufig die ISO oder IEC Ausgabe referenziert und diese auch oft in einer veralteten Version. Aus Gründen der Lesbarkeit ist jeweils der Text der entsprechenden DIN angegeben.

Die EN Version der Normen selbst ist in aller Regel nicht direkt erwerbbar, daher wird hier auf die entsprechenden DIN Varianten verwiesen. In anderen EU Ländern sind die entsprechenden nationalen Anpassungen zu verwenden. Die Spalte CE steht für Normen mit CE-Konformitäts-Relevanz.

Deutsche Norm / Referenz	Titel - Deutsch (soweit verfügbar)	CE <sup>1</sup>	Internationale Entsprechung
2006/42/EG <i>(Veröffentlicht in Dokument: 2006 L 157/24)</i>	RICHTLINIE 2006/42/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Neufassung)	X	2006/42/EC
BetrSichV (2015)	Betriebssicherheitsverordnung		<i>(Umsetzung eines Teils der 2006/42/EC)</i>
DIN EN 1010-1:2010	Sicherheit von Maschinen - Sicherheitsanforderungen an Konstruktion und Bau von Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen	X	EN 1010-1:2004+A1:2010 <i>(nicht als ISO oder IEC verfügbar)</i>
DIN EN 60204-1:2006/AC:2010	Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen	X	IEC 60204-1:2005
DIN EN 60529:2014	Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)		IEC 60529 AMD 2:2013
DIN EN 60947-4-1:2014	Niederspannungsschaltgeräte - Teil 4-1: Schütze und Motorstarter - Elektromechanische Schütze und Motorstarter		IEC 60947-4-1 AMD 1:2012
DIN EN 60947-5-1:2010	Niederspannungsschaltgeräte - Teil 5-1: Steuergeräte und Schaltelemente - Elektromechanische Steuergeräte		IEC 60947-5-1:2003 + A1:2009
DIN EN 61496-1:20140	Sicherheit von Maschinen - Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Prüfungen	X	IEC 61496-1:201208
DIN EN 61508 Teile 1-7:2011	Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme		IEC 61508 parts 1-7:2010
DIN EN 61810-2:2012	Elektromechanische Elementarrelais - Teil 2: Funktionsfähigkeit (Zuverlässigkeit)		IEC 61810-2:2011



Deutsche Norm / Referenz	Titel - Deutsch (soweit verfügbar)	CE <sup>1</sup>	Internationale Entsprechung
DIN EN 61810-3:2016 (ersetzt EN 50205)	Elektromechanische Elementarrelais - Teil 3: Relais mit (mechanisch) zwangsgeführten Kontakten		IEC 61810-3:2015
DIN EN 62061:2005 + Cor.:2010 + A1:2013 + A2:2015	Sicherheit von Maschinen - Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer, elektronischer und programmierbarer elektronischer Steuerungssysteme	X	IEC 62061 AMD 2:2015
DIN EN ISO 10218-1:2012	Industrieroboter – Sicherheitsanforderungen – Teil 1: Roboter	X	ISO 10218-1:2011
DIN EN ISO 11161:2010	Sicherheit von Maschinen - Integrierte Fertigungssysteme - Grundlegende Anforderungen	X	ISO 11161:2007 + Amd 1:2010
DIN EN ISO 12100:2011	Sicherheit von Maschinen - Allgemeine Gestaltungsleitsätze - Risikobeurteilung und Risikominderung	X	ISO 12100:2010
DIN EN ISO 13849-1:2016	Sicherheit von Maschinen - Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen - Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze	X	ISO 13849-1:2015
DIN EN ISO 13849-2:2013	Sicherheit von Maschinen - Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen - Teil 2: Validierung	X	ISO 13849-2:2012
DIN EN ISO 13850:2015	Sicherheit von Maschinen - Not-Halt-Funktion - Gestaltungsleitsätze	X	ISO 13850:2015
DIN EN ISO 13855:2010	Sicherheit von Maschinen - Anordnung von Schutzeinrichtungen im Hinblick auf Annäherungsgeschwindigkeiten von Körperteilen	X	ISO 13855:2008/2010
DIN EN ISO 13857:2008	Sicherheit von Maschinen - Sicherheitsabstände gegen das Erreichen von Gefährdungsbereichen mit den oberen und unteren Gliedmaßen	X	ISO 13857:2008
DIN EN ISO 14118:2016	Sicherheit von Maschinen - Vermeidung von unerwartetem Anlauf		ISO/DIS 14118:2016
DIN EN ISO 14119:2014-03	Sicherheit von Maschinen – Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen – Leitsätze für Gestaltung und Auswahl	X	ISO 14119:2013

Deutsche Norm / Referenz	Titel - Deutsch (soweit verfügbar)	CE <sup>1</sup>	Internationale Entsprechung
DIN EN ISO 16090-1:2016 Entwurf	Werkzeugmaschinen Sicherheit – Bearbeitungszentren, Fräsmaschinen, Transfermaschinen – Teil 1: Sicherheitsanforderungen		ISO/DIS 16090-1.2:2015
DIN EN ISO 23125:2015	Werkzeugmaschinen – Sicherheit – Drehmaschinen	X	ISO 23125:2015
DIN EN ISOEN 13128:2009	Sicherheit von Werkzeugmaschinen – Fräsmaschinen (einschließlich Bohr-Fräsmaschinen)	X	EN 13128:2001 +A2:2009 <i>(nicht als ISO oder IEC verfügbar)</i>
DIN ISO/TS 15066:2017	Roboter und Robotikgeräte - Kollaborierende Roboter		ISO/TS 15066:2016 <i>(keine EN Entsprechung)</i>
ISO/TR 24119: 2015 <i>(Keine deutsche Entsprechung)</i>	Safety of machinery - Evaluation of fault masking serial connection of interlocking devices associated with guards with potential free contacts		ISO/TR 24119: 2015
OSHA 29 CFR 1910.147 <i>(Keine deutsche Entsprechung)</i>	Occupational Safety and Health Standards - General Environmental Controls - The control of hazardous energy (lockout/tagout)		OSHA 29 CFR 1910.147
ProdSG	Produktsicherheitsgesetz		<i>(Umsetzung eines Teils der 2006/42/EC)</i>
<b>1 Ist im Amtsblatt zu mindestens einer EU-Richtlinie mit CE Relevanz als harmonisiert gelistet.</b>			

## 7 Hinweise

### 7.1 Copyright

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte bleiben bei der Firma Wieland Electric GmbH. Eine Vervielfältigung des Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes zulässig. Eine Änderung oder Kürzung des Werkes ist ohne ausdrückliche schriftliche Zustimmung der Firma Wieland Electric GmbH untersagt.

### 7.2 Haftung

Soweit sich aus nachfolgenden Bestimmungen nichts anderes ergibt, haften wir bei einer Verletzung von vertraglichen und außervertraglichen Pflichten nach den einschlägigen gesetzlichen Vorschriften.

Auf Schadensersatz haften wir, gleich aus welchem Rechtsgrund, bei Vorsatz und grober Fahrlässigkeit. Bei einfacher Fahrlässigkeit haften wir nur für Schäden aus der Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit oder für Schäden aus der Verletzung einer wesentlichen Vertragspflicht (Verpflichtung, deren Erfüllung die ordnungsgemäße Durchführung des Vertrags überhaupt erst ermöglicht und auf deren Einhaltung der Vertragspartner regelmäßig vertraut und vertrauen darf); in diesem Fall ist unsere Haftung jedoch auf den Ersatz des vorhersehbaren, typischerweise eintretenden Schadens begrenzt.

## Index

$\lambda$ .....	137	Tabelle A.2.....	152
2006 L 157/24.....	176	Tabelle B.1.....	154
2006/42/EG.....	8, 176	Tabelle B.2.....	156
Anhang K.....	142	Tabelle C.1.....	157
Auslösendes Ereignis.....	12	Tabelle C.2.....	158
B <sub>10</sub> .....	137	Tabelle D.1.....	159
B <sub>10D</sub> .....	137	Tabelle D.2.....	161
Balkendiagramm.....	141	EN ISO 14119	
Beispielapplikationen Übersicht.....	5	Tabelle I.1.....	166
Benutzerinformationen.....	10	Ersatzschaltbild.....	14
Bereichsaufteilung.....	169	EU-Amtsblatt.....	8, 9
Betriebsartenwahlschalter.....	109	EU-Kommission.....	8
Betriebsdauer.....	138	Fault masking.....	131
Betriebssicherheitsverordnung.....	8	Fehlerakkumulation.....	140
Betriebsstunden.....	13, 137	Fehlerausschlüsse.....	130
Betriebstage.....	13, 137	Fehlerverdeckung.....	131
BetrSichV.....	8	Direkte.....	134
Bewährte Bauteile.....	140	FIT.....	137
Bewährte Sicherheitsprinzipien.....	140	Flüssigkeitsbehälter.....	168
Biometrische Grenzwerte.....	173	Formeln.....	137
Brandschutz.....	170	Gebrauchsdauer.....	138
Bumper.....	58	Gefährdung.....	8, 10
C.....	137	Eintrittswahrscheinlichkeit.....	11
CCF.....	19, 137, 140	Elektrische.....	163
Tabelle.....	145	Ergonomisch.....	165
C-Normen.....	10, 13	Kombinationen.....	165
DC.....	18, 133, 137	Lärm.....	164
Ausgabe.....	149	Materialien und Substanzen.....	164
Bereiche.....	141	Mechanische.....	163
Eingabe.....	146	Strahlung.....	164
Logik.....	147	Tabelle.....	163
Maßnahmen.....	146	Thermisch.....	163
DC <sub>avg</sub> .....	137	Umgebung.....	165
Diagnosedeckungsgrad.....	137	Vermeidung.....	11
DIN ISO/TS 15066.....	173	Vibration.....	164
d <sub>op</sub> .....	137	Gefährdungsexposition	
Drücke.....	173	Dauer.....	11
Einfehlersicherheit.....	140	Häufigkeit.....	10, 11
Einzug.....	169	Gemischüberwachung.....	170
EN ISO 12100		Geschwindigkeiten.....	171
Bild 1.....	10	harmonisierten Normen.....	9
Tabelle B.1.....	163	Häufigkeiten.....	13
EN ISO 13849-1		HFT.....	137
Bild 5.....	141	Hintertretschutz.....	54
Risikograph.....	11	h <sub>op</sub> .....	137
Tabelle 3.....	141	inhärent sicherer Konstruktion.....	10
Tabelle 5.....	141	ISO/TR 24119	
Tabelle E.1.....	146, 147, 149	Figure 5.....	134
Tabelle F.1.....	145	Table 1.....	133
Tabelle K.1.....	142	Kalenderwalzen.....	169
EN ISO 13849-2		Kategorien.....	140
Tabelle A.1.....	150	Kenndaten.....	15

Kodierte Schalter .....	121	Risikograph .....	10
Kraftbegrenzung .....	169	Risikominderung .....	10
Kräfte .....	166, 173	Safe stop 1 .....	168
Lagebegrenzung .....	170	Safe stop 2 .....	168
Laser .....	170	Safe torque off .....	168
Leuchtmelder .....	122	Safely-limited speed .....	169
Lichtvorhang/-gitter		Safety Integrity Level .....	138
PL e .....	69	Safety related part of a control system .....	11
Typ 4 .....	69	Schaltleiste .....	58
LoTo .....	129	Schaltmatte .....	54
Lockout .....	129	Schaltspiele .....	137
Tagout .....	129	Schutzeinrichtung	
Tryout .....	129	nicht trennende .....	121
Lüfterüberwachung .....	170	Ortsbindung .....	121
Manual reset function .....	12, 123	trennende .....	121
Manuelle Rückstellungsfunktion .....	12, 123	Schutzeinrichtungen .....	121, 166
Maschinenrichtlinie .....	8, 9, 176	Schwere der Verletzung .....	10, 11
Mechanische Positionsschalter .....	121	Serienschaltung von Not-Halt Schaltern .....	124
Modellierung .....	14	Sichere Antriebsfunktionen .....	168
MRK .....	135	Sicherer Zustand .....	12
MRL .....	8	Sicherheitsabstände .....	167
MTBF .....	137	Sicherheitsbetrachtung .....	13
MTTF .....	137	Sicherheitsfunktion .....	11, 14
MTTF <sub>D</sub> .....	17, 18, 137	Sicherheitsprinzipien .....	140, 150
Muting .....	122	Bewährte – Hydraulik .....	158
n <sub>Op</sub> .....	137	Bewährte– Elektrik .....	161
Normen .....	8, 176	Bewährte– Mechanik .....	152
Typ C .....	9	Bewährte– Pneumatik .....	156
Not-Halt .....	23, 26, 29	Grundlegende .....	140
PL c .....	23, 76, 79, 89	Grundlegende – Elektrik .....	159
PL d .....	26	Grundlegende – Hydraulik .....	157
PL e .....	29, 72	Grundlegende – Mechanik .....	150
Reihenschaltung .....	72, 76, 79, 89	Grundlegende – Pneumatik .....	154
Schutzkragen .....	127	SIL .....	138
Zurücksetzen .....	126	SILCL .....	138
Nutzungshäufigkeit .....	17	Sistema .....	11
Öffnungsmaße .....	167	SLS .....	169
Ortsbindung .....	121	SRP/CS .....	11
Performance Level .....	13	SS1 .....	168
PFH .....	137	SS2 .....	12, 168
PFH <sub>D</sub> .....	19, 137	Start/restart function .....	123
Mindestanforderung .....	141	Start-/Wiederaufnahmefunktion .....	12, 123
PL .....	19, 137	STO .....	168
PL <sub>r</sub> .....	13, 138	Subsystem .....	17
Positionsüberwachung .....	121	Symbole .....	137
ProdSG .....	8	T <sub>1</sub> .....	138
Produktsicherheitsgesetz .....	8	T <sub>10D</sub> .....	138
Proof-Test-Intervall .....	138	T <sub>2</sub> .....	138
P <sub>TE</sub> .....	138	Tabellen .....	137
RDF .....	138	technische Schutzmaßnahmen .....	10, 11
Reaktion .....	12	Temperatur .....	170
Recht .....	8	T <sub>M</sub> .....	19, 138
Reihenschaltung .....	133	Trägheitskräfte .....	168
Reset .....	123	Trittmatte .....	54
Restart .....	12, 123	Türabsicherung .....	121
Richtlinie .....	8	PL c .....	33, 76, 79
Risikobeurteilung .....	10	PL c/d .....	36, 40
Risikobewertung .....	10	PL d .....	12, 54, 82
Risikoeinschätzung .....	10	PL e .....	44, 48, 51, 86, 93, 97, 101, 105

---

Reihenschaltung ..76, 79, 82, 86, 93, 97, 101, 105	Verweise.....176
Türzuhaltung ..... 117	Walzen.....169
tzyklus ..... 138	Wickelmaschinen .....169
Übertragungsfehler ..... 138	Zugangsschutz .....167
Unterkriechschutz ..... 167	Zuhaltung.....121
Unwuchten ..... 168	Zustimmtaster.....113
Verfahrbereich ..... 169	zwangsläufig Betätigung .....122
Verkettung.....122	Zwangsöffnung .....122
Vermeidbarkeit..... 10	Zweihand
Vertikalachsenanwendungen..... 170	PL c.....63
Vertikalachse ..... 168	PL e.....66



# wieland

## HEADQUARTER

Wieland Electric GmbH  
Brennerstraße 10 – 14  
96052 Bamberg · Deutschland

---

Fon +49 951 9324-0  
Fax +49 951 9324-198  
info@wieland-electric.com



0424.0 S 09/24

Weltweit vertreten in über 70 Ländern:

[www.wieland-electric.com](http://www.wieland-electric.com)