



Gestaltung von trennenden Schutzeinrichtungen

Unter Berücksichtigung der ISO 14119

Mit der Maschinenrichtlinie (MRL) 2006/42/EG und den ihr zugeordneten Normen hat die Europäische Union ein Regelwerk geschaffen, das bei der Konstruktion von Maschinen und Anlagen berücksichtigt werden muss. Dieses Regelwerk wird auch in Märkten außerhalb der EU als Grundlage der Maschinensicherheit angesehen bzw. adaptiert. Es enthält u. a. Aussagen zur Gestaltung von sogenannten beweglich trennenden Schutzeinrichtungen – das ist der normative Begriff für Schutztüren.

Die Stellungsüberwachung von beweglich trennenden Schutzeinrichtungen wird im Detail in der Norm ISO 14119 beschrieben: „Sicherheit von Maschinen – Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen – Leitsätze für Gestaltung und Auswahl“ (deutsche Fassung: DIN EN ISO 14119:2013). Diese Norm ersetzt die bisher gültige EN 1088 und wurde am 11. April 2014 im Amtsblatt der Europäischen Kommission als unter der MRL harmonisierte Norm veröffentlicht. Als ISO-Norm ist sie weltweit, über die Europäische Union hinaus, gültig.

Diese Broschüre hat zum Ziel, Konstrukteuren im Maschinen- und Anlagenbau Hilfestellung zur normenkonformen Gestaltung von beweglich trennenden Schutzeinrichtungen unter Berücksichtigung der ISO 14119 sowie weiterer relevanter Regelwerke zu geben.

Im Zentrum der Broschüre steht das beiliegende Poster, das einen schnellen Überblick über die sicherheitstechnisch richtige Gestaltung von Schutzeinrichtungen gibt und den gesamten Prozess der normenkonformen Auswahl und Gestaltung von Schutzeinrichtungen in Form eines Flowcharts darstellt.

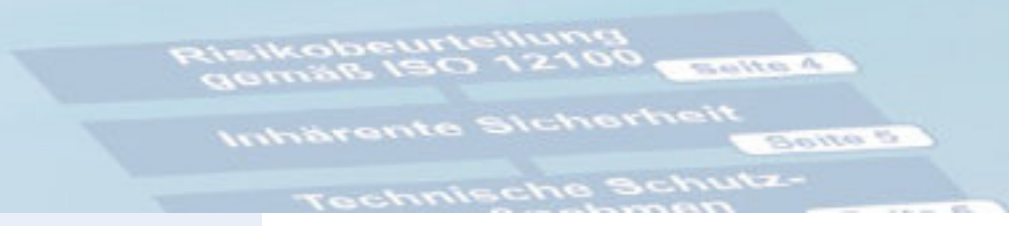
Die vorliegende Broschüre erläutert das beiliegende Poster und gibt detailliertere Informationen zu den einzelnen Prozessschritten des Flowcharts. Auf dem Poster sind die Seitenzahlen vermerkt, die den jeweiligen Prozessschritt beschreiben.

Die Inhalte der vorliegenden Broschüre spiegeln die Interpretation der Schmersal Gruppe wider und basieren u. a. auf der Mitarbeit im Deutschen Institut für Normung e. V., Normenausschuss NA 095 Sicherheitstechnische Grundsätze sowie „Schutzeinrichtungen, Sicherheitsmaßnahmen und Verriegelungen.“ Die Lektüre der Broschüre entbindet aber nicht vom eigenständigen Studium und Interpretieren der Norm.

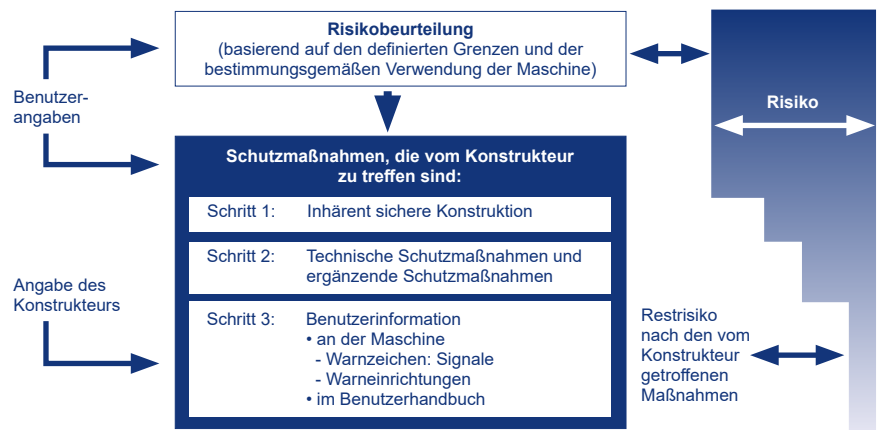
Eine Anmerkung zur Begrifflichkeit vorweg: Der in der Norm verwendete Ausdruck „Verriegelungseinrichtung“ als Synonym für Sicherheits-Schaltgerät führt häufig zur Verwirrung, weil man im allgemeinen Sprachgebrauch unter Verriegelungseinrichtung ein Bauteil versteht, das die Schutztür auch tatsächlich zuhält, abschließt und/oder verriegelt. Normativ wird aber genau dieses Bauteil als „Verriegelungseinrichtung mit Zuhaltung“ bezeichnet. Die Verriegelungseinrichtungen selber übernehmen per Definition der Norm nur die Stellungsüberwachung (offen/geschlossen) der Schutztür. Diese Aufgabe kann von elektromechanischen Sicherheitsschaltern oder von berührungslos wirkenden Sicherheitssensoren übernommen werden.

Inhalt

Einleitung	Seite 2
1. Risikobeurteilung	Seite 4
2. Inhärente Sicherheit	Seite 5
3. Technische Schutzmaßnahmen	Seite 5
4. Bestimmung der Sicherheitsfunktion	Seite 6
5. Gestaltung des Sicherheitskreises	Seite 8
6. Trennende Schutzeinrichtungen	Seite 9
7. Auswahl des Verriegelungsprinzips	Seite 9
8. Manipulationsanreize bewerten	Seite 10
9. Verriegelungseinrichtungen mit und ohne Zuhaltung	Seite 15
10. Produktauswahl	Seite 16
11. Verriegelungseinrichtungen mit Zuhaltung mit Arbeits- oder Ruhestromprinzip	Seite 18
12. Fehlerausschlüsse nach ISO 13849-2	Seite 19
13. Verifizierung	Seite 20
14. Validierung	Seite 21
15. Benutzerinformation	Seite 22
16. Normenverzeichnis	Seite 23



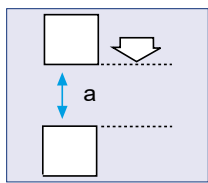
1. Die Risikobeurteilung



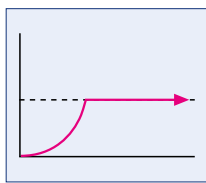
- Die MRL und damit das Gesetz (in Deutschland die 9. Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz) verlangt von jedem Maschinenhersteller die Durchführung einer Risikobeurteilung.
- Die Risikobeurteilung besteht aus der Gefährdungsidentifizierung, Risikoeinschätzung und -bewertung
- Die Risikobeurteilung berücksichtigt den gesamten Lebenszyklus und alle Betriebsarten der Maschine
- Hinweise zur Durchführung einer Risikobeurteilung finden sich in der ISO 12100.
- Erst nach Durchführung der Risikobeurteilung weiß der Maschinenhersteller, an welchen Stellen Verletzungsrisiken an seiner Maschine bestehen UND ob gegen diese Risiken etwas unternommen werden muss.



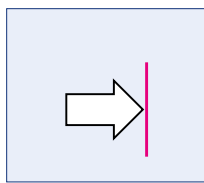
2. Inhärente Sicherheit



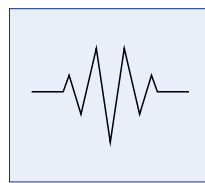
Mindestabstände



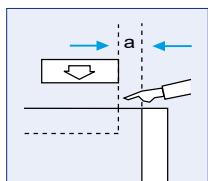
Begrenzen der wirksamen Energie



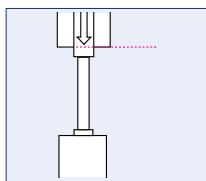
Unterbrechung des Kraftflusses



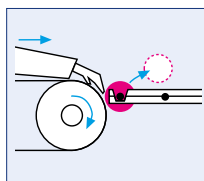
Elastische Verformung



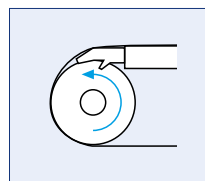
Gefahrbringende Bewegungen stoppen in einem Abstand, durch den Gliedmaßen nicht verformt werden können



Kräfte die in der Gefahrstelle auftreten, sind zuverlässig auf Werte begrenzt, die keine körperschädigende Wirkung haben



Der Aufbau der Kräfte, die zu Verletzungen führen würden, wird vor dem Erreichen der Grenzwerte zuverlässig unterbrochen



Bewusst nachgiebig ausgelegte Maschinenteile nehmen den größten Teil der Verformungsenergie auf

- Gemäß des Bildes links aus der ISO 12100 sind die Risiken zuerst konstruktiv zu beseitigen (= **inhärent sichere Konstruktion**; siehe ISO 12100, Kapitel 3.20).
- Unter inhärente Sicherheit versteht man das Beseitigen von Risiken durch konstruktive Maßnahmen.

3. Technische Schutzmaßnahmen



- Sind die erkannten Risiken nicht durch konstruktive Maßnahmen zu beseitigen oder zumindest auf ein akzeptables Maß zu minimieren, müssen technische Schutzmaßnahmen ergriffen werden, z. B. optoelektronische Schutzeinrichtungen, taktile Schutzeinrichtungen, Zweihandbedienung (Ortsbindung), etc., siehe hierzu auch ISO 12100, Kapitel 3.21.
- Eine solche technische Schutzmaßnahme kann z. B. auch eine beweglich trennende Schutzeinrichtung (Schutztür) sein. Auf diesen Fall konzentriert sich die vorliegende Broschüre.



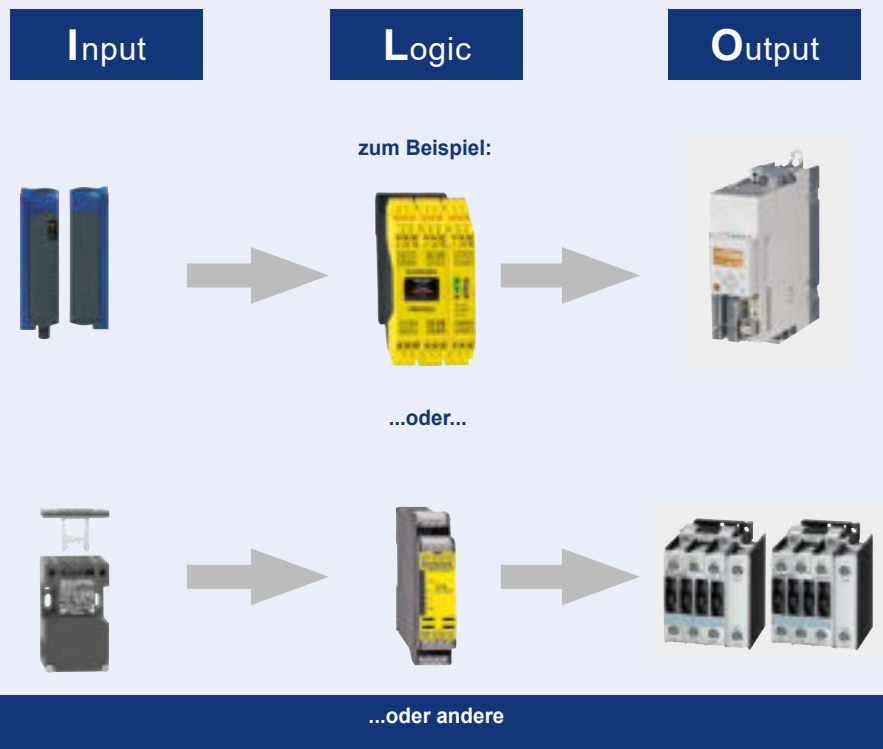


4. Bestimmung der Sicherheitsfunktion

- Tabelle 8 der ISO 13849-1 definiert Sicherheitsfunktionen, die dafür sorgen, dass das erkannte Risiko minimiert wird, siehe hierzu auch ISO 12100, Kapitel 3.30.
- Bei der Realisierung der Sicherheitsfunktion muss die gesamte Sicherheitskette berücksichtigt werden – angefangen von der Sensorik (Input, in unserem Falle die Verriegelungseinrichtung) über die Verarbeitung (Logik) bis hin zur Aktorik (Output).

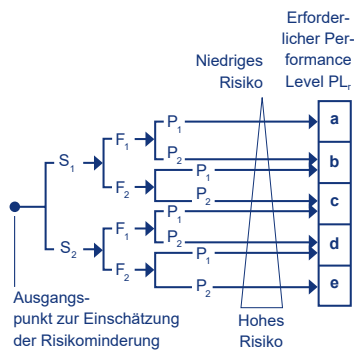


Jede Sicherheitsfunktion/-kreis besteht aus folgenden Komponenten („Sub-Systeme“):





Mit Hilfe des Risikographen der ISO 13849-1, Anhang A, kann der erforderliche Performance Level (= PL_r) für diese eine Sicherheitsfunktion bestimmt werden.



S Schwere der Verletzung

- S₁ leichte (üblicherweise reversible Verletzung)
- S₂ ernste (üblicherweise irreversible Verletzung einschließlich Tod)

F Häufigkeit und/oder Dauer der Gefährdungsexposition

- F₁ darf gewählt werden, wenn die gesetzliche Expositionsdauer 1/20 der gesetzlichen Betriebsdauer nicht überschreitet und die Häufigkeit nicht höher als 1x alle 15 min ist
- F₂ Häufigkeit höher als 1x alle 15 min

P Möglichkeit zur Vermeidung der Gefährdung oder Begrenzung des Schadens

- P₁ möglich unter bestimmten Bedingungen
- P₂ kaum möglich

Bei niedriger Eintrittswahrscheinlichkeit des Gefährdungsereignisses kann eine Reduzierung des erforderlichen PL_r erfolgen.

Die Eintrittswahrscheinlichkeit muss begründet werden:

- Zuverlässigkeitsdaten
- Unfallgeschichte vergleichbarer Maschinen

Die relevanten Sicherheitsfunktionen einer beweglich trennenden Schutzeinrichtung (siehe ISO 14119, Kapitel 3.2) sind:

- Abschalten der gefährlichen Maschinenfunktion beim Öffnen der beweglich trennenden Schutzeinrichtung
- Schutz vor unerwartetem Anlauf
- ggf. Zuhalten der Schutztür, bis die gefährliche Maschinenfunktion beendet ist
- ggf. Entsperrung einer Zuhaltung.

Die Sicherheitsfunktion „Entsperrung einer Zuhaltung“ ist neu. Allerdings geht die Norm davon aus (vgl. Anmerkungen 1 und 2 von Kapitel 8.4.), dass der PL der Zuhaltfunktion geringer ist als der PL der Verriegelungsfunktion. Grund: „Die Wahrscheinlichkeit für den Ausfall der Zuhaltfunktion und den gleichzeitigen Zutritt einer Person ist sehr gering.“ (ISO 14119; Kapitel 8.4, Anm. 2). Dennoch muss das unbeabsichtigte Entsperrern der Zuhalteinrichtung in die Sicherheitsbetrachtung mit einfließen.

ISO 14119 berücksichtigt insbesondere die Eigenschaften und Anforderungen an die Sensorik (Input) der Sicherheitskette. Diese Sensorik ist ein Teil der in der Norm beschriebenen Verriegelungseinrichtung einer Schutztür.





ISO 13849-1:
Sicherheitsarchitektur



5. Gestaltung des Sicherheitskreises

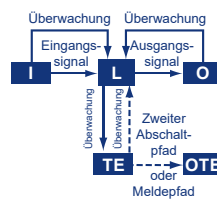
Nachdem die Sicherheitsfunktion bestimmt wurde, gilt es nun, den entsprechenden Sicherheitskreis zu gestalten.

Die Gestaltung ist gemäß den Anforderungen des PL, (siehe ISO 13849-1, Kapitel 6) durchzuführen. D. h. es müssen die Anforderungen an die:

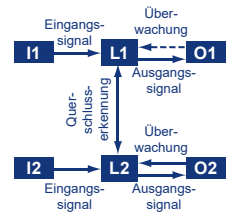
- Struktur des Sicherheitskreises



Kategorien B und 1



Kategorie 2



Kategorien 3 und 4

- zu erwartende Lebensdauer der eingesetzten Komponenten bis zum ersten auftretenden gefährlichen Fehler: $MTTF_D$ (bzw. B_{10D})
- Testqualität, d. h. an die Güte der Erkennung von gefährlichen Fehlern: DC_{avg}
- Maßnahmen zur Vermeidung des Ausfalls durch Fehler gemeinsamer Ursache: CCF

berücksichtigt werden.

Anmerkung zu DC_{avg} :

- In vielen Anwendungen werden die elektromechanischen Verriegelungseinrichtungen elektrisch in Reihe geschaltet. Aufgrund der somit vorhandenen Möglichkeit, auftretende gefährliche Fehler nicht zu detektieren, muss der DC_{avg} entsprechend reduziert werden.
- Der technische Report ISO/TR 24119 gibt zur Reihenschaltung von Verriegelungseinrichtung und deren Auswirkung auf den DC_{avg} entsprechende Hinweise.

Wir empfehlen, folgende DC_{avg} anzusetzen:

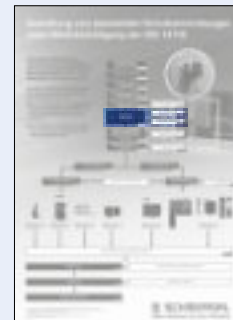
- Reihenschaltung von Verriegelungseinrichtungen mit zwangsöffnenden Kontakten: $DC_{avg} = 60\%$ (was einen maximalen Performance Level PL d ermöglicht)
- Reihenschaltung von magnetischen Verriegelungseinrichtungen: DC_{avg} abhängig vom Abstand der Schutztüren und deren Betätigungshäufigkeit
- Reihenschaltung von sich selbst überwachenden elektronischen Verriegelungseinrichtungen: $DC_{avg} = 99\%$ (was einen maximalen Performance Level PL e ermöglicht)



6. Trennende Schutzeinrichtungen

Die mechanische Gestaltung der Schutzeinrichtung wird auch durch Anforderungen in den folgenden Normen beschrieben:

- ISO 14120: Trennende Schutzeinrichtungen**
 Hier findet sich ein Hinweis im Kapitel 6.4.4.1 auf die Zugriffs- bzw. Zugangshäufigkeit, bei der eine beweglich trennende Schutzeinrichtung einzusetzen ist. Bei einer Häufigkeit von mehr als einmal pro Woche sollte eine beweglich trennende Schutzeinrichtung mit einer Verriegelungseinrichtung gem. ISO 14119 eingesetzt werden.
- ISO 13857: Sicherheitsabstände gegen das Erreichen von Gefährdungsbereichen mit den oberen und unteren Gliedmaßen.** Diese Norm beschreibt die Größen von Gliedmaßen und den daraus resultierenden notwendigen Sicherheitsabständen zu Gefahrenbereichen. Sie sagt unter anderem in Kapitel 4.3 aus, dass Schutzeinrichtungen eine Bodenfreiheit von 180 mm nicht überschreiten sollen, weil dann der ganze Körper Zugang zum Gefahrenbereich hat.



ISO 14120:
Trennende
Schutzein-
richtungen

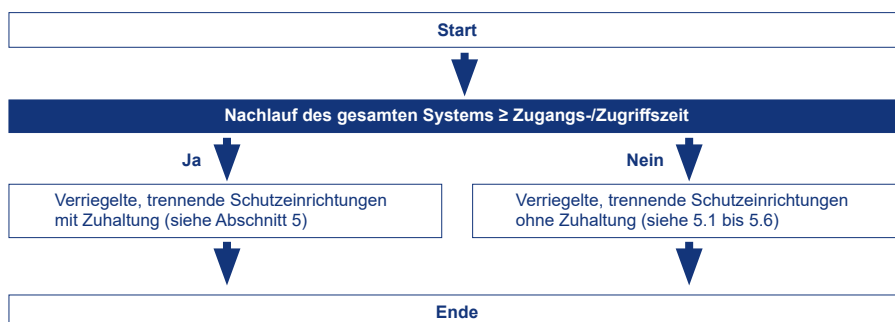
ISO 13857:
Sicherheits-
abstände



ISO 14119:
Verriegelungs-
prinzip

7. Auswahl des Verriegelungsprinzips

Welche Art von Verriegelungseinrichtung, d. h. mit oder ohne Zuhaltung, kann mit Hilfe des Flowcharts aus der ISO 14119 bestimmt werden.



Hinweise zur Beantwortung der Frage ob der Nachlauf des gesamten Systems \geq Zugangs-/ Zugriffszeit ist, gibt die Norm ISO 13855 in Kapitel 9.

- Dort wird mit einer Zutritts- bzw. Zugriffs- und Zugriffsgeschwindigkeit von 1600 mm/s bzw. Zugriffs- und Zugriffsgeschwindigkeit von 2000 mm/s der Sicherheitsabstand zur Gefahrenstelle hinter der Schutz- und Zugriffstür berechnet.
- Der Sicherheitsabstand ist auch abhängig von den Abmaßen der Körperteile, die durch Öffnen der Schutz- und Zugriffstür Zugang zur Gefahrenstelle erhalten. Daher ist die Norm ISO 13857 bei der Berechnung der Nachlaufzeit ebenfalls zu berücksichtigen.

ISO 13855:
Zutritts- und
Zugriffs-
geschwin-
digkeit

essen ist,
tzen auslö-
ntungen nicht

Schutzeinrichtungen

Seite 9

Auswahl Verriegelungs-
prinzip abhängig vom
Nachlauf des gesamten
Systems

Seite 9

Manipulationsanreize
bewerten

Seite

Ohne Zuhaltung

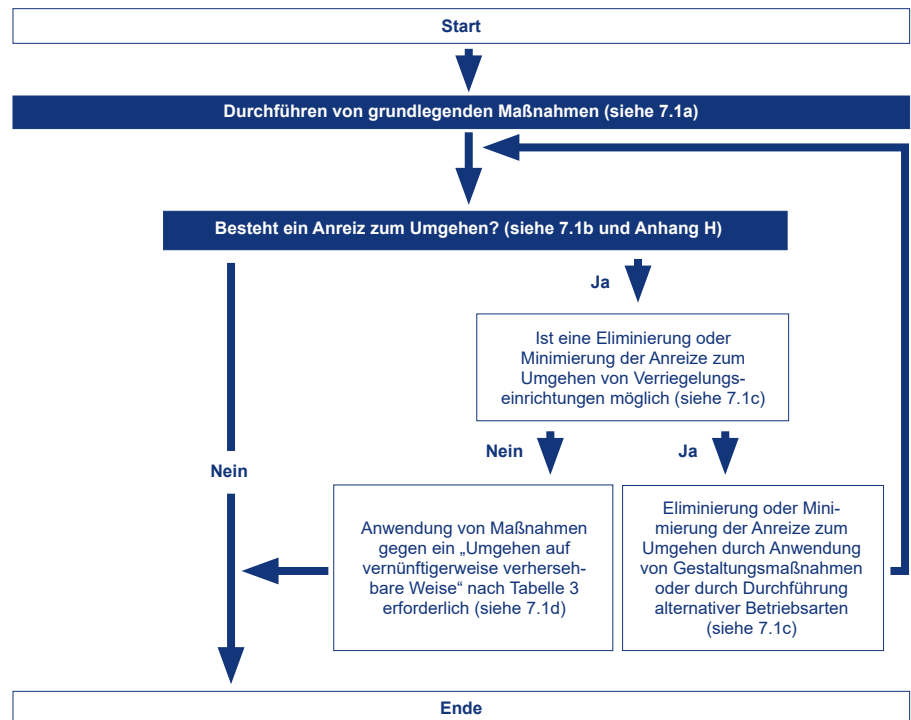
Seite 19

8. Manipulationsanreize bewerten

Eine Untersuchung* hat gezeigt, dass das Unfallgeschehen häufig auf die Manipulation von Schutzeinrichtungen zurückzuführen ist. Daher liegt ein wesentlich Fokus der ISO 14119 auf der Verhinderung der Manipulation von Verriegelungseinrichtungen. Um dies zu vermeiden, schlägt die Norm eine bestimmte Vorgehensweise in Form eines Flowcharts vor:



ISO 14119:
Manipulations-
anreize



Ziel dieser Vorgehensweise ist es, die Manipulationsanreize zu erkennen und zu mindern oder zu eliminieren. Liegen keine Manipulationsanreize vor, müssen auch keine weiteren Maßnahmen getroffen werden.

Die ISO 14119 unterstützt den Konstrukteur auch bei der Ermittlung von Manipulationsanreizen. Dazu schlägt sie eine Matrix vor, in der sowohl die durchzuführenden Aufgaben an der Maschine als auch die Überlegung/Fragestellung bzgl. der Erleichterung der Aufgabenbewältigung durch entsprechende Manipulation eingetragen werden.

* Quelle: <http://www.dguv.de/ifa/Publikationen/Reports-Download/BGIA-Reports-2005-bis-2006/Report-Manipulation-von-Schutzeinrichtungen>



Somit wird schnell ersichtlich, an welcher Stelle und bei welcher Aufgabe bzw. in welcher Betriebsart der Maschine die Gefahr der Manipulation besteht:

Aufgabe	Betriebsart 1 ^a	Betriebsart 2 ^a	Betriebsart 3 ^a	Betriebsart 4 ^a	Betriebsart 5 ^a	Für diese Betriebsarten zulässige Aufgaben?	Aufgaben ohne Umgehen möglich?	Leichter/bequemer ^b	Schnellere/höhere Produktivität ^b	Flexibilität, z. B. bei größeren Werkstücken ^b	Höhere Präzision ^b	Bessere Sichtbarkeit ^b	Bessere Hörbarkeit ^b	Geringere körperliche Anstrengung ^b	Kleinerer Arbeitsweg ^b	Größere Bewegungsfreiheit ^b	Besserer Bewegungsfluss ^b	Vermeidung von Unterbrechungen ^b	...
Inbetriebnahme																			
Programmtest/Testlauf																			
Aufstellung/Einstellung/Umbau/Rüsten																			
Bearbeitung																			
Manuelles Eingreifen zum Entfernen von Spänen																			
Manueller Werkstückwechsel																			
Manuelles Eingreifen bei Fehlerbeseitigung																			
Prüfung/Zufallsprobenahme																			
Manuelles Eingreifen bei Messung/Feineinstellung																			
Manueller Werkzeugwechsel																			
Instandhaltung/Wartung																			
Fehlerbehebung Maschine																			
Reinigung, z.B. Entfernen von Spänen																			

Tab. 2 Beispiel einer Abschätzung der Anreize zum Umgehen von Verriegelungseinrichtungen (Quelle: ISO/DIS 14119, Tabelle H.1).

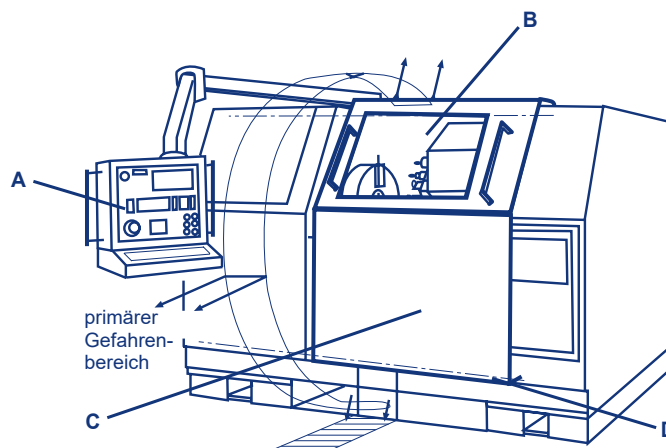
Legende:

- a Betriebsarten
- b Vorteile ohne Schutzeinrichtung: 0 = keine; + = geringe; ++ = erhebliche

Selbstverständlich ist diese Tabelle an die jeweilig vorliegende Applikation/Maschine anzupassen. Eine vergleichbare Excel-Vorlage steht zum Download bereit unter:

<http://www.dguv.de/ifa/praxishilfen/praxishilfen-maschinenschutz/software-manipulationsanreize-bewerten/index.jsp>





Wenn festgestellt wurde, dass Manipulationsanreize bestehen, dann sind diese zunächst konstruktiv zu beseitigen, siehe ISO 14119, Kapitel 7.1 c. Beispiele für rein konstruktive Maßnahmen sind:

A) Ergonomie:

- Höhenverstellbarkeit des Bedienungstableaus
- Anordnung und Gestaltung des Displays und der Bedienelemente
- Position des Not-Halt-Schalters
- Beobachtbarkeit des Wirkbereiches
- Abmessungen und Lage der Handgriffe
- Handkräfte zum Verschieben

B) Sichtfenster:

Scheibenaufbau: Polycarbonat-Scheiben müssen gegen chemische und abrasive Einwirkungen von innen mit Sicherheitsglasscheibe und von außen mit nicht splitternder Kunststoffscheibe oder splitterfangender Folie geschützt sein.

Scheibenbefestigung: Die Befestigung muss hohe Reaktionskräfte des Aufpralls aufnehmen, große Verformungen zulassen und zugleich die Stirnseiten der Polycarbonat-Scheiben gegen chemische Einwirkungen hermetisch abdichten.

C) Schutzhaube:

Haubenaufbau: Bei Sandwichbauweise muss die Innenhaut extrem verformbar, die Außenhaut extrem widerstandsfähig und steif aufgebaut und gestaltet sein.

Hauptschließkante: An kraftbetriebenen Schutztüren ist beim Schließen die Bewegungsenergie und Geschwindigkeit so zu begrenzen, dass an der Hauptschließkante keine gefährliche Quetschstelle entsteht. Die wirksame Schließkraft darf 150 N nicht überschreiten.

Haubenbefestigung: Führung über Rollen in formschlüssig angepassten Laufschielen. Umgriffe verhindern Herausschleuern der Haube im Schadensfall. Der untere Bereich der Haube ist so zu gestalten, dass weder Späne noch Kühlschmiermittel nach außen gelangen können.

D) Steuerungen:

Funktionale Sicherheit: Zuverlässige Erfüllung von Sicherheitsfunktionen innerhalb definierter Zeiträume durch sicherheitsbezogene Teile der Steuerung

Manipulations-Sicherheit: Verriegelungselemente unzugänglich mit Einwegschrauben montiert. Sicherheitskonzept mit Tätigkeiten in allen Lebensphasen der Maschine harmonisiert, falls notwendig.



Grundsätze und Maßnahmen	Bauart 1-Verriegelungseinrichtung (außer mit Scharnier betätigte) und Bauart 3-Verriegelungseinrichtungen	Bauart 1-Verriegelungseinrichtung (nur mit Scharnier betätigt)	Bauart 2- und Bauart 4-Verriegelungseinrichtungen mit niedriger oder mittlerer Kodierungsstufe nach 7.2 b) 1) oder 7.2 b) 2) mit oder ohne elektromagnetische Zuhaltung	Bauart 2- und Bauart 4-Verriegelungseinrichtungen mit hoher Kodierungsstufe nach 7.2 b) 3) mit oder ohne elektromagnetische Zuhaltung	Schlüsseltransfersysteme (mit mittlerer oder hoher Kodierungsstufe, siehe Anmerkung 2)
Anbringen außer Reichweite, siehe 7.2 a) 1)					
Absperrung/Abschirmung, siehe 7.2 a) 2)					
Anbringen in versteckter Position, siehe 7.2 a) 3)			X		
Zustandsüberwachung oder periodische Prüfung, siehe 7.2 d) 1) i) und ii)	X				
Nicht-lösbare Befestigung von Positionsschalter und Betätigungselementen, siehe 7.2 c)					
Nicht-lösbare Befestigung des Positionsschalters, siehe 7.2 c)		M			M
Nicht-lösbare Befestigung des Betätigungselementes, siehe 7.2 c)		M	M	M	M
Zusätzliche Verriegelungseinrichtung und Plausibilitätsprüfung, siehe 7.2 d) 2)	R		R		

X Die Anwendung von mindestens einer dieser Maßnahmen ist vorgeschrieben.

M Vorgeschriebene Maßnahme

R Empfohlene Maßnahmen (zusätzlich)



In ISO 14119 Kapitel 5 werden ganz allgemeine Anforderungen an die Montage und Befestigung von Verriegelungseinrichtungen beschrieben, die unabhängig von den oben, in Tabelle 3 beschriebenen Maßnahmen grundsätzlich einzuhalten sind:

Kapitel 5.2, Anordnung und Befestigung von Positionsschaltern

Positionsschalter müssen so angeordnet sein, dass sie gegen eine Veränderung ihrer Position ausreichend gesichert sind. Um dies zu erreichen, müssen folgende Anforderungen erfüllt sein:

- Die Befestigungselemente der Positionsschalter müssen zuverlässig sein und um sie zu lösen, muss ein Werkzeug erforderlich sein.
- Bauart-1-Positionsschalter müssen Vorkehrungen zur dauerhaften Sicherung der Position nach der Einstellung haben (z. B. durch Bolzen oder Passstifte).
- Die erforderlichen Zugangsmöglichkeiten zu den Positionsschaltern für Wartung und Überprüfung des korrekten Betriebs müssen sichergestellt sein. Ein Vermeiden des Umgehens in vernünftigerweise vorhersehbare Art ist bei der Gestaltung der Zugangsmöglichkeiten ebenfalls zu berücksichtigen.
- Die Selbstlockerung muss verhindert werden.
- Das Umgehen des Positionsschalters in vernünftigerweise vorhersehbarer Art muss verhindert werden (siehe Abschnitt 7).
- Der Positionsschalter muss so angeordnet und, sofern erforderlich, geschützt sein, dass eine Beschädigung durch vorhersehbare äußere Einwirkungen vermieden wird.
- Die Bewegung, die durch die mechanische Betätigung hervorgerufen wird oder der Abstand zum Betätigungssystem eines berührungslosen Positionsschalters muss innerhalb des vom Schalterhersteller angegebenen Betätigungsbereichs des Positionsschalters oder des Betätigungssystems bleiben, um den ordnungsgemäßen Betrieb sicherzustellen und/oder ein Überfahren zu verhindern.
- Ein Positionsschalter darf nicht als mechanischer Anschlag dienen, es sei denn, dass dies die bestimmungsgemäße Verwendung des Positionsschalters laut Herstellerangaben ist.
- Fluchtungsfehler der trennenden Schutzeinrichtung, durch die eine Öffnung entsteht, bevor sich der Zustand des Positionsschalters ändert, dürfen die Schutzwirkung der trennenden Schutzeinrichtung nicht beeinträchtigen (hinsichtlich Zugang zu Gefährdungsbereichen siehe ISO 13855 und ISO 13857).
- Die Aufnahme und die Befestigung der Positionsschalter müssen ausreichend stabil sein, um den ordnungsgemäßen Betrieb der Positionsschalter aufrecht zu erhalten.

Kapitel 5.3, Anordnung und Befestigung von Betätigern

Betätiger müssen so befestigt werden, dass die Möglichkeit sich zu lockern oder die Möglichkeit einer Änderung ihrer bestimmungsgemäßen Position im Verhältnis zum Betätigungssystem über die vorgesehene Lebensdauer auf ein Mindestmaß reduziert wird.

- Befestigungselemente der Betätiger müssen zuverlässig sein und um sie zu lösen, muss ein Werkzeug erforderlich sein.
- Eine Selbstlockerung muss verhindert werden.
- Der Betätiger muss so angeordnet und, sofern erforderlich, geschützt sein, dass eine Beschädigung durch vorhersehbare äußere Einwirkungen verhindert wird.
- Ein Betätiger darf nicht als mechanischer Anschlag dienen, es sei denn, dass dies die bestimmungsgemäße Verwendung des Betätigers laut Herstellerangaben ist.
- Die Aufnahme und die Befestigung der Betätiger müssen ausreichend stabil sein, um den ordnungsgemäßen Betrieb der Betätiger aufrecht zu erhalten.



Aus der vorher beschriebenen Vorgehensweise und dem Schutzziel der Norm folgt unserer Meinung nach, dass ein Positionsschalter mit Standardschrauben befestigt werden darf, sollte an der Maschine weder ein Manipulationsanreiz vorliegen, noch der Schraubendreher zum normalen Bedienwerkzeug der Maschine gehören.

9. Verriegelungseinrichtungen mit und ohne Zuhaltung

Die Norm unterscheidet vier verschiedene Bauarten von Verriegelungseinrichtungen:

Bauart 1
unkodiert



Bauart 2
kodiert



Bauart 3
unkodiert



Bauart 4
kodiert



Dabei spielt die Kodierungsstufe keine Rolle. Bei den Bauarten geht es zunächst nur darum, ob die Verriegelungseinrichtung grundsätzlich kodiert ist oder nicht.

Folgende Kodierungsstufen werden in der Norm definiert (siehe Kapitel 3.13.1 bis 3.13.3):

- gering:** Kodierungsmöglichkeiten: 1 ... 9
- mittel:** Kodierungsmöglichkeiten: 10 ... 1.000
- hoch:** Kodierungsmöglichkeiten: > 1.000

Diese Definition ist unabhängig von der Zuhaltfunktion der Verriegelungseinrichtung.





ISO 14119 /
ISO 13849-2:
Redundanz

IEC 60947-5-3:
Produktnorm
Sicherheits-
sensoren

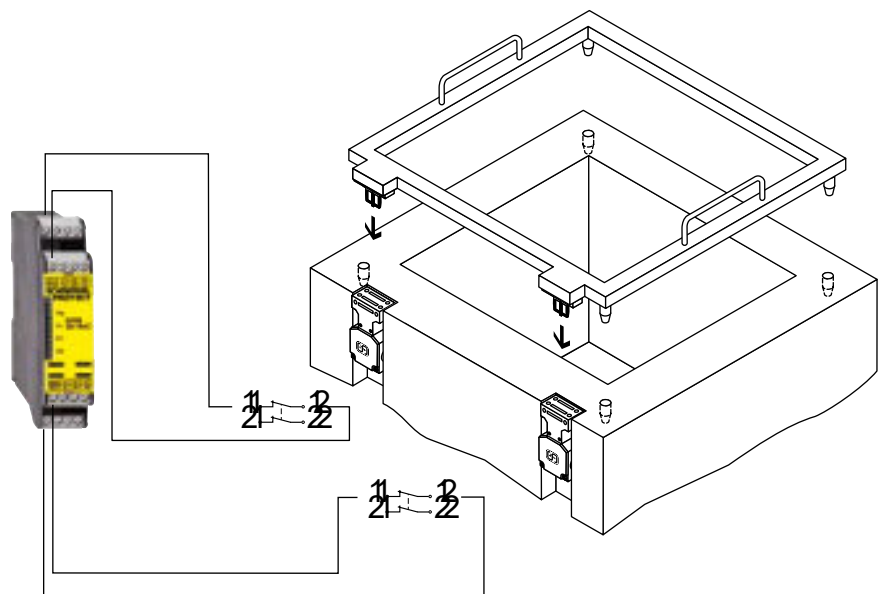
10. Produktauswahl

Die Auswahl des geeigneten Produktes hängt selbstverständlich immer von den realen Applikations-, sprich Einsatzbedingungen ab, wie z. B.:

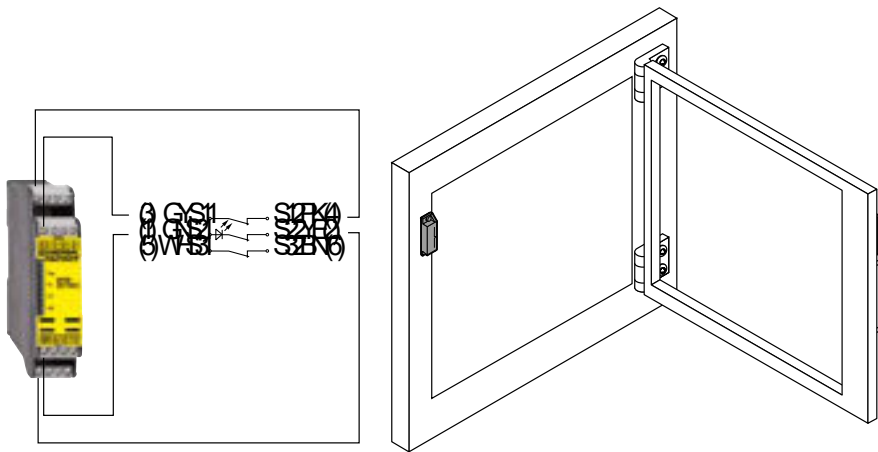
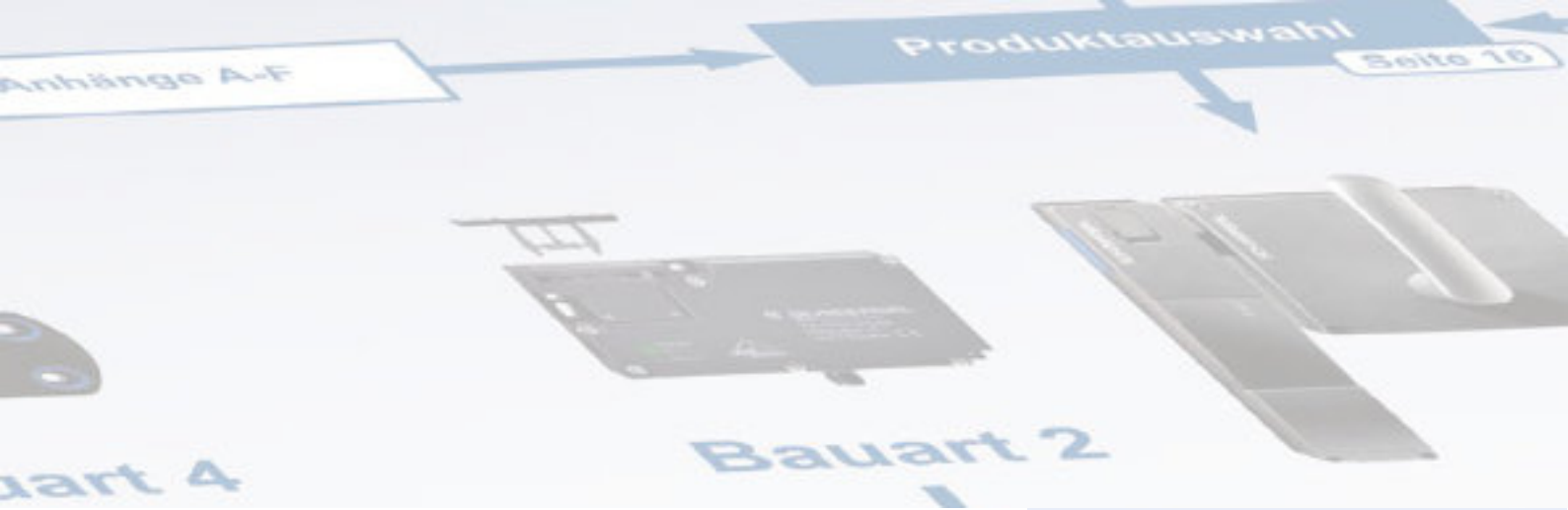
- Temperatur
- Feuchtigkeit
- Schmutz
- Schock/Vibration
- explosionsfähige Atmosphäre
- benötigte Zuhaltekräfte

In den Anhängen A-F der Norm werden zu diesen einzelnen Bauarten weitere Details und Anwendungshinweise gegeben.

Die Auswahl eines Produktes hängt auch von dem zu erzielenden PL, ab (siehe weiter oben, Seite 7). So schreiben die ISO 14119 und ISO 13849-2 eine Redundanz von Bauart 1- oder Bauart 2-Schaltern vor, wenn der zu erreichende $PL_r = PLe$ ist (siehe ISO 14119 Kapitel 8.2 und ISO 13849-2, Tabelle D.8).



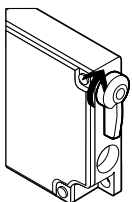
Sollte die Wahl auf einen Sicherheits-Sensor (Bauart 3 oder Bauart 4) fallen, mit dem bereits auch nur mit einem Sensor statt mit zweien – wie oben beschrieben – ein PL_e erreicht werden kann, dann ist darauf zu achten, dass dieser den Anforderungen der Produktnorm IEC 60947-5-3 entspricht (siehe ISO 14119 Kapitel 5.4).



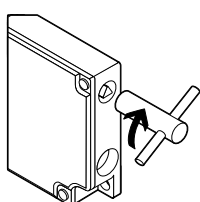
Wird aufgrund der oben beschriebenen Nachlaufzeit eine **Verriegelungseinrichtung mit Zuhaltung** benötigt, ist insbesondere Anhang I der Norm zu beachten. Er gibt Hinweise zu maximal möglichen statischen Einwirkungskräften auf Verriegelungseinrichtungen mit Zuhaltung. Als informativer Anhang und als beispielhafte Auflistung ist er aber so zu verstehen, dass hier wirklich nur Anhaltspunkte über die mögliche Höhe (sprich Größenordnungen) von Kräften dargestellt werden. Die tatsächlich benötigten Zuhaltkräfte in einer realen Applikation kann und will die Norm selbstverständlich nicht „vorschreiben“. Hier ist der Maschinenhersteller oder eine Typ-C-Norm gefragt (siehe hierzu auch Kapitel 6.2.2 Anmerkung 2).

Sollte eine Verriegelungseinrichtung mit Zuhaltung eingesetzt werden, ist auch eine mögliche bewusste manuelle Entsperrung der Verriegelung, z. B. bei Installation, Wartungs- und Reparaturarbeiten an der Maschine, zu berücksichtigen.

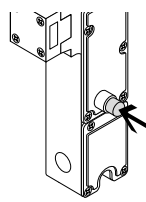
Solche Arten der Entriegelung werden in der Norm ISO 14119 Kapitel 3.25 bis Kapitel 3.27 definiert:



■ **Notentsperrung:** außerhalb des Gefahrenbereichs angebracht, für den Notfall



■ **Hilfsentriegelung:** zur Entsperrung bei Einrichtarbeiten, kein Notfall



■ **Fluchentriegelung:** innerhalb des Gefahrenbereichs angebracht, um diesen selbstständig im Gefahrenfall verlassen zu können.



11. Arbeitsstrom / Ruhestrom

Je nachdem, ob Energie zum Zuhalten oder Entsperrern der Schutztür aufgebracht werden muss, unterscheidet man zwischen

- Ruhestromprinzip: mechanisch zugehalten, Entriegeln durch Energiezufuhr (siehe A)
- Arbeitsstromprinzip: Energie dient zum Zuhalten, Entriegeln durch Energieabschaltung (siehe B und D)
- Bistabiles Arbeitsprinzip: Energie dient zum Zuhalten, Energie dient auch zum Entriegeln (siehe C)

Aus sicherheitstechnischen Gründen ist das Ruhestromprinzip zu bevorzugen. Nach einer entsprechenden Risikobewertung darf aber durchaus auch das Arbeitsstromprinzip verwendet werden. Dementsprechend werden häufig Zuhaltungen im Ruhestromprinzip zum Personenschutz und Zuhaltungen mit Arbeitsstromprinzip für den so genannten Prozessschutz eingesetzt (siehe hierzu auch Kapitel 3.28 und Kapitel 3.29).

A)		Federkraft betätigt	Zugehalten
		Energie EIN entsperrt	Entsperrt
B)		Energie EIN betätigt	Zugehalten
		Federkraft entsperrt	Entsperrt
C)		Energie EIN betätigt	Zugehalten
		Energie EIN entsperrt	Entsperrt
D)		Energie EIN betätigt	Zugehalten



12. Fehlerausschlüsse

In der Sicherheitstechnik muss die korrekte Funktion der Sicherheitskette gewährleistet sein. Daher ist es von äußerster Wichtigkeit, dass mögliche Fehler, die auftreten und zum Verlust der Sicherheit führen könnten, ausgeschlossen werden.

Die zentrale Norm, die sich mit möglichen Fehlern in den Komponenten einer Sicherheitskette beschäftigt, ist die ISO 13849-2.

In deren Anhängen werden in tabellarischer Form mögliche Fehler und auch mögliche Ausschlüsse durch Anwendung bestimmter Techniken beschrieben. Ein Beispiel: Das Nicht-Öffnen eines elektromechanischen Kontaktes kann durch Verwendung eines Schalters mit zwangsöffnenden Kontakten ausgeschlossen werden.

Es gilt also, die zutreffenden Tabellen (insbesondere in Anhang D: Validierungswerkzeuge für elektrische Systeme) der Norm zu studieren und mögliche Fehlerausschlüsse zu dokumentieren.



ISO 13849-2:
Fehler-
ausschlüsse

Verifizierung

Validierung

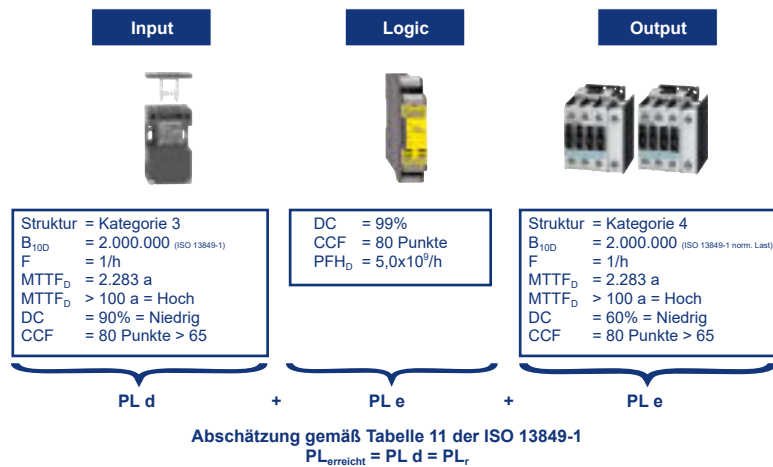


13. Verifizierung

Die Verifizierung dient dem Nachweis, dass die ausgewählten Komponenten und ihre Verschaltung genügend widerstandsfähig gegen systematische und zufällige Fehler sind, die zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen würden. Dies wird mit Hilfe einer PL-Berechnung bewerkstelligt, die zwingend auch die entsprechenden Logikbausteine und die Aktorik mit einbezieht. In ISO 13849-1 wird dieser Berechnungsvorgang beschrieben.

ISO 13849-1:
Verifizierung

Berechnung der Sicherheitsfunktion



Solche Berechnungen lassen sich auch mit dem von der BIA kostenlos zur Verfügung gestellten Softwaretool SISTEMA am Computer durchführen. Die Software steht zum Download bereit unter: <http://sistema.schmersal.net>

Viele Hersteller von Sicherheitsbauteilen stellen die Daten ihrer Komponenten in so genannten SISTEMA-Bibliotheken zur Verfügung. Die Schmersal-Bibliothek finden Sie unter dem Reiter „Weitere Produkte/Software“ unter: www.schmersal.net

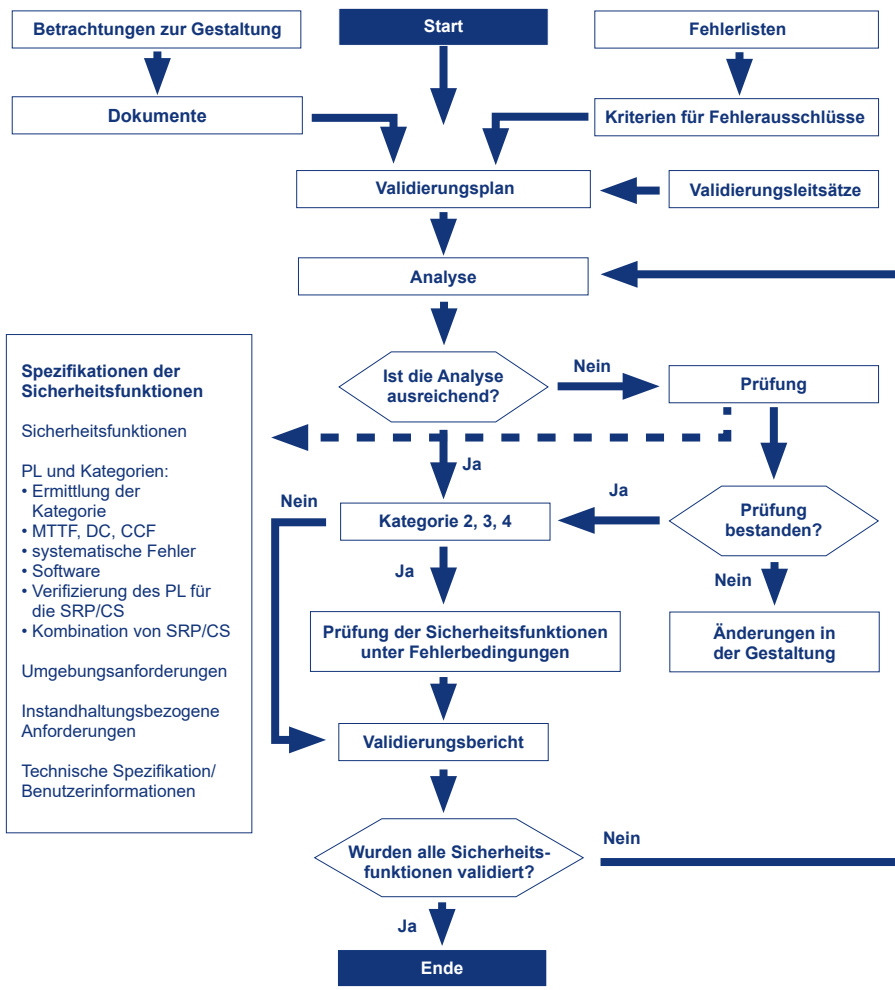


Seite 20

Seite 21

14. Validierung

Trotz aller Sorgfalt ist ein abschließendes Überprüfen aller Randbedingungen und Parameter vorgeschrieben, siehe ISO 13849-1, Bild 3. Wie bei der Validierung vorzugehen ist, wird in der Norm ISO 13849-2 beschrieben. Die Vorgehensweise wird dort folgendermaßen dargestellt:



- Spezifikationen der Sicherheitsfunktionen**
- Sicherheitsfunktionen
 - PL und Kategorien:
 - Ermittlung der Kategorie
 - MTF, DC, CCF
 - systematische Fehler
 - Software
 - Verifizierung des PL für die SRP/CS
 - Kombination von SRP/CS
 - Umgebungsanforderungen
 - Instandhaltungsbezogene Anforderungen
 - Technische Spezifikation/ Benutzerinformationen



ISO 13849-2: Validierung

Verifizierung

Validierung

Benutzerinformation

In unserer Broschüre „Gestaltung von trennenden Schutzeinrichtungen“ für
weiteren Seiten weitere Informationen.



Es kommt also nicht nur auf die theoretische Analyse, sondern, je nach Komplexität der Maschine, auch auf die praktische Prüfung der Sicherheitsfunktion an.

Zur praktischen Prüfung eines zweikanaligen Sicherheitskreises bietet sich z. B. an, einen Kanal bewusst abzuklemmen und die Reaktion des Systems zu testen.

Wichtig ist auch hier wieder die Dokumentation der Ergebnisse (Validierungsbericht).



15. Benutzerinformation

Sollten trotz aller Schutzmaßnahmen immer noch minimale Restrisiken an der Schutztür vorhanden sein (z. B. in bestimmten Betriebsarten, wie z. B. Instandhaltung, Einrichtbetrieb), so gilt es, den Anwender hierüber zu informieren.

Dies geschieht auf zwei verschiedene Weisen: an der Schutztür selbst und in der Betriebsanleitung der Maschine.

Es ist aber noch einmal deutlich darauf hinzuweisen, dass dies die letzte Möglichkeit der Risikominderung ist, die nur genutzt werden darf, wenn sowohl die inhärente Konstruktion (siehe Seite 5 dieser Broschüre) als auch die technische Schutzmaßnahme (sprich Verriegelung der Schutztür) ausgeschöpft sind.

Hinweise zur Erstellung einer normgerechten Betriebsanleitung finden sich in ISO 12100 Kapitel 6.4 und auch in IEC 82079-1.

ISO 12100:
Betriebs-
anleitung

IEC 82079-1



16. Normenverzeichnis

ISO 12100:2010	Allgemeine Gestaltungsleitsätze Risikobeurteilung und Risikominderung
ISO 13849-1:2015	Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze
ISO 13849-2:2012	Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 2: Validierung
ISO 13855:2010	Sicherheit von Maschinen – Anordnung von Schutzeinrichtungen im Hinblick auf Annäherungsgeschwindigkeiten von Körperteilen
ISO 13857:2008	Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsabstände gegen das Erreichen von Gefährdungsbereichen mit den oberen und unteren Gliedmaßen
ISO 14119:2013	Sicherheit von Maschinen – Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen – Leitsätze für Gestaltung und Auswahl
ISO 14120:2015	Sicherheit von Maschinen – Trennende Schutzeinrichtungen – Allgemeine Anforderungen an Gestaltung und Bau von feststehenden und beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen
ISO/TR 24119:2015	Safety of machinery – Evaluation of fault masking serial connection of guard interlocking devices with potential free contacts
IEC 60947-5-1:2016	Niederspannungsschaltgeräte – Teil 5-1: Steuergeräte und Schaltelemente – Elektromechanische Steuergeräte
IEC 60947-5-3:2013	Niederspannungsschaltgeräte – Teil 5-3: Steuergeräte und Schaltelemente – Anforderungen für Näherungsschalter mit definiertem Verhalten unter Fehlerbedingungen (PDDB)
IEC 82079-1:2012	Erstellen von Gebrauchsanleitungen – Gliederung, Inhalt und Darstellung – Teil 1: Allgemeine Grundsätze und ausführliche Anforderungen

Abschließend hoffen wir, Ihnen mit dieser Broschüre hilfreiche Hinweise bei der normenkonformen Konstruktion von Schutzeinrichtungen gegeben zu haben. Wir haben die Inhalte der Broschüre und des Posters nach bestem Wissen und Gewissen erstellt, übernehmen aber keinerlei Haftung für deren Inhalte. Außerdem weisen wir darauf hin, dass sich die Normung auf europäischer und internationaler Ebene in stetigem Veränderungsprozess befindet, um den technischen Fortschritt zu berücksichtigen und die Normen und Richtlinien z. B. an neue Technologien anzupassen.

Sollten Sie Fragen oder Anregungen haben, freuen wir uns auf Ihre Kontaktaufnahme. Bei weiterem Informationsbedarf verweisen wir Sie auf unser aktuelles Schulungs- und Veranstaltungsprogramm, das Sie unter www.technikum.com/academy/ einsehen können. Darüber hinaus stehen Ihnen unsere Mitarbeiter für weitere Auskünfte zur Verfügung.



tec.nicum
excellence in safety



Die funktionale Maschinensicherheit ist ein komplexes Aufgabenfeld, bei dem es eine Vielzahl von Normen und Richtlinien zu beachten gilt. tec.nicum bietet allen Maschinenbauern, -betreibern und Distributoren eine kompetente, produkt- und herstellernerneutrale Beratung zu allen aktuellen gesetzlichen Vorschriften und unterstützt sie bei der normenkonformen Gestaltung ihrer Maschinen und Arbeitsplätze.

Das Service-Angebot des tec.nicum umfasst vier Segmente:

- Wissensvermittlung – tec.nicum academy
- Beratungsdienstleistungen – tec.nicum consulting
- Technische Planung – tec.nicum engineering
- Ausführung – tec.nicum integration

Die Fachkräfte des tec.nicum führen für Kunden sicherheitstechnische Projekte von A bis Z durch – von der Analyse des Status quo über die Planung und Dokumentation bis hin zur schlüsselfertigen Übergabe der normenkonformen Maschine. Dabei bietet das tec.nicum den Unternehmen ein weltweites Beratungsnetzwerk mit vom TÜV Rheinland zertifizierten Functional Safety Engineers – so sind die Serviceleistungen der internationalen tec.nicum-Organisation einfach und bequem vor Ort abrufbar. Die tec.nicum-Experten verfügen sowohl über fundierte Kenntnisse der regional oder national geltenden Richtlinien, Gesetze und Verordnungen als auch über technisches Know-how und langjährige Erfahrung bei der Durchführung von Projekten.

Bei allen Beratungsdienstleistungen und Lösungskonzepten legt tec.nicum größten Wert auf Objektivität.

 academy	 consulting	 engineering	 integration
 <ul style="list-style-type: none"> ■ Seminare ■ Kundenspezifische Trainings ■ Inhouse-Trainings ■ Vortragsveranstaltungen 	 <ul style="list-style-type: none"> ■ Risikobeurteilung ■ Gefährdungsbeurteilungen ■ CE-Konformitätsverfahren ■ Berechnung von Sicherheitsfunktionen ■ Validierung ■ Bewertung von Maschinen und Produktionslinien 	 <ul style="list-style-type: none"> ■ Design von Schutzeinrichtungen ■ Technische Planung und Projektmanagement ■ SPS-Programmierung ■ CAD und CAE ■ Planung von Maschinen-Retrofit 	 <ul style="list-style-type: none"> ■ Installation von Schutzeinrichtungen ■ Umrüstung/Retrofit



Die genannten Daten und Angaben wurden sorgfältig geprüft.
Technische Änderungen und Irrtümer vorbehalten.

Gestaltung von trennenden Schutzeinrichtungen unter Berücksichtigung der ISO 14119

Zielsetzung: Hilfestellung zur normenkonformen Schutzürüberwachung unter Berücksichtigung der Maschinenrichtlinie und der damit verbundenen relevanten Normen.

Beweglich, trennende Schutzeinrichtungen müssen mit einer Verriegelungseinrichtung verbunden sein,

- die das Ingangsetzen der gefährlichen Maschinenfunktionen verhindert, bis die Schutzeinrichtung geschlossen ist,
- und einen Befehl zum Stillsetzen auslösen, wenn die Schutzeinrichtungen nicht mehr geschlossen sind.



In unserer Broschüre „Gestaltung von trennenden Schutzeinrichtungen“ finden Sie auf den angegebenen Seiten weitere Informationen.

Disclaimer: Erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit. Interpretation der K.A. Schmersal GmbH & Co. KG. Ersetzt nicht das Lesen der relevanten Normen.