Funktionale Sicherheit von Maschinen und Anlagen

Europäische Maschinenrichtlinie – einfach umgesetzt

EN ISO 13849-1

EN 62061

Safety Integrated

www.siemens.de/safety-integrated

SIEMENS

Neue Normen helfen dem Maschinenbauer

Weltweite Standards, weitreichende Richtlinien

Inhalt

Grundlegende Sicherheitsanforderungen in der Fertigungsindustrie 4

Grundlegende Normen beim Entwurf von Steuerungsfunktionen 5

Schritt für Schritt: Entwurf und Realisierung von sicherheitsbezogenen Steuerungen 6

Schritt 1: Strategie zur Risikominderung 8

Schritt 2: Risikobewertung 9

Schritt 3: Aufbau der Sicherheitsfunktion und Bestimmung der Sicherheitsintegrität 11

Schritt 4: Validierung auf Basis des Sicherheitsplans 17

Durchgängig profitieren: Sicherheit aus einer Hand 18

Anhang: Standard-B10-Werte 18

Glossar 19

Produktportfolio 20

Als Partner in allen Sicherheitsbelangen unterstützen wir nicht nur mit den entsprechenden sicherheitsgerichteten Produkten und Systemen, sondern auch mit stets aktuellem Know-how zu internationalen Normen und Bestimmungen. Maschinenherstellern und Anlagenbetreibern bieten wir ein umfangreiches Angebot an Schulungen sowie Services für den gesamten Lebenszyklus von sicherheitstechnischen Anlagen und Maschinen.

Um beim Bau einer Maschine das Restrisiko unter einem tolerierbaren Maß zu halten, sind Risikobeurteilung und gegebenenfalls -minderung von entscheidender Bedeutung. Die Risikobeurteilung dient einerseits dazu, die Maschine „step by step" sicherheitstechnisch zu optimieren, andererseits als „Beweismittel" im Schadensfall. Die Dokumentation beschreibt den Weg der Beurteilung und die erreichten Ergebnisse zur Gefahrenminimierung. Sie ist die Basis für einen sicheren Gebrauch der Maschine – wobei der Arbeitsschutz verlangt, dass der Betreiber seine Mitarbeiter dahingehend umfassend schult. Führt der Betreiber bestehende Maschinen zu einer Anlage zusammen oder nimmt er bestimmte Änderungen oder Erweiterungen an der Maschine vor, wird er selbst zum Maschinenbauer.

Die Einhaltung der Maschinenrichtlinie kann auf unterschiedliche Weise gewährleistet werden: in Form einer Maschinenabnahme durch eine Prüfstelle, durch Erfüllung der harmonisierten Normen – oder durch den alleinigen Sicherheitsnachweis mit erhöhtem Prüf- und Dokumentationsaufwand. In jedem Fall ist die CE-Kennzeichnung mit entsprechendem Sicherheitsnachweis der sichtbare Beweis für die Erfüllung der Maschinenrichtlinie. Laut EU-Rahmenrichtlinie für Arbeitsschutz ist sie verbindlich vorgeschrieben.

Unfälle vermeiden, Folgen verhindern

Verglichen mit den physischen oder psychischen Folgen, die ein Mensch durch Maschinen- oder Anlagenunfälle erleiden kann, sind Schäden an der Technik eher tolerierbar – auch wenn ein eventueller Maschinenausfall oder Produktionsstillstand finanziell enorm ins Gewicht fallen kann. Kommt es aber tatsächlich zum „Worst-Case-Szenario", muss die Schuldfrage in einer Untersuchung geklärt werden. Stellt sich heraus, dass nicht alle relevanten Richtlinien eingehalten wurden, kann das zu erheblichen Schadenersatz-Forderungen führen. Zudem kann auch das Unternehmens-Image darunter leiden – mit weitreichenden Konsequenzen. Werden jedoch alle relevanten Normen erfüllt, kann davon ausgegangen werden, dass die Anforderungen der entsprechenden Richtlinien ebenfalls bedient werden (Vermutungswirkung).

Im Folgenden zeigen wir Ihnen Schritt für Schritt, wie Sie mit Ihrer Maschine jederzeit auf der sicheren Seite sind.

Das Safety Evaluation Tool

Das Safety Evaluation Tool für die Normen IEC 62061 und ISO 13849-1 bringt Sie auf direktem Weg ans Ziel. Denn dieses TÜV-geprüfte Online-Tool aus dem Safety Integrated Programm von Siemens hilft Ihnen schnell und sicher bei der Bewertung von Sicherheitsfunktionen Ihrer Maschine.

Als Ergebnis erhalten Sie einen normenkonformen Bericht, der als Sicherheitsnachweis in die Dokumentation integriert werden kann.

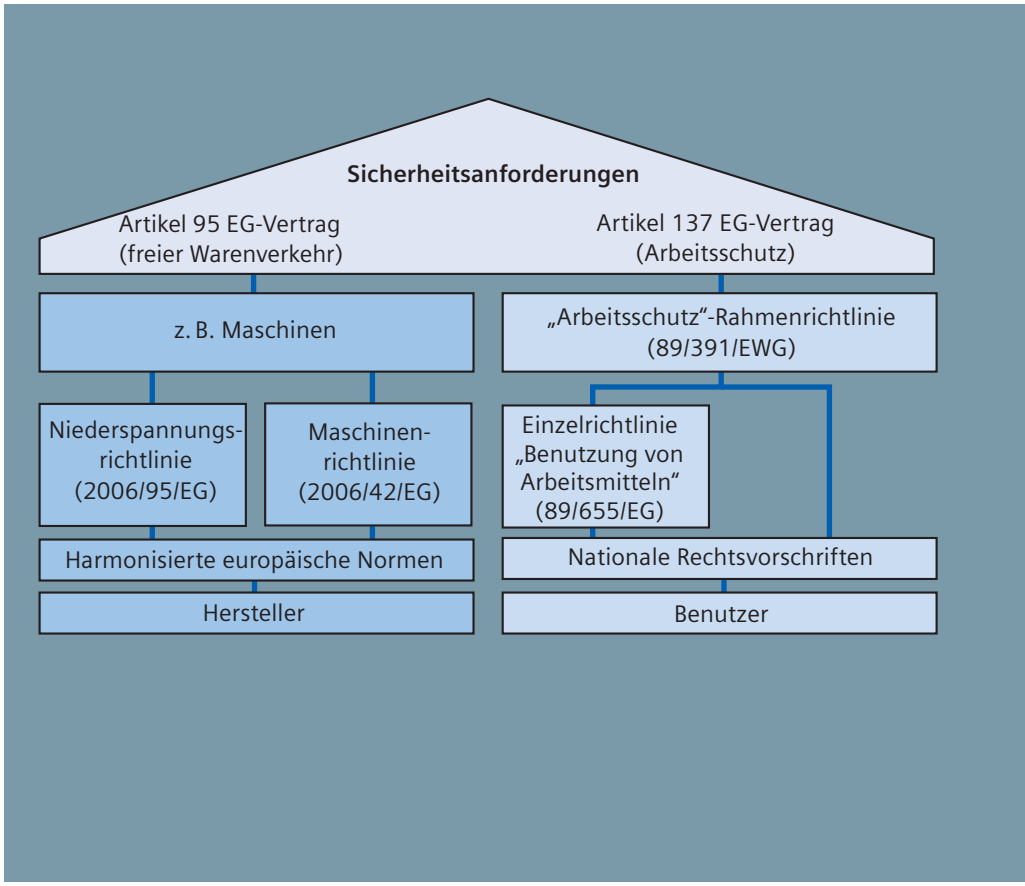
www.siemens.de/
safety-evaluation-tool

Grundlegende Sicherheitsanforderungen in der Fertigungsindustrie

Ziel:
Schutz von Mensch, Maschine und Umwelt

Ergebnis:
CE-Kennzeichnung zum Nachweis einer „sicheren Maschine“

CE



Mit der Einführung des einheitlichen europäischen Binnenmarktes wurden die nationalen Normen und Vorschriften, welche die technische Realisierung von Maschinen betreffen, durchgängig harmonisiert:

- Dabei wurden grundlegende Sicherheitsanforderungen festgelegt, die sich zum einen – für den freien Warenverkehr bestimmt (Artikel 95) – an den Hersteller richten und zum anderen – für den Arbeitsschutz (Artikel 137) – an den Benutzer (Betreiber).
- Dies hatte zur Folge, dass die Maschinenrichtlinie als eine Binnenmarktrichtlinie – auf Basis der EG-Verträge – von den einzelnen Mitgliedsstaaten inhaltlich in nationales Recht umgesetzt werden musste. In Deutschland wurde diese z. B. im Gerätesicherheitsgesetz GSG verankert.

Damit die Konformität mit einer Richtlinie sichergestellt ist, empfiehlt es sich, die entsprechend harmonisierten europäischen Normen anzuwenden. Dies löst die so genannte „Vermutungswirkung“ aus und gibt Hersteller und Betreiber Rechtssicherheit bezüglich der Erfüllung nationaler Vorschriften wie auch der EG-Richtlinie.

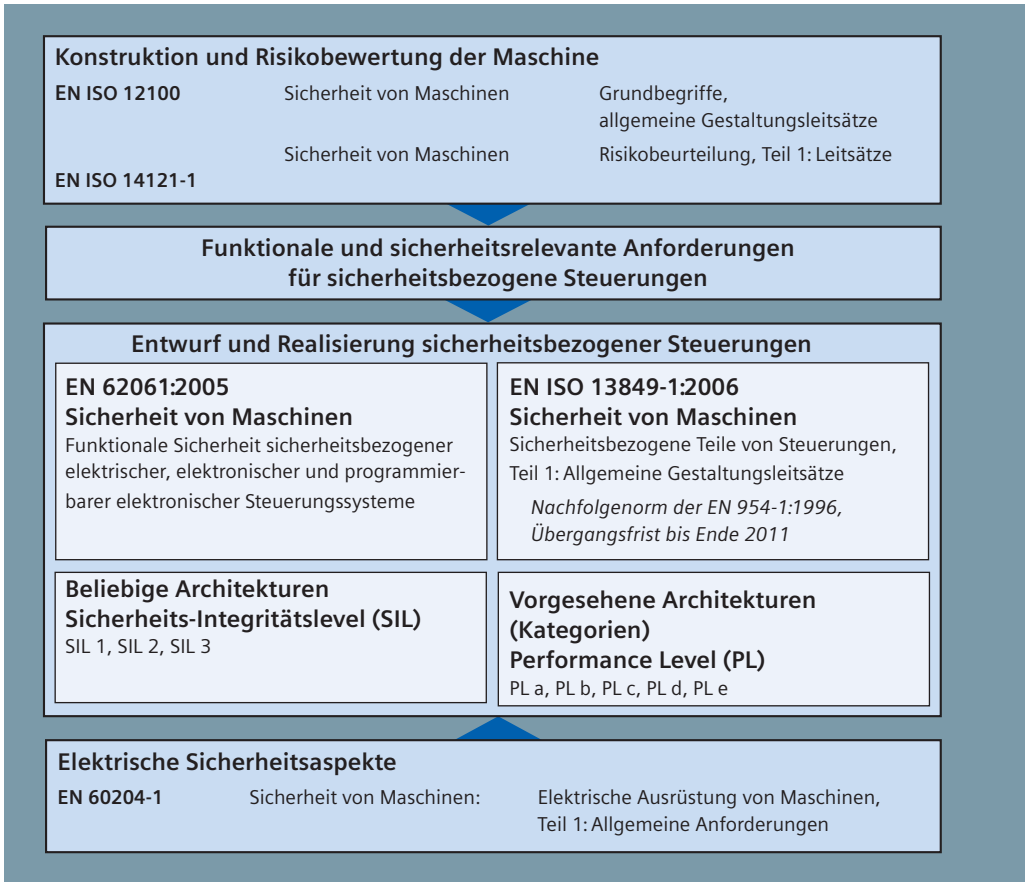
Mit der CE-Kennzeichnung dokumentiert der Hersteller einer Maschine die Einhaltung aller zutreffenden Richtlinien und Vorschriften im freien Warenverkehr. Da die europäischen Richtlinien weltweit anerkannt sind, hilft deren Anwendung auch beim Export in EWR-Länder.

Alle nachfolgenden Erläuterungen richten sich an den Hersteller einer Maschine oder dessen Betreiber, sofern dieser sicherheitsrelevante Änderungen an der Maschine vornimmt oder vornehmen lässt.

Grundlegende Normen beim Entwurf von Steuerungsfunktionen

Ziel:
Erfüllen aller zutreffenden Sicherheitsanforderungen durch ausreichende Risikominderung – mit dem Ziel, haftungssicher und „exportfähig" zu sein.

Ergebnis:
Realisierung von risikomindernden Schutzmaßnahmen durch Anwendung harmonisierter Normen – dadurch Konformität mit den Sicherheitsanforderungen der Maschinenrichtlinie auf Basis der „Vermutungswirkung".

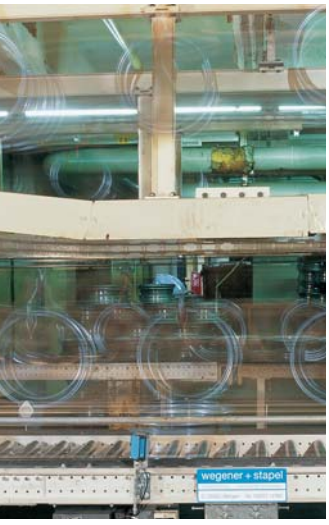


Sicherheit erfordert Schutz vor vielfältigen Gefährdungen. Diese können wie folgt beherrscht werden:

- Konstruktion gemäß risikomindernder Gestaltungsleitsätze – und Risikobewertung der Maschine (EN ISO 12100-1, EN ISO 14121-1)
- Technische Schutzmaßnahmen, ggf. durch Verwendung sicherheitsbezogener Steuerungen (funktionale Sicherheit nach EN 62061 oder EN ISO 13849-1)
- Elektrische Sicherheit (EN 60204-1)

Im Folgenden wird die **funktionale Sicherheit** behandelt. Dabei handelt es sich um den Teil der Sicherheit einer Maschine oder Anlage, der von der korrekten Funktion ihrer Steuerungs- oder Schutzeinrichtungen abhängt. Dem Anwender stehen dabei zwei Normen zur Verfügung:

- EN 62061:2005 – als europäische Sektornorm der Basisnorm IEC 61508.
- EN ISO 13849- 2006 – als revidierte Nachfolgenorm der EN 954-1, da diese in Bezug auf die Kategorien nicht mehr ausreicht.



Schritt für Schritt

Entwurf und Realisierung von sicherheitsbezogenen Steuerungen

Die Norm EN 62061

Die Norm EN 62061 „Sicherheit von Maschinen – funktionale Sicherheit von elektrischen, elektronischen und programmierbaren Steuerungen von Maschinen“ definiert umfangreiche Anforderungen. Außerdem gibt sie Empfehlungen für Entwurf, Integration und Validierung von sicherheitsbezogenen elektrischen, elektronischen sowie programmierbaren elektronischen Steuerungssystemen (SRECS) für Maschinen. Die Norm betrachtet erstmalig die gesamte Sicherheitskette vom Sensor bis zum Aktor. Um einen Sicherheitsintegritäts-Level wie etwa SIL 3 zu erreichen, genügt es nicht mehr, dass die Einzelkomponenten entsprechend zertifiziert sind. Vielmehr muss die gesamte Sicherheitsfunktion den definierten Anforderungen gerecht werden.

Anforderungen an die Leistungsfähigkeit von nicht elektrischen – z. B. hydraulischen, pneumatischen oder elektromechanischen – sicherheitsbezogenen Steuerungselementen für Maschinen werden von der Norm nicht festgelegt.

Anmerkung:
Werden nicht elektrische sicherheitsbezogene Steuerungselemente über eine passende elektrische Rückleseinformation überwacht, so können diese Elemente für die Sicherheitsbetrachtung bei Erfüllung der Anforderung vernachlässigt werden.

Die Norm EN ISO 13849-1

Die EN ISO 13849-1 „Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen, Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze“ setzt auf den bekannten Kategorien der EN 954-1, Ausgabe 1996 auf. Sie betrachtet die kompletten Sicherheitsfunktionen mit allen Geräten, die an ihrer Ausführung beteiligt sind.

Mit der EN ISO 13849-1 erfolgt – über den qualitativen Ansatz der EN 954-1 hinaus – auch eine quantitative Betrachtung der Sicherheitsfunktionen. Aufbauend auf den Kategorien werden hierfür Performance Level (PL) verwendet. Die Norm beschreibt die Ermittlung des PL für sicherheitsrelevante Teile von Steuerungen auf Basis vorgesehener Architekturen (designated architectures) für die vorgesehene Gebrauchsdauer. Bei Abweichungen hiervon verweist EN ISO 13849-1 auf IEC 61508. Bei Kombination mehrerer sicherheitsrelevanter Teile zu einem Gesamtsystem macht die Norm Angaben zur Ermittlung des resultierenden PL.

Dabei darf sie auf sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen (SRP/CS) und alle Arten von Maschinen, ungeachtet der verwendeten Technologie und Energie, elektrisch, hydraulisch, pneumatisch, mechanisch usw. angewendet werden.

Die Übergangsfrist von EN 954-1 zu EN ISO 13849-1 endet 2011. In dieser Zeit dürfen beide Normen alternativ angewendet werden.

Sicherheitsplan nach EN 62061 – Leitfaden bei der Realisierung einer sicheren Maschine

Durch ein systematisches Vorgehen über den gesamten Produkt-Lebenszyklus lassen sich alle sicherheitsrelevanten Aspekte und Regelungen für die Konstruktion und den Betrieb einer sicheren Maschine bestimmen und umsetzen. Der Sicherheitsplan (Safety Plan) begleitet Anwender in allen Phasen – bis hin zu Modernisierung und Upgrade. Aufbau und Umsetzungspflicht des Sicherheitsplans sind in EN 62061 definiert.

Die Norm fordert in diesem Rahmen eine systematische Vorgehensweise bei der Realisierung eines Sicherheitssystems (SRECS). Dazu gehört, dass alle Aktivitäten im Sicherheitsplan dokumentiert werden: von der Gefährdungsanalyse und Risikobeurteilung der Maschine über den Entwurf und die Realisierung des SRECS – bis hin zur Validierung. Dabei muss der Sicherheitsplan immer synchron mit der Realisierung des SRECS aktualisiert werden.

Folgende Themen und Aktivitäten werden im Sicherheitsplan dokumentiert:

- **Planung und Vorgehensweise aller – für die Realisierung eines SRECS erforderlichen – Aktivitäten.**
  Zum Beispiel:
  - Entwickeln der Spezifikation der sicherheitsbezogenen Steuerungsfunktion (SRCF)
  - Entwurf und Integration des SRECS
  - Validierung des SRECS
  - Erstellen der Benutzerdokumentation zum SRECS
  - Dokumentation aller relevanten Informationen zur Realisierung des SRECS (Projektdokumentation)

- **Strategie zur Erreichung der funktionalen Sicherheit**

- **Verantwortlichkeiten bezüglich Ausführung und Überprüfung aller Aktivitäten**

Die hier beschriebenen Tätigkeiten sind in der EN ISO 13849-1:2006 nicht explizit beschrieben – jedoch für die korrekte Umsetzung der Maschinenrichtlinie notwendig.

Schritt 1:
Strategie zur Risikominderung nach EN ISO 12100-1, Abschnitt 1

Ziel:
Risikominderung

Ergebnis:
Schutzmaßnahmen definieren und bestimmen

Die primäre Aufgabe einer Risikominderung ist es, Gefährdungen zu erkennen, zu bewerten – und mit Hilfe von Schutzmaßnahmen zu beherrschen, so dass kein Schaden von ihnen ausgehen kann.

Dazu wird in EN ISO 12100-1 folgender iterativer Prozess vorgeschlagen:

1. Festlegen der physikalischen und zeitlichen Grenzen der Maschine
2. Identifizierung der Gefährdungen, Risikoeinschätzung und -bewertung
3. Einschätzen des Risikos für jede identifizierte Gefährdung und Gefährdungssituation
4. Bewerten des Risikos und Festlegen von Entscheidungen zur Risikominderung
5. Beseitigen der Gefährdung oder Vermindern des mit der Gefährdung verbundenen Risikos durch die „3-Schritt-Methode" – inhärent sichere Konstruktion, technische Schutzmaßnahmen sowie Benutzerinformation

Die Norm EN ISO 14121-1 enthält detaillierte Informationen zu den Schritten 1 bis 4.

Aus den ermittelten Risiken ergeben sich die Sicherheitsanforderungen, die erfüllt werden müssen. Dabei unterstützt EN 62061 mit dem Sicherheitsplan ein strukturiertes Vorgehen:
Für jede erkannte Gefährdung muss eine Sicherheitsfunktion spezifiziert werden. Hierzu gehört auch die Testspezifikation – siehe „Validierung".

Schritt 2:
Risikobewertung

Ziel:
Risikoelemente für eine Sicherheitsfunktion bestimmen und bewerten

Ergebnis:
Geforderte Sicherheitsintegrität festlegen

Die Risikoelemente (S, F, W und P) dienen als Eingangsgröße für beide Normen. Die Bewertung dieser Risikoelemente erfolgt auf unterschiedliche Art und Weise. Nach EN 62061 wird ein geforderter Sicherheitsintegritäts-Level (SIL) bestimmt, nach EN ISO 13849-1 ein Performance Level (PL).

Risiko bezogen auf die identifizierte Gefährdung	=	Schwere des Schadens **S**	und	Frequenz und Dauer der Aussetzung **F** Eintrittswahrscheinlichkeit **W** Möglichkeit zur Vermeidung der Gefährdung oder Begrenzung des Schadens **P**

Anhand des Beispiels „Eine rotierende Spindel muss beim Öffnen einer Schutzhaube sicher stillgesetzt werden" soll das Risiko unter Anwendung beider Normen bewertet werden.

Bestimmung des erforderlichen SIL (durch SIL-Zuordnung)

Häufigkeit und/oder Aufenthaltsdauer **F**		Eintrittswahrscheinlichkeit des Gefährdungsereignisses **W**		Möglichkeit der Vermeidung **P**	
≤ 1 Std.	5	häufig	5		
> 1 Std. bis ≤ 1 Tag	5	wahrscheinlich	4		
> 1 Tag bis ≤ 2 Wo.	4	möglich	3	unmöglich	5
> 2 Wo. bis ≤ 1 Jahr	3	selten	2	möglich	3
> 1 Jahr	2	vernachlässigbar	1	wahrscheinlich	1

Auswirkungen	Schadensausmaß **S**	Klasse **K = F + W + P**				
		3–4	**5–7**	**8–10**	**11–13**	**14–15**
Tod, Verlust von Auge oder Arm	4	SIL 2	SIL 2	SIL 2	SIL 3	SIL 3
Permanent, Verlust von Fingern	3	andere Maßnahmen		SIL 1	SIL 2	SIL 3
Reversibel, medizinische Behandlung	2				SIL 1	SIL 2
Reversibel, Erste Hilfe	1					SIL 1

Beispiel

Gefährdung	**S**	**F**	**W**	**P**		**K**	**Sicherheitsmaßnahmen**	**Sicher**
Rotierende Spindel	3	5	4	3	=	**12**	Überwachung Schutzhaube mit einem geforderten **SIL 2**	Ja, mit SIL 2

Vorgehensweise

1. Schadensausmaß S festlegen:	Permanent, Verlust von Fingern, S = 3
2. Punkte für Häufigkeit F, Wahrscheinlichkeit W und Vermeidung P bestimmen:	– Aufenthalt im Gefahrenbereich: einmal pro Tag, F = 5 – Eintrittswahrscheinlichkeit: wahrscheinlich, W = 4 – Möglichkeit zur Vermeidung: möglich, P = 3
3. Summe der Punkte F + W + P = Klasse K	K = 5 + 4 + 3 = 12
4. Schnittpunkt Zeile Schadensausmaß S und Spalte K = geforderter SIL	SIL 2

Der geforderte SIL ist somit SIL 2

Bestimmung des erforderlichen PL (durch Risikograf)

Die Einschätzung des Risikos erfolgt anhand der gleichen Risikoparameter:

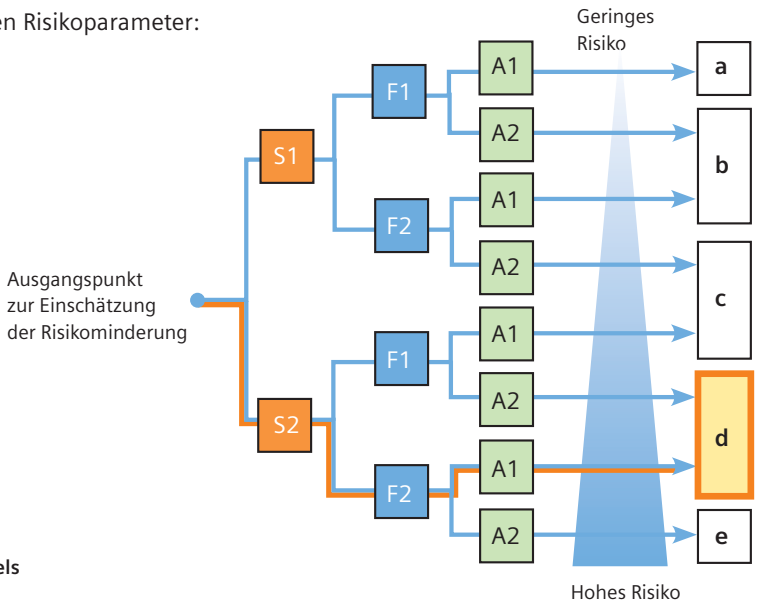
Risikoparameter

S = Schwere der Verletzung
- S1 = leichte (üblicherweise reversible) Verletzung
- S2 = schwere (üblicherweise irreversible) Verletzung, einschließlich Tod

F =Häufigkeit und/oder Aufenthaltsdauer der Gefährdungsaussetzung
- F1 = selten bis öfter und/oder Zeit der Gefährdungsaussetzung ist kurz
- F2 = häufig bis dauernd und/oder Zeit der Gefährdungsaussetzung ist lang

P = Möglichkeit zur Vermeidung der Gefährdung oder Begrenzung des Schadens
- P1 = möglich unter bestimmten Bedingungen
- P2 = kaum möglich

a, b, c, d, e = Ziele des sicherheitsgerichteten Performance Levels



Vorgehensweise

1. Schadensausmaß S festlegen:	S2 = schwere (üblicherweise irreversible) Verletzung, einschließlich Tod
2. Häufigkeit und/oder Aufenthaltsdauer der Gefährdungsaussetzung F festlegen:	F2 = häufig bis dauernd und/oder Zeit der Gefährdungsaussetzung ist lang
3. Möglichkeit zur Vermeidung der Gefährdung oder Begrenzung des Schadens P festlegen:	P1 = möglich unter bestimmten Bedingungen

Der geforderte Performance Level ist somit PL d.

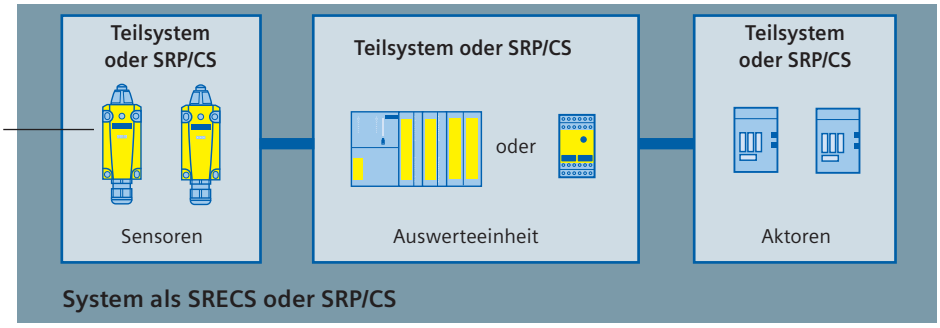
Schritt 3:
Aufbau der Sicherheitsfunktion und Bestimmung der Sicherheitsintegrität

Ziel:
Steuerungsfunktion und Bestimmung der Sicherheits-integrität

Ergebnis:
Güte der ausgewählten Steuerungsfunktion

Innerhalb beider Normen wird zwar eine unterschiedliche Methodik zur Bewertung einer Sicherheitsfunktion angewendet, die Ergebnisse lassen sich dennoch ineinander überführen. Beide Normen verwenden ähnliche Begriffe und Definitionen.
Die Betrachtung der gesamten Sicherheitskette beider Normen ist vergleichbar:
Eine Sicherheitsfunktion wird als System bezeichnet.

Aufbau einer Sicherheitsfunktion



SRP/CS: sicherheitsbezogene Teile einer Steuerung nach EN ISO 13849-1
SRECS: sicherheitsbezogenes elektrisches Steuerungssystem nach EN 62061

Beispiel:

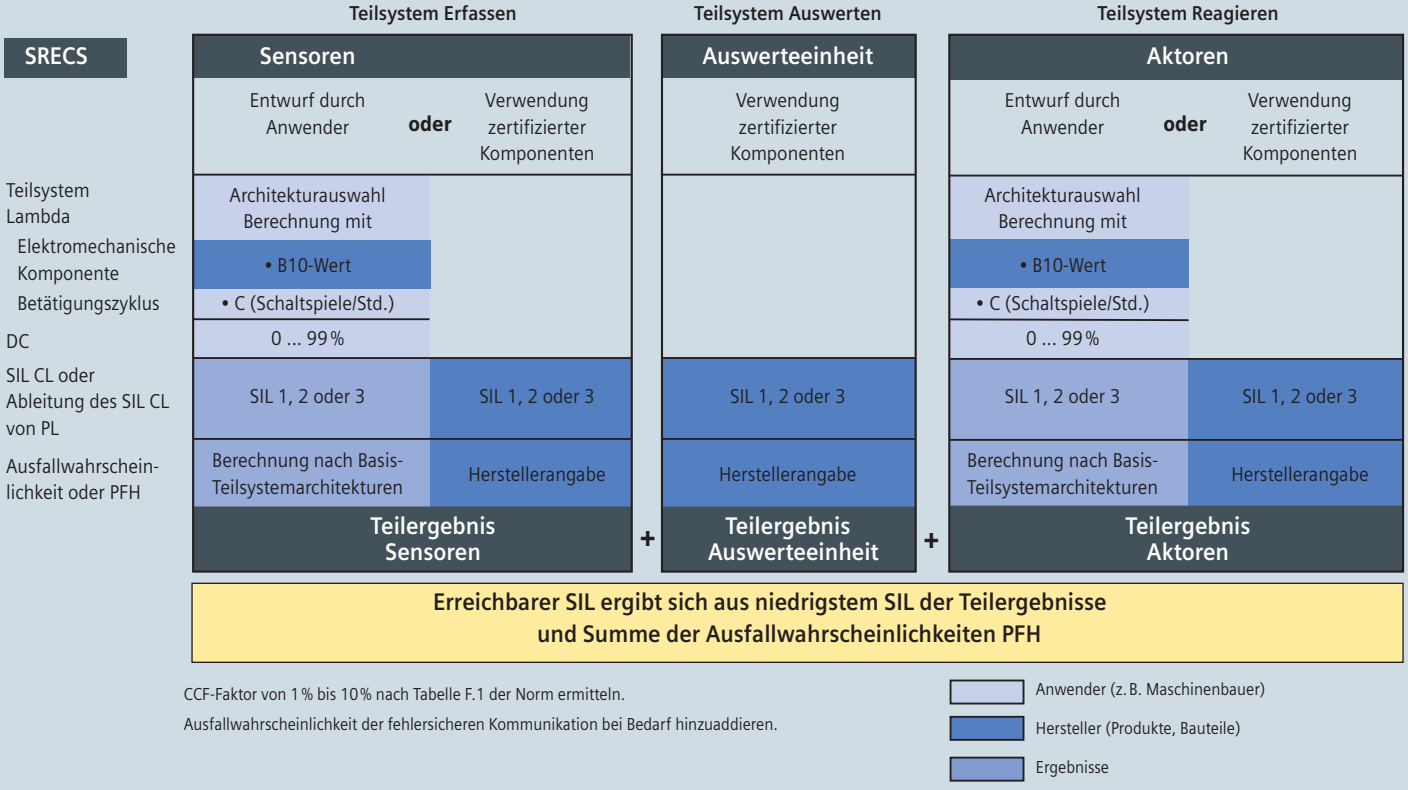
- Anforderung: Eine rotierende Spindel muss beim Öffnen einer Schutzhaube sicher stillgesetzt werden.
- Lösung: Die Schutzhauben-Überwachung wird mit zwei Positionsschaltern (Sensoren) realisiert. Das Abschalten der rotierenden Spindel erfolgt mit zwei Lastschützen (Aktoren). Die Auswerteeinheit kann eine fehlersichere Steuerung (CPU, F-DI, F-DO) oder ein Sicherheitsschaltgerät sein.

Die Verbindungstechnik zwischen den Teilsystemen ist in die Betrachtungen einzubeziehen.

Gemeinsame und vereinfachte Vorgehensweise:

1. Jedes Teilsystem bzw. SRP/CS bewerten und „Teilergebnisse“ erhalten.
   Hierzu gibt es zwei Möglichkeiten:
   a. Verwendung zertifizierter Komponenten mit Herstellerangaben (z. B. SIL CL, PFH oder PL).
   b. Auf Basis der ausgewählten Architektur (ein- oder zweikanalig) erfolgt die Berechnung der Ausfallraten der Teilsystem-Elemente oder -Komponenten. Anschließend erfolgt die Berechnung der Ausfallwahrscheinlichkeit des Teilsystems oder der SRP/CS.
2. Die Teilergebnisse bzgl. der strukturellen Anforderungen (SIL CL bzw. PL) beurteilen und die Ausfallwahrscheinlichkeiten/PFH addieren.

Methodik nach EN 62061



Anmerkungen: 1. Eine genaue Vorgehensweise zur Bestimmung der Sicherheitsintegrität finden Sie im Funktionsbeispiel zur EN 62061.
Siehe hierzu auch: http://support.automation.siemens.com/WW/view/de/2399647
2. Auf Seite 19 der vorliegenden Broschüre finden Sie Erklärungen zu den Abkürzungen.

Teilsystem „Erfassen" – Sensoren

Bei zertifizierten Komponenten liefert der Hersteller die notwendigen Werte (SIL CL und PFH). Bei Verwendung von elektromechanischen Komponenten im Anwenderentwurf können SIL CL und PFH-Wert wie folgt ermittelt werden.

Bestimmung des SIL CL
Für das Beispiel kann SIL CL 3 angenommen werden, da die verwendete Architektur der Kategorie 4 nach EN 954-1 entspricht und entsprechende Diagnose vorhanden ist.

Berechnung der Ausfallraten λ der Teilsystem-Elemente „Positionsschalter"
Mit dem B10-Wert und den Schaltspielen C kann mit einer Formel gemäß EN 62061 Abschnitt 6.7.8.2.1 die gesamte Ausfallrate λ einer elektromechanischen Komponente berechnet werden:

$\lambda = (0{,}1 * C) / B10 = (0{,}1 * 1) / 10.000.000 = 10^{-8}$
C = Anwenderangabe der Betätigungszyklen pro Stunde (duty cycle)
B10-Wert = Herstellerangabe (siehe Anhang Seite 18 – Tabelle B10-Werte)

Die Ausfallrate λ setzt sich aus ungefährlichen (λ_S) und gefahrbringenden (λ_D) Anteilen zusammen:

$\lambda = \lambda_S + \lambda_D$
$\lambda_D = \lambda$* Anteil gefahrbringender Ausfälle in %
$= 10^{-8} * 0{,}2 = 2 * 10^{-9}$
(siehe Anhang Seite 18 – Tabelle B10-Werte)

Berechnung der gefahrbringenden Ausfallwahrscheinlichkeit PFH_D nach verwendeter Architektur

Die EN 62061 definiert vier Architekturen für Teilsysteme (Basis-Teilsystem-architektur A bis D). Für die Ermittlung der Ausfallwahrscheinlichkeit PFH_D stellt die Norm für jede Architektur Berechnungsformeln zur Verfügung.

Für ein zweikanaliges Teilsystem mit Diagnose (Basis-Teilsystemarchitektur D) sowie mit gleichen Elementen errechnet sich für jedes Teilsystem folgende gefahrbringende Ausfallrate λ_D:

$\lambda_D = (1 - \beta)^2 * \{[\lambda_{De}^2 * DC * T2] + [\lambda_{De}^2 * (1 - DC) * T1]\} + \beta * \lambda_{De}, = \approx 2*10^{-10}$
$PFH_D = \lambda_D * 1\ Std. \approx 2*10^{-10}$
λ_{De} = gefahrbringende Ausfallrate für ein Teilsystem-Element

Für die Berechnung des Beispieles wurden folgende Annahmen getroffen:

ß = 0,1	konservative Annahme, da Maximalwert aus der Norm
DC = 0,99	durch Diskrepanz- und Kurzschlussüberwachung
T2 = 1/C	durch Auswertung im Sicherheitsprogramm
T1 = 87.600 Std. (10 Jahre)	Gebrauchsdauer der Komponente

Teilsystem „Auswerten" – Auswerteeinheit:

Bei zertifizierten Komponenten liefert der Hersteller die notwendigen Werte.

Beispielwerte:
SIL CL = SIL 3
$PFH_D = < 10^{-9}$

Teilsystem „Reagieren" – Aktoren:

Bei zertifizierten Komponenten liefert der Hersteller die notwendigen Werte:

Beispielwerte:
SIL CL = SIL 2
$PFH_D = 1,29*10^{-7}$

Bei Entwurf durch Anwender für Teilsystem „Reagieren" wird mit der gleichen Vorgehensweise gearbeitet wie beim Teilsystem „Erfassen".

Bestimmung der Sicherheitsintegrität der Sicherheitsfunktion

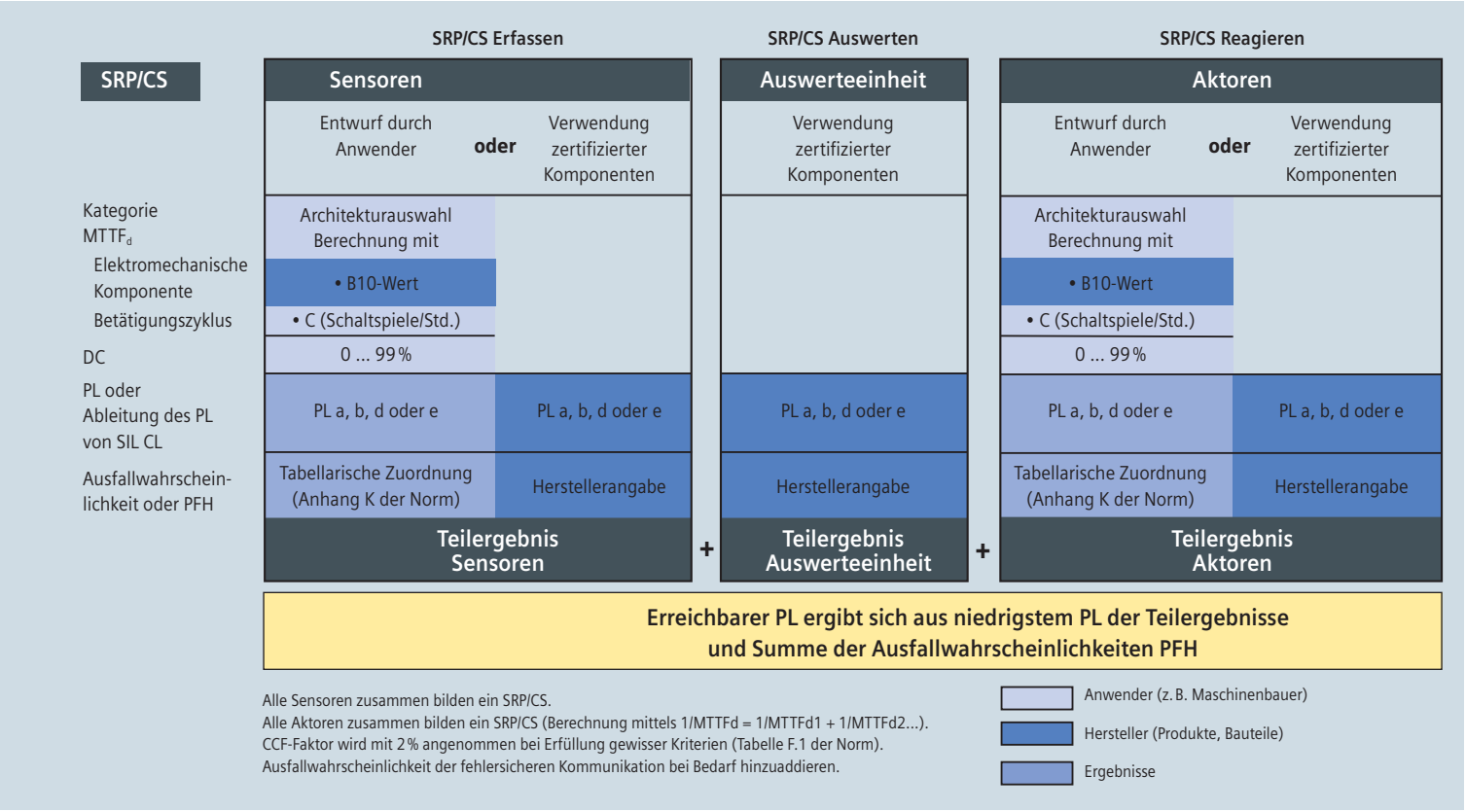
Es muss die kleinste SIL-Anspruchsgrenze (SIL CL) aller Teilsysteme der sicherheitsbezogenen Steuerungsfunktion (SRCF) bestimmt werden:

SIL CL Min = Minimum (SIL CL (Teilsystem 1)) .....SIL CL (Teilsystem n)
= SIL CL 2

Summe der gefahrbringenden Ausfallwahrscheinlichkeiten (PFH_D) der Teilsysteme
$PFH_D = PFH_D$ (Teilsystem 1) + ... + PFH_D (Teilsysteme n) = $1,30*10^{-7}$
$= <10^{-6}$ entspricht SIL 2

Ergebnis: Die Sicherheitsfunktion erfüllt die Anforderung für SIL 2

Methodik nach EN ISO 13849-1



SRP/CS „Erfassen" – Sensoren

Bei zertifizierten Komponenten liefert der Hersteller die notwendigen Werte (PL ,SIL CL oder PFH_D). Der SIL CL und der PL können auf Basis der Ausfallwahrscheinlichkeiten ineinander überführt werden, siehe Punkt Umsetzung von SIL und PL.
Bei Verwendung von elektromechanischen Komponenten im Anwenderentwurf können PL und PFH_D-Wert wie folgt ermittelt werden.

Berechnung der Ausfallraten der SRP/CS-Elemente „Positionsschalter"
Mit dem B10-Wert und dem Schaltspiel n_{op} kann der Anwender die Ausfallrate $MTTF_d$ der elektromechanischen Komponente berechnen:

$MTTF_d = B10_d / (0{,}1 * n_{op}) = 0{,}2 * 10^8$ Stunden = 2.300 Jahre entspricht $MTTF_d$ = hoch

mit n_{op} = Betätigungen pro Jahr (number of operations: Angabe des Anwenders)

$n_{op} = (d_{op} * h_{op} * 3.600\ s/h) / t_{Zyklus}$

mit folgenden Annahmen, die in Bezug zur Anwendung des Bauteils getroffen worden sind:

- h_{op} ist die mittlere Betriebszeit in Stunden je Tag;
- d_{op} ist die mittlere Betriebszeit in Tagen je Jahr;
- t_{Zyklus} ist die mittlere Zeit zwischen dem Beginn zweier aufeinander folgender Zyklen des Bauteils (z. B. Schalten eines Ventils) in Sekunden je Zyklus.

Für die Bewertung des Beispieles wurden folgende Annahmen getroffen:

DC „hoch“ durch Diskrepanz- und Kurzschlussüberwachung
Kategorie 4

Ergebnis: Es wird Performance Level PL e mit einer Ausfallwahrscheinlichkeit von $2{,}47*10^{-8}$ erreicht

(aus Anhang K der Norm EN ISO 13849-1: 2006)

SRP/CS „Auswerten“ – Auswerteeinheit

Bei zertifizierten Komponenten liefert der Hersteller die notwendigen Werte.

Beispielwerte:
SIL CL = SIL 3, entspricht PL e
$PFH_D = < 10^{-9}$

SRP/CS „Reagieren“ – Aktoren

Bei zertifizierten Komponenten liefert der Hersteller die notwendigen Werte:

Beispielwerte:
SIL CL = SIL 2, entspricht PL d
$PFH_D = 1{,}29*10^{-7}$

Bei Entwurf durch Anwender für SRP/CS „Reagieren“ wird mit der gleichen Vorgehensweise gearbeitet wie beim SRP/CS „Erfassen“.

Bestimmung der Sicherheitsintegrität der Sicherheitsfunktion
Es muss der kleinste PL aller SRP/CS der sicherheitsbezogenen Steuerungsfunktion (SRCF) bestimmt werden:

PL Mn = Minimum (PL (SRP/CS 1)) .....PL (SRP/CS n) = PL d

Summe der gefahrbringenden Ausfallwahrscheinlichkeiten (PFH_D) der SRP/CS
$PFH_D = PFH_D$ (SRP/CS 1) + ... + PFH_D (SRP/CS n) = $1{,}74*10^{-7} = <10^{-6}$ entspricht PL d

Ergebnis: Die Sicherheitsfunktion erfüllt die Anforderung für PL d

Bestimmung des Performance Levels aus Kategorie, DC und $MTTF_d$

Innerhalb beider Normen wird zwar eine unterschiedliche Methodik zur Bewertung einer Sicherheitsfunktion angewendet, die Ergebnisse lassen sich aber ineinander überführen.
Vereinfachtes Verfahren zur Bewertung des durch ein SPR/CS erreichten PL:

Kategorie	B	1	2	2	3	3	4
DC_{avg}	kein	kein	niedrig	mittel	niedrig	mittel	hoch
$MTTF_d$ jedes Kanals							
niedrig	a	nicht abgedeckt	a	b	b	c	nicht abgedeckt
mittel	b	nicht abgedeckt	b	c	c	d	nicht abgedeckt
hoch	nicht abgedeckt	c	c	d	d	d	e

Umsetzung von SIL und PL

Die Bewertung der Sicherheitsfunktion kann wie zuvor gezeigt nach zwei unterschiedlichen Methoden erfolgen. Der SIL und der PL können auf Basis der gefahrbringenden Ausfallwahrscheinlichkeiten miteinander verglichen werden, siehe nachfolgende Tabelle.

SIL und PL sind aufeinander abbildbar

Sicherheits-Integritätslevel SIL	Wahrscheinlichkeit gefahrbringender Ausfälle pro Stunde (1/h)	Performance Level PL
–	$\geq 10^{-5}$ bis $< 10^{-4}$	a
SIL 1	$\geq 3 \times 10^{-6}$ bis $< 10^{-5}$	b
SIL 1	$\geq 10^{-6}$ bis $< 3 \times 10^{-6}$	c
SIL 2	$\geq 10^{-7}$ bis $< 10^{-6}$	d
SIL 3	$\geq 10^{-8}$ bis $< 10^{-7}$	e

Schritt 4:
Validierung auf Basis des Safety Plans

Ziel:
Überprüfung der Umsetzung der spezifizierten Sicherheitsanforderungen

Ergebnis:
Dokumentierter Nachweis in Bezug auf die Erfüllung der Sicherheitsanforderungen

Bei der Validierung wird überprüft, ob das Sicherheitssystem (SRECS) die in der „Spezifikation der SRCF" beschriebenen Anforderungen erfüllt. Grundlage ist dabei der Sicherheitsplan.
Folgende Vorgehensweise wird bei der Validierung gefordert:

- Die Verantwortlichkeiten sind zu definieren und zu dokumentieren.
- Auch alle Tests müssen dokumentiert werden.
- Jede SRCF muss durch Test und/oder Analyse validiert werden.
- Die systematische Sicherheitsintegrität des SRECS muss ebenfalls validiert werden.

Planen

Der Sicherheitsplan ist zu erstellen. Die Validierung wird anhand dieses Dokumentes durchgeführt.

Testen/Prüfen

Es müssen alle Sicherheitsfunktionen gemäß der Spezifikation – wie in Schritt 1 beschrieben – geprüft werden.

Dokumentation

Die Dokumentation ist ein wesentlicher Bestandteil der Begutachtung im Schadensfall. Der Inhalt der Dokumentationsliste ist durch die Maschinenrichtlinie vorgegeben. Im Wesentlichen gehören hierzu:

- Gefährdungsanalyse
- Gefährdungsbewertung
- Spezifikation der Sicherheitsfunktionen
- Hardwarekomponenten, Zertifikate etc.
- Schaltpläne
- Testergebnisse
- Software-Dokumentation inklusive Signaturen, Zertifikaten etc.
- Informationen zum Gebrauch inklusive Sicherheitshinweisen und Einschränkungen für den Betreiber

Nach erfolgreicher Validierung kann die EG-Konformitätserklärung bezüglich der risikomindernden Schutzmaßnahme erstellt werden.

CE

Durchgängig profitieren: Sicherheit aus einer Hand

Ob Erfassen, Auswerten oder Reagieren: Mit unserem Safety Integrated Produktportfolio decken wir alle Sicherheitsaufgaben in der Fertigungsindustrie ab. Lückenlose Sicherheitstechnik aus einer Hand, die im Sinne von Totally Integrated Automation integriert und durchgängig ist. Das heißt für Sie: sicherer, zuverlässiger und wirtschaftlicher Betrieb.

Sicherheitstechnik integrieren, Kosten sparen

Safety Integrated ist die konsequente Umsetzung von Sicherheitstechnik im Sinne von Totally Integrated Automation – unserem einzigartig umfassenden und durchgängigen Produkt- und Systemspektrum zur Realisierung von Automatisierungslösungen. D.h., sicherheitstechnische Funktionen werden konsequent in die Standardautomatisierung integriert, sodass ein durchgängiges Gesamtsystem entsteht. Der Vorteil für Maschinenhersteller wie Anlagenbetreiber: deutliche Kosteneinsparungen über den gesamten Lebenszyklus hinweg.

Mit unseren Produkten und Systemen für die Standard- und Sicherheitstechnik sowie entsprechenden Services und Training aus einer Hand können Sie sicher sein: Safety Integrated bietet immer eine schnelle und vor allem wirtschaftliche Lösung.

Unabhängig davon:

- ob Sie sich für eine konventionelle, busbasierte oder steuerungs- bzw. antriebsbasierte Lösung entscheiden (**Maß an Flexibilität**) und/oder
- ob es sich um eine einfache NOT-HALT-Funktion, eine einfache Verkettung von Sicherheitskreisen oder um hochdynamische Vorgänge handelt (**Maß an Komplexität**).

SIRIUS – Standard-B10-Werte elektromechanischer Komponenten

In Anlehnung an die ISO 13849-2 (Anhang D), die ISO/FDIS 13849-1:2005 (Anhang C) und die DIN EN 62061 (Anhang D, Ausfallarten elektrischer/elektronischer Bauteile) sind in der folgenden Tabelle die SIRIUS Standard-B10-Werte und der Anteil gefahrbringender Ausfälle aufgelistet. In der Siemens-Norm SN 31920 finden Sie detaillierte Erläuterungen.

Siemens SIRIUS Produktgruppe (elektromechanische Komponenten)	B10-Wert (Schaltspiele)	Anteil gefahrbringender Ausfälle
NOT-HALT-Befehlsgeräte (mit zwangsöffnenden Kontakten) • zugentriegelt • drehentriegelt (auch mit Schloss)	 30.000 100.000	 20% 20%
Seilzugschalter für NOT-AUS/NOT-HALT-Funktion (mit zwangsöffnenden Kontakten)	1.000.000	20 %
Standard-Positionsschalter (mit zwangsöffnenden Kontakten)	10.000.000	20 %
Positionsschalter mit getrenntem Betätiger (mit zwangsöffnenden Kontakten)	1.000.000	20 %
Positionsschalter mit Zuhaltung (mit zwangsöffnenden Kontakten)	1.000.000	20 %
Scharnierschalter (mit zwangsöffnenden Kontakten)	1.000.000	20 %
Positionsschalter mit getrenntem Betätiger (mit zwangsöffnenden Kontakten)	1.000.000	20 %
Drucktaster (nicht verrastend, mit zwangsöffnenden Kontakten)	10.000.000	20 %
Schütze/Motorstarter (mit zwangsgeführten Kontakten bei 3RH/3TH bzw. Spiegelkontakten bei 3RT/3TF)	1.000.000	73 %

Begriffe zur funktionalen Sicherheit

Ausfall (failure)
Die Beendigung der Fähigkeit einer Einheit, eine geforderte Funktion zu erfüllen.

β, **Beta**
Faktor des Ausfalls in Folge gemeinsamer Ursache
CCF-Faktor: common cause failure factor β (0,1 – 0,05 – 0,02 – 0,01)

B10
Der B10-Wert für verschleißbehaftete Komponenten wird in Anzahl Schaltspiele ausgedrückt: dies ist die Anzahl der Schaltspiele, bei der im Laufe eines Lebensdauerversuchs 10 % der Prüflinge ausgefallen sind. Mit dem B10-Wert und dem Betätigungszyklus kann die Ausfallrate für elektromechanische Komponenten errechnet werden.

B10d
B10d = B10 / Anteil gefahrbringender Ausfälle

CCF (common cause failure)
Ausfall in Folge gemeinsamer Ursache (z. B. Kurzschluss). Ausfälle verschiedener Einheiten aufgrund eines einzelnen Ereignisses, wobei diese Ausfälle nicht auf gegenseitiger Ursache beruhen.

DC (diagnostic coverage), Diagnosedeckungsgrad
Abnahme der Wahrscheinlichkeit gefahrbringender Hardwareausfälle, die aus der Ausführung der automatischen Diagnosetests resultiert.

Fehlertoleranz
Fähigkeit eines SRECS (sicherheitsbezogenes elektrisches Steuerungssystem), eines Teilsystems oder Teilsystem-Elements, eine geforderte Funktion beim Vorhandensein von Fehlern oder Ausfällen weiter auszuführen (Widerstandsfähigkeit gegenüber Fehlern).

Funktionale Sicherheit
Teil der Gesamtsicherheit, bezogen auf die Maschine und das Maschinen-Steuerungssystem, die von der korrekten Funktion des SRECS (sicherheitsbezogenes elektrisches Steuerungssystem), sicherheitsbezogenen Systemen anderer Technologie und externen Einrichtungen zur Risikominderung abhängt.

Gefahrbringender Ausfall (dangerous failure)
Jede Fehlfunktion in der Maschine oder in deren Energieversorgung, die das Risiko erhöht.

Kategorien B, 1, 2, 3 oder 4 (vorgesehene Architekturen)
Die Kategorien beinhalten neben qualitativen auch quantifizierbare Aspekte (wie z. B. MTTFd, DC und CCF). Mit einem vereinfachten Verfahren, auf Basis der Kategorien als „vorgesehene Architekturen", kann der erreichte PL (Performance Level) beurteilt werden.

λ, **Lambda**
Statistische Ausfallrate, die sich aus der Rate sicherer Ausfälle (λ_S) und der Rate gefahrbringender Ausfälle (λ_D) zusammensetzt. Die Einheit von Lambda ist FIT (Failure In Time).

MTTF / $MTTF_d$ (Mean Time To Failure/Mean Time To Failure dangerous)
Mittlere Zeit bis zu einem Ausfall bzw. gefährlichem Ausfall. Die MTTF kann für Bauelemente durch die Analyse von Felddaten oder mittels Vorhersagen durchgeführt werden. Bei einer konstanten Ausfallrate ist der Mittelwert der ausfallfreien Arbeitszeit MTTF = 1 / λ, wobei Lambda λ die Ausfallrate des Gerätes ist. (Statistisch gesehen kann angenommen werden, dass nach Ablauf der MTTF 63,2% der betreffenden Komponenten ausgefallen sind.)

PL (Performance Level)
Diskreter Level, der die Fähigkeit von sicherheitsbezogenen Teilen einer Steuerung spezifiziert, eine Sicherheitsfunktion unter vorhersehbaren Bedingungen auszuführen: von PL „a" (höchste Ausfallwahrscheinlichkeit) bis PL „e" (niedrigste Ausfallwahrscheinlichkeit).

PFH_D (Probability of dangerous failure per hour)
Wahrscheinlichkeit eines gefahrbringenden Ausfalls pro Stunde.

Proof-Test-Intervall oder Gebrauchsdauer (T1)
Wiederkehrende Prüfung, die Fehler oder eine Verschlechterung in einem SRECS und seinen Teilsystemen erkennen kann, sodass, falls notwendig, das SRECS und seine Teilsysteme in einen „Wie-neu-Zustand" oder so nah wie praktisch möglich diesem Zustand entsprechend wiederhergestellt werden können.

SFF (safe failure fraction)
Anteil sicherer Ausfälle an der Gesamtausfallrate eines Teilsystems, der nicht zu einem gefahrbringenden Ausfall führt.

SIL (Safety Integrity Level) Sicherheits-Integritätslevel
Diskrete Stufe (eine von drei möglichen) zur Festlegung der Anforderungen zur Sicherheitsintegrität der sicherheitsbezogenen Steuerungsfunktionen, die dem SRECS zugeordnet wird, wobei der Sicherheits-Integritätslevel 3 den höchsten und der Sicherheits-Integritätslevel 1 den niedrigsten Sicherheits-Integritätslevel darstellt.

SIL CL (Claim Limit), SIL-Anspruchsgrenze
Maximaler SIL, der für ein SRECS-Teilsystem in Bezug auf strukturelle Einschränkungen und systematische Sicherheitsintegrität beansprucht werden kann.

Sicherheitsfunktion
Funktion einer Maschine, wobei ein Ausfall dieser Funktion zur unmittelbaren Erhöhung des Risikos (der Risiken) führen kann.

SRCF (Safety-Related Control Function), Steuerungsfunktion
Vom SRECS ausgeführte sicherheitsbezogene Steuerungsfunktion mit einem festgelegten Integritätslevel, die dazu vorgesehen ist, den sicheren Zustand der Maschine aufrechtzuerhalten oder einen unmittelbaren Anstieg von Risiken zu verhindern.

SRECS (Safety-Related Electrical Control System)
Sicherheitsbezogenes elektrisches Steuerungssystem einer Maschine, dessen Ausfall zu einer unmittelbaren Erhöhung von Risiken führt.

SRP/CS (Safety-Related Parts of Control System)
Sicherheitsbezogenes Teil einer Steuerung, das auf sicherheitsbezogene Eingangssignale reagiert und sicherheitsbezogene Ausgangssignale erzeugt.

Teilsystem
Einheit des Architekturentwurfs des SRECS auf oberster Ebene, wobei ein Ausfall irgendeines Teilsystems zu einem Ausfall der sicherheitsbezogenen Steuerungsfunktion führt.

Teilsystem-Element
Teil eines Teilsystems, das ein einzelnes Bauteil oder irgendeine Gruppe von Bauteilen umfasst.





Produkte Zulassung (max.)	SIRIUS Positionsschalter mit getrenntem Betätiger, ohne und mit Zuhaltung, Scharnierschalter, Magnetschalter (berührungslos)	SIRIUS Befehls- und Meldegeräte, NOT-HALT, Seilzugschalter, Zweihand-Bedienpult, Fußschalter, Signalsäulen und Einbauleuchten	DP/AS-i F-Link (ASIsafe Solution PROFIsafe)	Mobile Panel SIMATIC 277F IWLAN	Sicherheitsschaltgeräte SIRIUS 3TK28 1) Sicherheitsschaltgeräte 2) Stillstandswächter 3) Drehzahlwächter
IEC 62061 (IEC 61508)	Bis SIL 3	Bis SIL 3	Bis SIL 3	Bis SIL 3	Bis SIL 3
ISO 13849-1	Bis PL e	Bis PL e	Bis PL e	Bis PL e	Bis PL e
EN 954-1 bzw. IEC/EN 61496	Bis Kat. 4	Bis Kat. 4	Bis Kat. 4	Bis Kat. 4	Bis Kat. 4
Weitere			NFPA 79, NRTL-gelistet		NFPA 79, NRTL-gelistet
Anwendung/ Sicherheitsfunktionen	Zur mechanischen Überwachung an Schutzeinrichtungen, Schutztüren oder Schutzklappen. Für exakte Positionsabfragen.	NOT-HALT-Anwendungen in der Fertigungs- und Prozessindustrie; Zustandssignalisierung an Maschinen und Anlagen	Sicheres Gateway zur Übergabe der ASIsafe-Signale ins PROFIsafe Telegramm für Sicherheitsanwendungen in der Fertigungsautomatisierung	Maschinennahes Bedienen und Beobachten von Produktionsanlagen mit sicherheitskritischen Applikationen, Durchführung von sicherheitsrelevanten Aufgaben, wie z. B. Fehlerbehebung an laufenden Anlagen Sicherheitsfunktionen: • NOT-HALT-Taster • Zwei Zustimmtaster (rechts/links) • Transponder-Identifikation und Distanzmessung zur sicheren Anmeldung und Bedienung Engineering: – Safety Advanced für STEP 7 V11 im TIA-Portal – Distributed Safety für STEP 7 V5.5	1) Überwachung von Schutzeinrichtungen wie z. B. NOT-HALT-Befehlsgeräte, Positionsschalter und berührungslos wirkende Sensoren 2) Sichere Stillstandsüberwachung: geberlose Überwachung des Stillstands von Motoren 3) Sichere Drehzahlüberwachung: – Drei parametrierbare Grenzwerte für Stillstand, Einrichtdrehzahl und Automatikdrehzahl – Anschluss verschiedener Sensoren und Encoder möglich – Schutztürüberwachung integriert
Möglichkeiten fehlersicherer Kommunikation	AS-Interface (ASIsafe)	AS-Interface (ASIsafe)	AS-Interface (ASIsafe) und PROFIBUS mit PROFIsafe Profil	PROFINET mit PROFIsafe Profil, IWLAN mit PROFIsafe	

Motormanagementsystem SIMOCODE pro 3UF7 mit fehlersicheren Erweiterungsmodulen DM-F	**ASIsafe** **1) Sichere Eingangsmodule** **2) Sicherheitsmonitor (ASIsafe Solution local)** **3) Sichere AS-i Ausgänge**	**Modulares Sicherheitssystem SIRIUS 3RK3**	**SIMATIC Controller**	**SIMATIC Peripherie**
Bis SIL 3	Bis SIL 3	Bis SIL 3	Bis SIL 3	Bis SIL 3
Bis PL e	Bis PL e	Bis PL e	Bis PL e	Bis PL e
Bis Kat. 4	Bis Kat. 4	Bis Kat. 4	Bis Kat. 4	Bis Kat. 4
NFPA 79, NRTL-gelistet	NFPA 79, NRTL-gelistet	NFPA 79, NRTL-gelistet	NFPA 79, NFPA 85, NRTL-gelistet, IEC 61511	NFPA 79, NFPA 85, NRTL-gelistet, IEC 61511
Motormanagement mit integrierten Sicherheitsfunktionen für die Prozessautomatisierung • Sicheres Abschalten von Motoren • **Fehlersicheres Digitalmodul DM-F Local:** zur sicheren Abschaltung über Hardwaresignal; 2 Relais-Freigabekreise, gemeinsam schaltend; 2 Relaisausgänge, gemeinsame Wurzel fehlersicher abgeschaltet; Eingänge für Sensorkreis, Startsignal, Kaskadierung und Rückführkreis • **Fehlersicheres Digitalmodul DM-F PROFIsafe:** zur sicheren Abschaltung über PROFI-BUS/ PROFIsafe; 2 Relais-Freigabekreise, gemeinsam schaltend; 2 Relaisausgänge, gemeinsame Wurzel fehlersicher abgeschaltet; 1 Eingang für Rückführkreis; 3 binäre Standard-Eingänge • Einstellung der Sicherheitsfunktionen direkt am DM-F Local bzw. in STEP 7 (DM-F PROFIsafe) Engineering: - Über TIA Portal - über Simocode ES	1) Sichere Anbindung bzw. Vernetzung von Sicherheitsschaltern und elektronischen Sicherheitssensoren 2) Alle Sicherheitsanwendungen in der Fertigungsautomatisierung: • Überwachen und Auswerten von sicheren Signalen über AS-Interface inkl. Abschalten auf 1–2 Freigabekreisen • Möglichkeit der Ansteuerung sicherer AS-i Ausgänge zur Abschaltung von Motoren oder Ansteuerung z.B. sicherer Ventile • Sichere Kopplung von ASIsafe Netzen 3) sicheres dezentrales Abschalten von Motoren und Antrieben über AS-i Engineering über TIA-Portal	Modulares, parametrierbares Sicherheitssystem für alle Sicherheitsanwendungen in der Fertigungsautomatisierung • Sicheres Auswerten von mechanischen und berührungslos wirkenden Schutzeinrichtungen • Integrierte Diagnosefunktion • Integrierte Signaltest- und Diskrepanzzeit-Überwachung • einfache Realisierung von Sicherheitsfunktionen durch vorgefertigte Funktionsbausteine Engineering: - Parametrierung über MSS ES - Einbindung ins TIA Portal	Skalierbare, fehlersichere Controller • Modulare Controller: CPU315F/317F/319F CPU 414F/416F ET 200F-CPU für ET 200S und ET 200pro • Technologie-Controller mit Motion Control: CPU 317TF-2DP • PC-based Automation: Software-Controller, Embedded Controller, IPC Sicherheitsfunktionen: • Integrierte Diagnose • Koexistenz von Standard- und fehlersicheren Programmen in einer CPU Engineering: – Safety Advanced für STEP 7 V11 im TIA-Portal – Distributed Safety für STEP 7 V5.5 mit F-FUP und F-KOP sowie integrierter Bibiliothek mit TÜV-zertifizierten Sicherheitsbausteinen – Optional: Bibliothek mit Funktionsbausteinen für Pressen und Brenner	Skalierbare und redundante Peripheriesysteme • ET 200eco • ET 200M • ET 200iSP • ET 200S • ET 200pro Sicherheitsfunktionen: • Integrierte Signaltest- und Diskrepanzzeit-Überwachung • Ein dezentrales Peripheriesystem mit Standard- und fehlersicheren Ein- und Ausgabebaugruppen • Konfiguration von Signaltest- und Diskrepanzzeit-Visualisierung mit STEP 7 Engineering: – Safety Advanced für STEP 7 V11 im TIA-Portal – Distributed Safety für STEP 7 V5.5
PROFIBUS mit PROFIsafe Profil	AS-Interface (ASIsafe)	Diagnose über PROFIBUS	• PROFINET mit PROFIsafe, IWLAN mit PROFIsafe	• PROFIBUS mit PROFIsafe Profil: alle Systeme • PROFINET mit PROFIsafe Profil: ET 200S,ET200M, ET 200pro (IWLAN Interface-Modul verfügbar)

Motorstarter für • **ET 200S (IP20)** • **ET 200pro (IP65)**	**Frequenzumrichter für** • **ET 200S** • **ET 200pro FC**	**Frequenzumrichter** **1) SINAMICS G120C (IP20)** **2) SINAMICS G120 (IP20)** **3) SINAMICS G120D (IP65)**	**Frequenzumrichter** **SINAMICS G130** **SINAMICS G150**
Bis SIL 3	Bis SIL 2	Bis SIL 2	Bis SIL 2
Bis PL e	Bis PL d	Bis PL d	Bis PL d
Bis Kat. 4	Bis Kat. 3	Bis Kat. 3	Bis Kat. 3
NFPA 79, NRTL-gelistet			
Alle Sicherheitsanwendungen in der Fertigungsautomatisierung und dezentrale Antriebsaufgaben wie in der Fördertechnik oder bei Hubantrieben • Starten und sicheres Abschalten mit konventioneller und elektronischer Schalttechnik • Integrierter Motorschutz • Sicheres selektives Abschalten (ET 200S) • Alle Vorteile der Systeme SIMATIC ET 200S und SIMATIC ET 200pro Engineering: – Safety Advanced für STEP 7 V11 im TIA-Portal – Distributed Safety für STEP 7 V5.5	Systemintegrierter, dezentraler Antrieb (Frequenzumrichter) an geberlosen Normasynchronmotoren Integrierte, autarke Sicherheitsfunktionen: • Sicher abgeschaltetes Moment • Sicherer Stopp 1 • Sicher begrenzte Geschwindigkeit	1) Kompakter Frequenzumrichter für Anwendungen von 0,37 – 18,5 kW 2) Modularer Frequenzumrichter für Anwendungen von 0,37 bis 250 kW 3) Dezentraler Frequenzumrichter in hoher Schutzart (IP65) für Anwendungen 0,75 – 7,5 kW Die SINAMICS G120 Geräte werden eingesetzt zum drehzahlvariablen Betrieb von Asynchronmotoren in der Fördertechnik, in Pumpen, Lüftern und Kompressoren, sowie in anderen Aggregaten wie z.B. Extruder Integrierte Sicherheitsfunktionen [1]: • Sicher abgeschaltetes Moment (STO) • Sicherer Stopp 1 • Sicher begrenzte Geschwindigkeit • G120: Sichere Bewegungsrichtung • G120: Sichere Bremsenansteuerung • G120: Sichere Geschwindigkeitsüberwachung	Frequenzumrichter für drehzahlvariable Einzelantriebe von 75 bis 2700 kW, z. B. Pumpen, Lüfter, Ventilatoren, Kompressoren, Förderbänder, Extruder, Mischer, Mühlen Integrierte Sicherheitsfunktionen: • Sicher abgeschaltetes Moment • Sicherer Stopp 1
• Solution PROFIsafe: PROFIBUS/PROFINET mit PROFIsafe Profil • Solution Local: Vor-Ort-Sicherheitsapplikation	PROFIBUS/PROFINET mit PROFIsafe Profil	PROFIBUS mit PROFIsafe Profil, G120 und G120D auch PROFINET [1] die integrierten Sicherheitsfunktionen sind ohne Geber möglich. SINAMICS G120C unterstützt ausser STO keine weiteren Safetyfunktionen	PROFIBUS/PROFINET mit PROFIsafe Profil

Positionierantrieb SINAMICS S110	**1) Antriebssystem SINAMICS S120 2) Schrankgerät SINAMICS S150**	**Werkzeugmaschinensteuerung SINUMERIK 840D sl**	**Werkzeugmaschinensteuerung SINUMERIK 828D**
Bis SIL 2	Bis SIL 2	Bis SIL 2	Bis SIL 2
Bis PL d	Bis PL d	Bis PL d	Bis PL d
Bis Kat. 3	Bis Kat. 3	Bis Kat. 3	Bis Kat. 3
	NFPA 79, NRTL-gelistet *	NFPA 79, NRTL-gelistet	NFPA 79, NRTL-gelistet
Einachs-Servoantrieb für einfache Positionieranwendungen mit Synchron-/Asynchronmotoren mit Leistungen von 0,12 bis 90 kW Integrierte Sicherheitsfunktionen, zum Teil auch geberlos möglich: • Sicher abgeschaltetes Moment • Sicherer Stopp 1 und 2 • Sicherer Betriebshalt • Sicher begrenzte Geschwindigkeit • Sichere Bewegungsrichtung • Sichere Geschwindigkeits-überwachung • Sichere Bremsenansteuerung	1) Antriebssystem für hochperformante Regelungsaufgaben mit Leistungen von 0,12 bis 4500 kW im Maschinen- und Anlagenbau, z. B. für Verpackungs- oder Kunststoffmaschinen, Handlingsgeräte, Walzwerke oder Papiermaschinen 2) Anspruchsvolle, drehzahlveränderbare Einzelantriebe mit großer Leistung (75 bis 1200 kW) wie Prüfstände, Zuckerzentrifugen, Querschneider, Kabelwinden oder Förderbänder Integrierte Sicherheitsfunktionen, zum Teil auch geberlos möglich: • Sicher abgeschaltetes Moment • Sicherer Stopp 1 und 2 • Sicherer Betriebshalt • Sicher begrenzte Geschwindigkeit S120: Booksize/Blocksize: • Sichere Bewegungsrichtung • Sichere Geschwindigkeits-überwachung • Sichere Bremsenansteuerung **	Numerische Steuerung mit integrierter Sicherheitstechnik in Steuerung und Antrieb für Werkzeugmaschinen (Drehen, Fräsen, Schleifen, Nibbeln ...) Integrierte Sicherheitsfunktionen: • Sicher abgeschaltetes Moment • Sicherer Stopp 1 und 2 • Sichere Überwachung auf Beschleunigung • Sicherer Betriebshalt • Sicher begrenzte Geschwindigkeit • Sicher begrenzte Lage • Sicheres Bremsenmanagement • Sichere Bremsenansteuerung • Sicherer Bremsentest • Sichere Softwarenocken • Sicherheitsgerichtete Ein-/Ausgänge • Sichere programmierbare Logik • Integrierter Abnahmetest	Numerische Steuerung für Dreh- und Fräsmaschinen mit integrierter Sicherheitstechnik im Antrieb Die SINUMERIK 828D ist eine panel-basierte CNC-Steuerung für anspruchsvolle Anwendungen auf Dreh- und Fräsmaschinen, wie sie typischerweise in der Werkstatt eingesetzt werden. Integrierte Sicherheitsfunktionen: • Sicher abgeschaltetes Moment • Sicherer Stopp 1 und 2 • Sicherer Betriebshalt • Sicher begrenzte Geschwindigkeit • Sichere Bewegungsrichtung • Sichere Geschwindigkeits-überwachung • Sichere Bremsenansteuerung
PROFIBUS/PROFINET mit PROFIsafe Profil	PROFIBUS/PROFINET mit PROFIsafe Profil	PROFIBUS mit PROFIsafe Profil	PROFIBUS mit PROFIsafe Profil

* gilt nur für SINAMICS S120 Booksize ** gilt nicht für S150 und für S120 Chassisgeräte

Siemens AG
Industry Automation
and Drive Technologies
Postfach 23 55
90713 FÜRTH
DEUTSCHLAND

www.siemens.de/safety-integrated

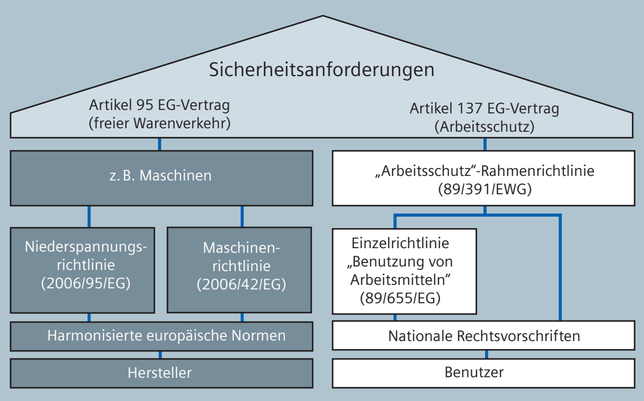
Änderungen vorbehalten 05/11
Bestell-Nr.: E20001-A230-M103-V5
Dispostelle 27610
21/33938 XX03.52.1.15. 0511 PDF
Gedruckt in Deutschland

E20001-Y290-M103-V5

Funktionale Sicherheit in Maschinen und Anlagen –

Europäische Maschinenrichtlinie einfach umgesetzt

Grundlegende Sicherheitsanforderungen in der Fertigungsindustrie



Harmonisierte Normen
(Vermutungswirkung)

Grundlegende Normen für sicherheitsbezogene Steuerungsfunktionen

Konstruktion und Risikobewertung der Maschine

EN ISO 12100	Sicherheit von Maschinen	Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze
EN ISO 14121-1	Sicherheit von Maschinen	Risikobeurteilung , Teil 1: Leitsätze

Funktionale und sicherheitsrelevante Anforderungen für sicherheitsbezogene Steuerungen

Entwurf und Realisierung sicherheitsbezogener Steuerungen

EN 62061:2005 **Sicherheit von Maschinen** Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer, elektronischer und programmierbarer elektronischer Steuerungssysteme	**EN ISO 13849-1:2006** **Sicherheit von Maschinen** Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen, Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze *Nachfolgenorm der EN 954-1:1996, Übergangsfrist bis Ende 2011*
Beliebige Architekturen **Sicherheits-Integritätslevel (SIL)** SIL 1, SIL 2, SIL 3	**Vorgesehene Architekturen (Kategorien)** **Performance Level (PL)** PL a, PL b, PL c, PL d, PL e

Elektrische Sicherheitsaspekte

EN 60204-1	Sicherheit von Maschinen:	Elektrische Ausrüstung von Maschinen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen

Entwurf und Realisierung von sicherheitsbezogenen Steuerungen

Strategie zur Risikominderung nach EN ISO 12100-1

Festlegen von risikomindernden Maßnahmen durch einen iterativen Prozess:

1. Festlegen der Grenzen der Maschine
2. Identifizierung der Gefährdungen, Risikoeinschätzung, Risikobewertung
3. Einschätzen des Risikos für jede identifizierte Gefährdung und Gefährdungssituation
4. Bewerten des Risikos und Treffen von Entscheidungen zur Risikominderung
5. Beseitigen der Gefährdung oder Verminderung des mit der Gefährdung verbundenen Risikos durch Maßnahmen (3-Schritt-Methode: inhärent sichere Konstruktion, technische Schutzmaßnahmen, Benutzerinformation)

EN ISO 14121 enthält detaillierte Informationen zu den Schritten 1–4

Anwendbar bei sicherheitsbezogenen elektrischen, elektronischen und programmierbaren elektronischen Steuerungssystemen (SRECS) für Maschinen

EN 62061: 2005 **(Sektornorm innerhalb des Rahmens der IEC 61508)**

Anwendbar bei sicherheitsbezogenen Teilen von Steuerungen und allen Arten von Maschinen, ungeachtet der verwendeten Technologie und Energie (elektrisch, hydraulisch, pneumatisch, mechanisch usw.)

EN ISO 13849-1:2006 **(Nachfolgenorm der EN 954-1:1996, Übergangsfrist bis Ende Dezember 2011)**

Sicherheitsplan
Strategie zur Realisierung der Sicherheitsfunktion, Zuständigkeiten, Wartung ...

Risikobewertung

Risiko bezogen auf die identifizierte Gefährdung = Schwere des Schadens **S** und
- Frequenz und Dauer der Aussetzung **F**
- Eintrittswahrscheinlichkeit **W**
- Möglichkeit zur Vermeidung der Gefährdung oder Begrenzung des Schadens **P**

Bestimmung des erforderlichen SIL

(durch SIL-Zuordnung)

Häufigkeit und/oder Aufenthaltsdauer **F**	
≤ 1 Std.	5
> 1 Std. bis ≤ 1 Tag	5
> 1 Tag bis ≤ 2 Wo.	4
> 2 Wo. bis ≤ 1 Jahr	3
> 1 Jahr	2

Eintrittswahrscheinlichkeit des Gefährdungsereignisses **W**	
häufig	5
wahrscheinlich	4
möglich	3
selten	2
vernachlässigbar	1

Möglichkeit zur Vermeidung **P**	
unmöglich	5
möglich	3
wahrscheinlich	1

Auswirkungen	Schadensausmaß **S**	Klasse **K = F + W + P**				
		3–4	**5–7**	**8–10**	**11–13**	**14–15**
Tod, Verlust von Auge oder Arm	4	SIL 2	SIL 2	SIL 2	SIL 3	SIL 3
Permanent, Verlust von Fingern	3	andere Maßnahmen		SIL 1	SIL 2	SIL 3
Reversibel, medizinische Behandlung	2				SIL 1	SIL 2
Reversibel, Erste Hilfe	1					SIL 1

Vorgehensweise
1. Schadensausmaß S festlegen
2. Punkte für Häufigkeit F, Wahrscheinlichkeit W und Vermeidung P bestimmen
3. Summe der Punkte F + W + P = Klasse K
4. Schnittpunkt Zeile Schadensausmaß S und Spalte K = geforderter SIL

Bestimmung des erforderlichen PL

(durch Risikograf)

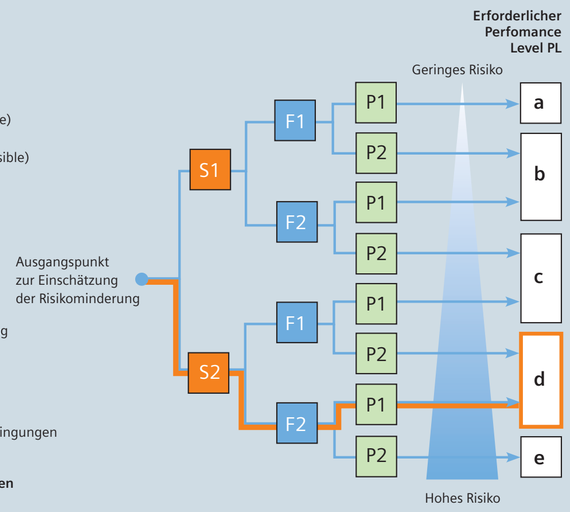
Risiko-Parameter

S = Schwere der Verletzung
- S1 = leichte (üblicherweise reversible) Verletzung
- S2 = schwere (üblicherweise irreversible) Verletzung, einschließlich Tod

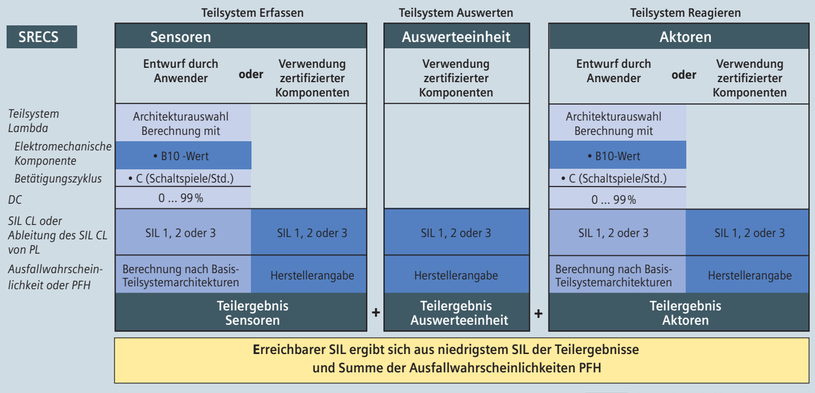
F = Häufigkeit und/oder Aufenthaltsdauer (der Gefährdungsaussetzung)
- F1 = selten bis öfter und/oder Zeit der Gefährdungsaussetzung ist kurz
- F2 = häufig bis dauernd und/oder Zeit der Gefährdungsaussetzung ist lang

P = Möglichkeit zur Vermeidung der Gefährdung oder Begrenzung des Schadens
- P1 = möglich unter bestimmten Bedingungen
- P2 = kaum möglich

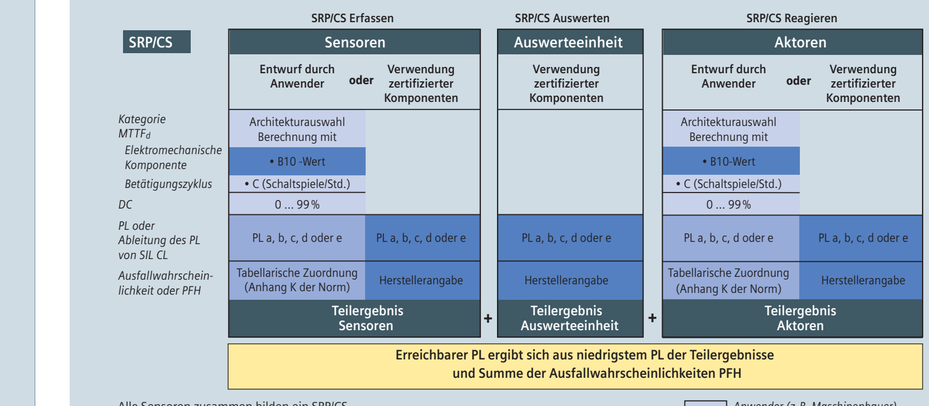
a, b, c, d, e = Ziele des sicherheitsgerichteten Performance Level



Aufbau der Sicherheitsfunktion und Bestimmung der erreichten Sicherheitsintegrität



CCF-Faktor von 1 % bis 10 % nach Tabelle F.1 der Norm ermitteln.
Ausfallwahrscheinlichkeit der fehlersicheren Kommunikation bei Bedarf hinzuaddieren.



Alle Sensoren zusammen bilden ein SRP/CS.
Alle Aktoren zusammen bilden ein SRP/CS (Berechnung mittels $1/MTTF_d = 1/MTTF_{d1} + 1/MTTF_{d2}$ ...).
CCF-Faktor wird mit 2 % angenommen bei Erfüllung gewisser Kriterien (Tabelle F.1 der Norm).
Ausfallwahrscheinlichkeit der fehlersicheren Kommunikation bei Bedarf hinzuaddieren.

Anwender (z. B. Maschinenbauer)
Hersteller (Produkte, Bauteile)
Ergebnisse

SIL und PL sind aufeinander abbildbar

Sicherheits-Integritätslevel SIL	Wahrscheinlichkeit gefahrbringender Ausfälle pro Stunde (1/h)	Performance Level PL
–	$\geq 10^{-5}$ bis $< 10^{-4}$	a
SIL 1	$\geq 3 \times 10^{-6}$ bis $< 10^{-5}$	b
SIL 1	$\geq 10^{-6}$ bis $< 3 \times 10^{-6}$	c
SIL 2	$\geq 10^{-7}$ bis $< 10^{-6}$	d
SIL 3	$\geq 10^{-8}$ bis $< 10^{-7}$	e

Validierung auf Basis des Validierungsplans

Überprüfung der Umsetzung der spezifizierten Sicherheitsanforderungen		
Planen	Testen/Prüfen	Dokumentieren

CE-Kennzeichung (Konformitätserklärung)

Ausfall (failure)
Die Beendigung der Fähigkeit einer Einheit, eine geforderte Funktion zu erfüllen.

β, **Beta**
Faktor des Ausfalls in Folge gemeinsamer Ursache
CCF-Faktor: common cause failure factor β (0,1 – 0,05 – 0,02 – 0,01)

B10
Der B10-Wert für verschleißbehaftete Komponenten wird in Anzahl Schaltspiele ausgedrückt: dies ist die Anzahl der Schaltspiele, bei der im Laufe eines Lebensdauerversuchs 10 % der Prüflinge ausgefallen sind. Mit dem B10-Wert und dem Betätigungszyklus kann die Ausfallrate für elektromechanische Komponenten errechnet werden.

B10d
B10d = B10 / Anteil gefahrbringender Ausfälle

CCF (common cause failure)
Ausfall in Folge gemeinsamer Ursache (z. B. Kurzschluss). Ausfälle verschiedener Einheiten aufgrund eines einzelnen Ereignisses, wobei diese Ausfälle nicht auf gegenseitiger Ursache beruhen.

DC (diagnostic coverage), Diagnosedeckungsgrad
Abnahme der Wahrscheinlichkeit gefahrbringender Hardwareausfälle, die aus der Ausführung der automatischen Diagnosetests resultiert.

Fehlertoleranz
Fähigkeit eines SRECS (sicherheitsbezogenes elektrisches Steuerungssystem), eines Teilsystems oder Teilsystem-Elements, eine geforderte Funktion beim Vorhandensein von Fehlern oder Ausfällen weiter auszuführen (Widerstandsfähigkeit gegenüber Fehlern).

Funktionale Sicherheit
Teil der Gesamtsicherheit, bezogen auf die Maschine und das Maschinen-Steuerungssystem, die von der korrekten Funktion des SRECS (sicherheitsbezogenes elektrisches Steuerungssystem), sicherheitsbezogenen Systemen anderer Technologie und externen Einrichtungen zur Risikominderung abhängt.

Gefahrbringender Ausfall (dangerous failure)
Jede Fehlfunktion in der Maschine oder in deren Energieversorgung, die das Risiko erhöht.

Kategorien B, 1, 2, 3 oder 4 (vorgesehene Architekturen)
Die Kategorien beinhalten neben qualitativen auch quantifizierbare Aspekte (wie z. B. $MTTF_d$, DC und CCF). Mit einem vereinfachten Verfahren, auf Basis der Kategorien als „vorgesehene Architekturen", kann der erreichte PL (Performance Level) beurteilt werden.

λ, **Lambda**
Statistische Ausfallrate, die sich aus der Rate sicherer Ausfälle (λ_S) und der Rate gefahrbringender Ausfälle (λ_D) zusammensetzt. Die Einheit von Lambda ist FIT (Failure In Time).

MTTF / $MTTF_d$
(Mean Time To Failure/Mean Time To Failure dangerous)
Mittlere Zeit bis zu einem Ausfall bzw. gefährlichem Ausfall. Die MTTF kann für Bauelemente durch die Analyse von Felddaten oder mittels Vorhersagen durchgeführt werden. Bei einer konstanten Ausfallrate ist der Mittelwert der ausfallfreien Arbeitszeit MTTF = 1 / λ, wobei Lambda λ die Ausfallrate des Gerätes ist. (Statistisch gesehen kann angenommen werden, dass nach Ablauf der MTTF 63,2 % der betreffenden Komponenten ausgefallen sind.)

PL (Performance Level)
Diskreter Level, der die Fähigkeit von sicherheitsbezogenen Teilen einer Steuerung spezifiziert, eine Sicherheitsfunktion unter vorhersehbaren Bedingungen auszuführen: von PL „a" (höchste Ausfallwahrscheinlichkeit) bis PL „e" (niedrigste Ausfallwahrscheinlichkeit).

PFH_D (Probability of dangerous failure per hour)
Wahrscheinlichkeit eines gefahrbringenden Ausfalls pro Stunde.

Proof-Test-Intervall oder Gebrauchsdauer (T1)
Wiederkehrende Prüfung, die Fehler oder eine Verschlechterung in einem SRECS und seinen Teilsystemen erkennen kann, sodass, falls notwendig, das SRECS und seine Teilsysteme in einen „Wie-neu-Zustand" oder so nah wie praktisch möglich diesem Zustand entsprechend wiederhergestellt werden können.

SFF (safe failure fraction)
Anteil sicherer Ausfälle an der Gesamtausfallrate eines Teilsystems, der nicht zu einem gefahrbringenden Ausfall führt.

SIL (Safety Integrity Level) Sicherheits-Integritätslevel
Diskrete Stufe (eine von drei möglichen) zur Festlegung der Anforderungen zur Sicherheitsintegrität der sicherheitsbezogenen Steuerungsfunktionen, die dem SRECS zugeordnet wird, wobei der Sicherheits-Integritätslevel 3 den höchsten und der Sicherheits-Integritätslevel 1 den niedrigsten Sicherheits-Integritätslevel darstellt.

SIL CL (Claim Limit), SIL-Anspruchsgrenze
Maximaler SIL, der für ein SRECS-Teilsystem in Bezug auf strukturelle Einschränkungen und systematische Sicherheitsintegrität beansprucht werden kann.

Sicherheitsfunktion
Funktion einer Maschine, wobei ein Ausfall dieser Funktion zur unmittelbaren Erhöhung des Risikos (der Risiken) führen kann.

SRCF (Safety-Related Control Function), Steuerungsfunktion
Vom SRECS ausgeführte sicherheitsbezogene Steuerungsfunktion mit einem festgelegten Integritätslevel, die dazu vorgesehen ist, den sicheren Zustand der Maschine aufrechtzuerhalten oder einen unmittelbaren Anstieg von Risiken zu verhindern.

SRECS (Safety-Related Electrical Control System)
Sicherheitsbezogenes elektrisches Steuerungssystem einer Maschine, dessen Ausfall zu einer unmittelbaren Erhöhung von Risiken führt.

SRP/CS (Safety-Related Parts of Control System)
Sicherheitsbezogenes Teil einer Steuerung, das auf sicherheitsbezogene Eingangssignale reagiert und sicherheitsbezogene Ausgangssignale erzeugt.

Teilsystem
Einheit des Architekturentwurfs des SRECS auf oberster Ebene, wobei ein Ausfall irgendeines Teilsystems zu einem Ausfall der sicherheitsbezogenen Steuerungsfunktion führt.

Teilsystem-Element
Teil eines Teilsystems, das ein einzelnes Bauteil oder irgendeine Gruppe von Bauteilen umfasst.

www.siemens.de/safety-integrated

Safety Integrated

Answers for industry.

SIEMENS