



SIEMENS

Schütze in Sicherheits- applikationen – Anwendungsleitfaden

SIRIUS Safety / SIRIUS Control

<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109807687>

Siemens
Industry
Online
Support



Rechtliche Hinweise

Nutzung der Anwendungsbeispiele

In den Anwendungsbeispielen wird die Lösung von Automatisierungsaufgaben im Zusammenspiel mehrerer Komponenten in Form von Text, Grafiken und/oder Software-Bausteinen beispielhaft dargestellt. Die Anwendungsbeispiele sind ein kostenloser Service der Siemens AG und/oder einer Tochtergesellschaft der Siemens AG („Siemens“). Sie sind unverbindlich und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit und Funktionsfähigkeit hinsichtlich Konfiguration und Ausstattung. Die Anwendungsbeispiele stellen keine kundenspezifischen Lösungen dar, sondern bieten lediglich Hilfestellung bei typischen Aufgabenstellungen. Sie sind selbst für den sachgemäßen und sicheren Betrieb der Produkte innerhalb der geltenden Vorschriften verantwortlich und müssen dazu die Funktion des jeweiligen Anwendungsbeispiels überprüfen und auf Ihre Anlage individuell anpassen.

Sie erhalten von Siemens das nicht ausschließliche, nicht unterlizenzierbare und nicht übertragbare Recht, die Anwendungsbeispiele durch fachlich geschultes Personal zu nutzen. Jede Änderung an den Anwendungsbeispielen erfolgt auf Ihre Verantwortung. Die Weitergabe an Dritte oder Vervielfältigung der Anwendungsbeispiele oder von Auszügen daraus ist nur in Kombination mit Ihren eigenen Produkten gestattet. Die Anwendungsbeispiele unterliegen nicht zwingend den üblichen Tests und Qualitätsprüfungen eines kostenpflichtigen Produkts, können Funktions- und Leistungsmängel enthalten und mit Fehlern behaftet sein. Sie sind verpflichtet, die Nutzung so zu gestalten, dass eventuelle Fehlfunktionen nicht zu Sachschäden oder der Verletzung von Personen führen.

Haftungsausschluss

Siemens schließt seine Haftung, gleich aus welchem Rechtsgrund, insbesondere für die Verwendbarkeit, Verfügbarkeit, Vollständigkeit und Mangelfreiheit der Anwendungsbeispiele, sowie dazugehöriger Hinweise, Projektierungs- und Leistungsdaten und dadurch verursachte Schäden aus. Dies gilt nicht, soweit Siemens zwingend haftet, z.B. nach dem Produkthaftungsgesetz, in Fällen des Vorsatzes, der groben Fahrlässigkeit, wegen der schuldhaften Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit, bei Nichteinhaltung einer übernommenen Garantie, wegen des arglistigen Verschweigens eines Mangels oder wegen der schuldhaften Verletzung wesentlicher Vertragspflichten. Der Schadensersatzanspruch für die Verletzung wesentlicher Vertragspflichten ist jedoch auf den vertragstypischen, vorhersehbaren Schaden begrenzt, soweit nicht Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit vorliegen oder wegen der Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit gehaftet wird. Eine Änderung der Beweislast zu Ihrem Nachteil ist mit den vorstehenden Regelungen nicht verbunden. Von in diesem Zusammenhang bestehenden oder entstehenden Ansprüchen Dritter stellen Sie Siemens frei, soweit Siemens nicht gesetzlich zwingend haftet.

Durch Nutzung der Anwendungsbeispiele erkennen Sie an, dass Siemens über die beschriebene Haftungsregelung hinaus nicht für etwaige Schäden haftbar gemacht werden kann.

Weitere Hinweise

Siemens behält sich das Recht vor, Änderungen an den Anwendungsbeispielen jederzeit ohne Ankündigung durchzuführen. Bei Abweichungen zwischen den Vorschlägen in den Anwendungsbeispielen und anderen Siemens Publikationen, wie z. B. Katalogen, hat der Inhalt der anderen Dokumentation Vorrang.

Ergänzend gelten die Siemens Nutzungsbedingungen (<https://support.industry.siemens.com>).

Securityhinweise

Siemens bietet Produkte und Lösungen mit Industrial Security-Funktionen an, die den sicheren Betrieb von Anlagen, Systemen, Maschinen und Netzwerken unterstützen.

Um Anlagen, Systeme, Maschinen und Netzwerke gegen Cyber-Bedrohungen zu sichern, ist es erforderlich, ein ganzheitliches Industrial Security-Konzept zu implementieren (und kontinuierlich aufrechtzuerhalten), das dem aktuellen Stand der Technik entspricht. Die Produkte und Lösungen von Siemens formen nur einen Bestandteil eines solchen Konzepts.

Der Kunde ist dafür verantwortlich, unbefugten Zugriff auf seine Anlagen, Systeme, Maschinen und Netzwerke zu verhindern. Systeme, Maschinen und Komponenten sollten nur mit dem Unternehmensnetzwerk oder dem Internet verbunden werden, wenn und soweit dies notwendig ist und entsprechende Schutzmaßnahmen (z.B. Nutzung von Firewalls und Netzwerk-Segmentierung) ergriffen wurden.

Zusätzlich sollten die Empfehlungen von Siemens zu entsprechenden Schutzmaßnahmen beachtet werden. Weiterführende Informationen über Industrial Security finden Sie unter: <https://www.siemens.com/industrialsecurity>.

Die Produkte und Lösungen von Siemens werden ständig weiterentwickelt, um sie noch sicherer zu machen. Siemens empfiehlt ausdrücklich, Aktualisierungen durchzuführen, sobald die entsprechenden Updates zur Verfügung stehen und immer nur die aktuellen Produktversionen zu verwenden. Die Verwendung veralteter oder nicht mehr unterstützter Versionen kann das Risiko von Cyber-Bedrohungen erhöhen.

Um stets über Produkt-Updates informiert zu sein, abonnieren Sie den Siemens Industrial Security RSS Feed unter: <https://www.siemens.com/industrialsecurity>.

Inhaltsverzeichnis

Rechtliche Hinweise	2
1 Einleitung	4
1.1 Zweck der Dokumentation.....	4
1.2 Zielsetzung der Sicherheitstechnik	4
1.3 Formelzeichen und Abkürzungen	5
2 Grundlagen der Anwendung von Schützen in Sicherheitsanwendungen	6
2.1 Berechnung der Sicherheitsintegrität	6
2.1.1 Gerätetypen nach VDMA-Einheitsblatt 66413	6
2.1.2 Berechnung von Schützen in Sicherheitsanwendungen.....	9
2.2 Ausschaltzeit	18
2.3 Rückführkreisüberwachung.....	19
2.4 Safety Evaluation im TIA Selection Tool.....	25
2.5 Sonderfall F-PLC-IN-Schütz als zertifiziertes Bauteil.....	32
2.6 Verschleißbedingte Gebrauchsdauer.....	38
2.7 Leitungsverlegung	42
2.8 Sonderfall Schütze in der Prozessindustrie nach IEC 61511	45
3 Auswahl des richtigen Schützes	48
3.1 Leistungsspektrum der SIRIUS Schütze.....	48
3.2 SIRIUS Schütze: Für jede Leistung die passende Safety-Lösung.....	49
3.3 Antriebsarten	49
3.4 Hilfsschalterblöcke	51
3.5 Überspannungsbegrenzung	52
4 Kombinierte Anwendungen	53
4.1 Wendekombination.....	53
4.2 Stern-Dreieck-Kombination	55
4.3 Stern-Dreieck-Wendekombination	57
4.4 Kombination eines Schützes mit einem Leistungsschalter	59
4.5 Kombination eines Schützes mit einem Sanftstarter 3RW55 Failsafe61	
4.6 Kombination eines Schützes mit einem Frequenzumrichter	62
4.7 Kombination eines Schützes mit einem nicht-sicherheitsgerichteten Gerät.....	66
5 Anhang	68
5.1 Service und Support.....	68
5.2 Industry Mall	69
5.3 Links und Literatur	69
5.4 Änderungsdokumentation	70

1 Einleitung

1.1 Zweck der Dokumentation

Schütze sind ein wesentlicher Bestandteil in sicherheitsgerichteten Anwendungen. In vielen sicherheitstechnischen Anwendungen wird ein Leistungsschutz als Akteur verwendet um bei einer angeforderten Sicherheitsfunktion (z.B. Öffnen einer verriegelten Schutztür) die Maschine in den sicheren Zustand zu versetzen.

Diese Dokumentation erläutert die Möglichkeiten und Anforderungen beim Einsatz von Schützen in sicherheitsgerichteten Anwendungen. Der Fokus liegt maßgeblich auf Anwendungen in der Fertigungsindustrie, ein gesondertes Kapitel erläutert jedoch auch den Einsatz in der Prozessindustrie.

Hierzu werden zunächst die Grundlagen des Einsatzes von Schützen in der funktionalen Sicherheitstechnik anhand der einschlägigen Normen vermittelt. Anschließend wird dem Anwender ein konkreter Leitfaden zur Auswahl des richtigen Schützes für verschiedenste Applikationen zur Verfügung gestellt.

Zum Verständnis dieser Dokumentation sind allgemeine Grundkenntnisse auf folgenden Gebieten erforderlich:

- Niederspannungs-Schalttechnik
- Automatisierungstechnik
- Funktionale Sicherheitstechnik

1.2 Zielsetzung der Sicherheitstechnik

Zielsetzung der Sicherheitstechnik ist, die Gefährdung von Menschen und Umwelt durch konstruktive Maßnahmen und technische Einrichtungen so gering wie möglich zu halten, ohne dadurch die industrielle Produktion mehr als unbedingt notwendig einzuschränken. Durch international abgestimmte Regelwerke soll der Schutz von Mensch und Umwelt allen Ländern in gleichem Maße zuteilwerden und gleichzeitig sollen Wettbewerbsverzerrungen aufgrund unterschiedlicher Sicherheitsanforderungen im internationalen Handel vermieden werden.

Der Bereich der funktionalen Sicherheitstechnik behandelt hierbei die technischen Schutzeinrichtungen, wie z.B. eine Schutztürüberwachung. Um funktionale Sicherheit einer Maschine oder Anlage zu erreichen, ist es notwendig, dass die sicherheitsrelevanten Teile der Schutzeinrichtungen und Steuereinrichtungen korrekt funktionieren und sich im Fehlerfall so verhalten, dass die Anlage in einem sicheren Zustand bleibt oder in einen sicheren Zustand gebracht wird. Dieser Teilbereich der Sicherheitstechnik steht im Fokus dieser Dokumentation.

Das Maß für die erreichte funktionale Sicherheit wird durch die Sicherheitsintegrität abgebildet. Sie wird in den Normen durch unterschiedliche Begriffe ausgedrückt:

- IEC 62061: "Safety Integrity Level" (SIL)
- ISO 13849-1: "Performance Level" (PL)

Die Sicherheitsintegrität setzt sich aus der Wahrscheinlichkeit gefährlicher Ausfälle, der Fehlertoleranz und der Qualität, durch die die Freiheit von systematischen Fehlern gewährleistet werden soll, zusammen.

1.3 Formelzeichen und Abkürzungen

Ag/RDF	Anteil gefahrbringender Ausfälle / Ratio of Dangerous Failures
B10	Anzahl Zyklen, bis 10 % der Komponenten ausgefallen sind
B10 _D	Anzahl Zyklen, bis 10 % der Komponenten gefährlich (D = Dangerous) ausgefallen sind
CCF	Common Cause Failure = Ausfall aufgrund gemeinsamer Ursache
DC	Diagnostic Coverage = Diagnoseddeckungsgrad
DC _{avg}	Durchschnittlicher Diagnosedeckungsgrad (einer zweikanaligen Architektur)
FIT	Failure in Time = Ausfälle pro Zeit = Ausfallzahl in 10 ⁹ Stunden
F-PLC / F-CPU	Failsafe Programmable Logic Controller / Failsafe Central Processing Unit = Fehlersichere speicherprogrammierbare Steuerung
HFT	Hardware fault tolerance = Hardware-Fehlertoleranz
MTBF	Mean time between failures = mittlere Betriebsdauer zwischen Ausfällen
MTTF	Mean time to failure = Mittlere Zeit bis zum Ausfall
MTTF _D	Mean time to dangerous failure = Mittlere Zeit bis zum gefahrbringenden Ausfall
n _{op}	Anzahl der Betätigungen pro Jahr
PFD _{avg}	Mittlere Wahrscheinlichkeit eines gefahrbringenden Ausfalls bei Anforderung
PFH _D	Probability of dangerous failures per hour = Wahrscheinlichkeit eines gefahrbringenden Ausfalls je Stunde
PL _r	Required Performance Level = Erforderlicher Performance Level (laut Risikobeurteilung)
SIL	Safety Integrity Level = Sicherheits-Integritätslevel
SFF	Safe Failure Fraction = Anteil sicherer Ausfälle
STO	Safe Torque Off = Sicher abgeschaltetes Moment
T ₁ = T _M	Mission Time = Proof-Test Intervall = Gebrauchsdauer
T _{10D}	Mittlere Zeit bis 10 % der Bauteile gefährlich ausfallen = Verschleißbedingte Gebrauchsdauer
T ₂	Diagnose-Testintervall
λ _D	Rate gefahrbringender Ausfälle

2 Grundlagen der Anwendung von Schützen in Sicherheitsanwendungen

2.1 Berechnung der Sicherheitsintegrität

Die Sicherheitsintegrität (SIL / PL) einer Sicherheitsfunktion bzw. eines Teilsystems einer Sicherheitsfunktion wird je nach verwendeten Komponenten unterschiedlich ermittelt.

2.1.1 Gerätetypen nach VDMA-Einheitsblatt 66413

Das VDMA-Einheitsblatt 66413 beschreibt die erforderlichen sicherheitsrelevanten Kennwerte von Automatisierungsgeräten und legt ein einheitliches elektronisches Datenformat für die Bereitstellung der Sicherheitskennwerte in Bibliotheken fest.

Grundsätzlich wird im VDMA Einheitsblatt 66413 zwischen vier Gerätetypen unterschieden:

Geräte-Typ 1

- vom Hersteller speziell für den Einsatz in Sicherheitsfunktionen und nach Sicherheitsnormen entwickelt
- SIL- oder PL-klassifiziert
- z.B. Sicherheitsschaltgeräte, fehlersichere Steuerungen und Antriebe
- Benötigte Kennwerte bei Anwendung der ISO 13849-1:
 - PL
 - Kategorie
 - PFH_D
 - T₁
- Benötigte Kennwerte bei Anwendung der IEC 62061:
 - SIL
 - PFH_D
 - T₁

Geräte-Typ 2

- nicht zwangsläufig nach Sicherheitsnormen entwickelt
- zur Bewertung sind Anwendungsdaten erforderlich
- Ausfallverhalten ist zeitabhängig (MTTF_D)
- z.B. nicht-sicherheitsgerichtete Elektronik, Näherungsschalter, Drucksensoren, Hydraulikventile
- Benötigte Kennwerte bei Anwendung der ISO 13849-1 oder IEC 62061:
 - MTTF_D (alternativ MTTF + AgA)
 - λ_D
 - MTBF
 - T₁

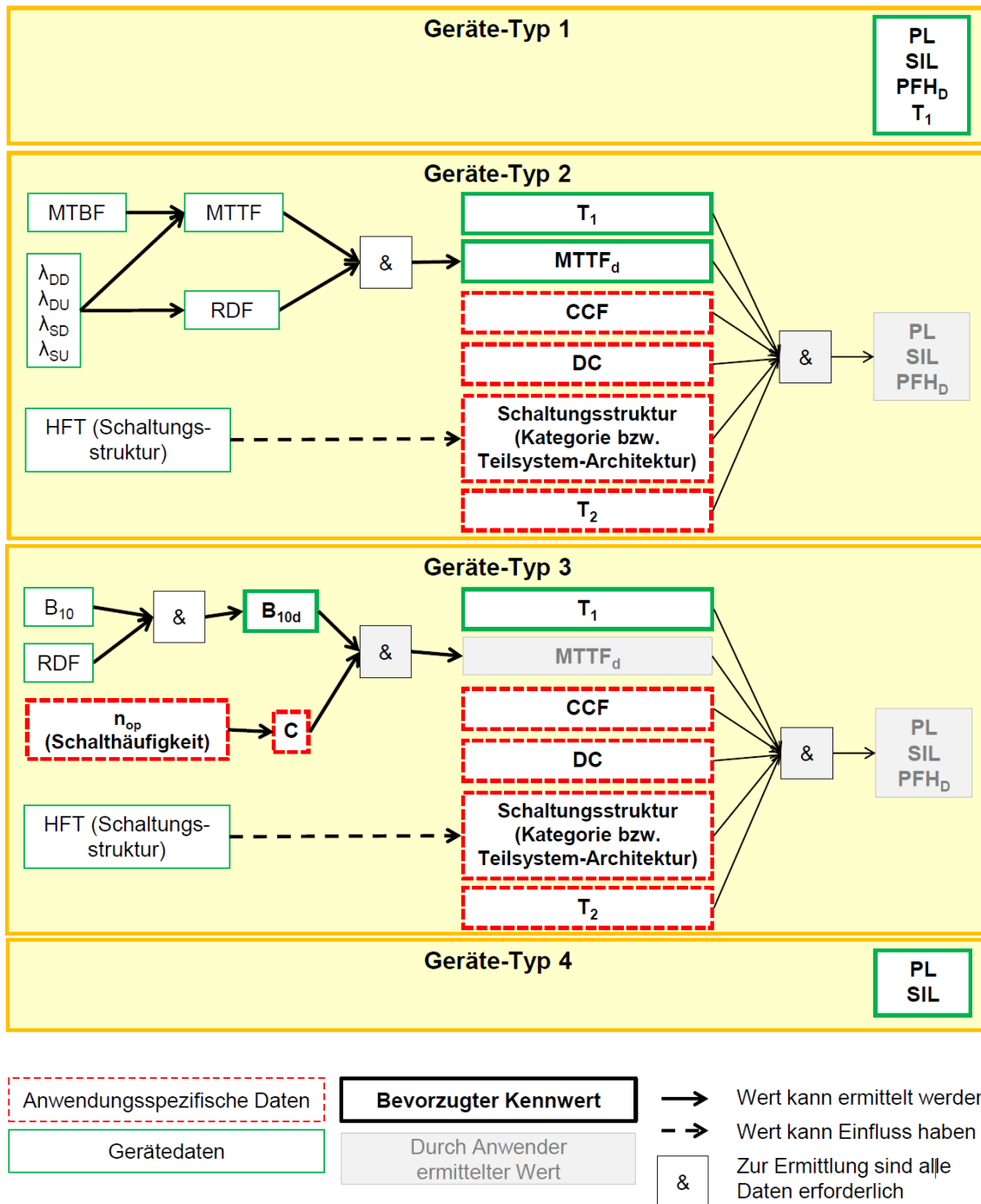
Geräte-Typ 3

- nicht zwangsläufig nach Sicherheitsnormen entwickelt
- zur Bewertung sind Anwendungsdaten erforderlich
- Ausfallverhalten ist von der Schalthäufigkeit abhängig (B10_D)
- z.B. verschleißbehafte elektromechanische Geräte, **Schütze**, Schalter, Pneumatikventile
- Benötigte Kennwerte bei Anwendung der ISO 13849-1 oder IEC 62061:
 - B10_D (alternativ B10 + AgA)
 - T₁

Geräte-Typ 4

- wie Typ 1, jedoch keine zufälligen Ausfälle (PFH_D = 0)
- z.B. Geräte mit Fehlerausschluss oder bei denen alle Fehler immer in den sicheren Zustand führen
- Benötigte Kennwerte bei Anwendung der ISO 13849-1:
 - PL
 - Kategorie
 - T₁
- Benötigte Kennwerte bei Anwendung der IEC 62061:
 - SIL
 - T₁

Geräte-Typen und für die Berechnung notwendige Kennwerte



© Siemens AG 2023 All rights reserved

Abbildung 1: VDMA Einheitsblatt 66413, Bild 1

Zuordnung der abhängig vom Gerätetyp notwendigen Kennwerte

Kennwerte	Gerätetyp				Kommentar
	1	2	3	4	

PL	x			x	ISO 13849-1
SIL	x			x	IEC 62061
PFH_D	x				ISO 13849-1 und IEC 62061
Kategorie	x			x	ISO 13849-1
MTTF_D		x			ISO 13849-1 und IEC 62061 (Genau einer der Werte ist erforderlich, vorzugsweise MTTF _D)
λ_D		x			
MTTF		x			
MTBF		x			
RDF/AgA		o	o		ISO 13849-1 und IEC 62061
B10_D			x		ISO 13849-1 und IEC 62061 (Genau einer der Werte ist erforderlich; bei Angabe des B10 ist auch der AgA erforderlich)
B10			x		
T_M = T₁	x	x	x	x	ISO 13849-1 und IEC 62061 (Als Bezeichnung des Kennwertes genügt T _M)

Abbildung 2: VDMA Einheitsblatt 66413, Tabelle 1

Anmerkung: x = Muss-Feld, Angabe erforderlich o = Kann-Feld, Optionale Angabe

2.1.2 Berechnung von Schützen in Sicherheitsanwendungen

In der Praxis relevant sind maßgeblich die Gerätetypen 1 und 3. Da Schütze dem Gerätetyp 3 angehören wird im Folgenden detailliert erläutert, wie Geräte dieses Typs sicherheitstechnisch berechnet werden.

Eine Angabe des SIL/PL, PFH_D oder MTTF_D durch den Schütz-Hersteller ist auf Geräte-Ebene nicht möglich, da es sich um verschleißbehaftete Geräte handelt. Bei Schützen hängen oben genannte Werte maßgeblich von der Schalthäufigkeit und der geschalteten Last der Applikation ab. Diese Werte wiederum können erst durch den Anwender bestimmt werden. Eine Ausnahme bilden die Schütze mit fehlersicherem Steuereingang, die dem Gerätetyp 1 zuzuordnen sind und im Kapitel [Sonderfall F-PLC-IN-Schütz als zertifiziertes Bauteil](#) behandelt werden.

Im Folgenden wird die Vorgehensweise zur Bestimmung des erreichbaren Performance Level (PL) nach ISO 13849-1 für ein Schütz dargestellt. Die Mechanismen der IEC 62061 zur Berechnung des Safety Integrity Levels (SIL) sind ähnlich und werden im Kapitel [Safety Evaluation im TIA Selection Tool](#) veranschaulicht.

Kategorien nach ISO 13849-1

Kategorien sind der Basisparameter, um einen speziellen PL zu erreichen. Sie legen das erforderliche Verhalten der sicherheitsbezogenen Teile bezüglich ihrer Widerstandsfähigkeit gegenüber Fehlern fest.

Grundsätzlich unterscheidet die ISO 13849-1 zwischen den Kategorien B, 1, 2, 3 und 4.

Kat.	Grundlegende Sicherheitsprinzipien	Bewährte Bauteile	Bewährte Sicherheitsprinzipien	Redundanz + CCF-Maßnahmen	DC _{avg}	MTTF _D	max. PL
B	X				kein	niedrig bis mittel	b
1	X	X	X		kein	hoch	c
2	X		X	X Zyklischer Test	niedrig	niedrig bis hoch	d
3	X		X	X	niedrig	niedrig bis hoch	d
4	X		X	X	hoch	hoch	e

Abbildung 3: Zusammenhänge der sicherheitsgerichteten Kennwerte

Zur Anwendung bei Schützen als abschaltendes Organ kommen in den meisten Fällen die Kategorien 1, 3 oder 4.

Kategorie 1

Um eine Kategorie 1 nach ISO 13849-1 umzusetzen, ist der Einsatz von bewährten Bauteilen erforderlich. In Tabelle D.3 der ISO 13849-2 (Teil 2 der ISO 13849 beschreibt den Validierungsprozess) wird ein Hauptschütz als ein solches bewährtes Bauteil deklariert. Da auch die SIRIUS Schütze in diese Kategorie fallen und als bewährte Bauteile gelten, kann durch Anwendung der Kategorie 1 mit SIRIUS Schützen sehr einfach ein PL c erreicht werden.

Als weiteres Kriterium zur Umsetzung dieser Kategorie müssen grundlegende und bewährte Sicherheitsprinzipien angewendet werden. Diese sind in den Tabellen D.1 und D.2 der ISO 13849-2 hinterlegt. Für Schütze besonders relevant ist das bewährte Sicherheitsprinzip der Überdimensionierung. Demnach müssen Bauteile, die in Sicherheitsapplikationen eingesetzt werden, unterbelastet werden. Als eine mögliche Umsetzung nennt die Norm, dass der Strom, der durch die Schaltkontakte geleitet wird, weniger als die Hälfte des Strom-Nennwertes betragen sollte.

Bei Auslegung der sicherheitsrelevanten Anwendung nach IEC 62061 wird durch einen Verweis auf ISO 13849-2 seit der Ausgabe IEC 62061:2021 ebenfalls ein Überdimensionierungsfaktor von 2 gefordert, was einer Auslastung des Schützes von weniger als 50 % des Strom-Nennwertes entspricht.

Hinweis:

Die Überdimensionierung des Stromnennwertes, der durch die Schütz-Hauptstromkontakte geleitet wird, ist nur eine von drei in Tabelle D.2 der ISO 13849-2 genannten Möglichkeiten der Überdimensionierung. Eine weitere für Schütze anwendbare Möglichkeit (laut ISO 13849-2, Tabelle D.2) ist die

Gesamtanzahl der erwarteten Schaltungen auf höchstens 10 % der Anzahl der Schaltungen, für die diese elektrische Einrichtung ausgelegt ist, zu limitieren.

Eine redundante Architektur sowie Diagnosemaßnahmen werden bei Umsetzung der Kategorie 1 nicht gefordert. Daher kann mit einem einzigen SIRIUS Schütz ein PL c erreicht werden. Einzige weitere Voraussetzung ist ein hoher $MTTF_D$ -Wert. Sie hierzu Tabelle 4 der ISO 13849-1.

Mittlere Zeit jedes Kanals bis zum gefahrbringenden Ausfall ($MTTF_D$)

$MTTF_D$	
Bezeichnung für jeden Kanal	Bereich für jeden Kanal
niedrig	$3 \text{ Jahre} \leq MTTF_D < 10 \text{ Jahre}$
mittel	$10 \text{ Jahre} \leq MTTF_D < 30 \text{ Jahre}$
hoch	$30 \text{ Jahre} \leq MTTF_D \leq 100 \text{ Jahre}$

Abbildung 4: ISO 13849-1, Tabelle 4

Zur Berechnung des $MTTF_D$, der die Grundlage zur Bestimmung des erreichten PL bei einem Gerät des Typs 3 bildet, erhält der Anwender vom Schütz-Hersteller einen B10-Wert sowie den prozentualen Anteil gefahrbringender Ausfälle (AgA oder RDF). Der B10-Wert für verschleißbehaftete Geräte wird in Anzahl Schaltspiele ausgedrückt und spiegelt die Anzahl der Betätigungen wider, nach denen 10 % der Geräte bei einer Lebensdauerprüfung gefährlich ausgefallen sind.

Ein Beispiel für einen gefährlichen Ausfall bei einem Schütz ist das Verschweißen der Hauptkontakte, wodurch die Maschine bei einer Sicherheitsanforderung nicht abgeschaltet werden kann. Ein Beispiel für einen sicheren Ausfall wiederum ist ein Defekt der Hauptkontakte, der dazu führt, dass diese nicht wieder geschlossen werden können. Dieser Fehler verhindert zwar ein Wiedereinschalten der Maschine, ist jedoch nicht sicherheitskritisch. Der $B10_D$ -Wert hängt vom B10-Wert sowie vom Anteil gefahrbringender Ausfälle ab:

$$B10_D = \frac{B10}{AgA}$$

B10-Wert und AgA eines SIRIUS Schützes können dessen Datenblatt entnommen werden. In den technischen Daten sind diese Werte unter „Sicherheitsrelevante Kenngrößen“ zu finden. Die Werte sind außerdem in der Safety Evaluation im TIA Selection Tool hinterlegt.

Sicherheitsrelevante Kenngrößen	
B10-Wert bei hoher Anforderungsrate gemäß SN 31920	1 000 000
Anteil gefahrbringender Ausfälle	
• bei niedriger Anforderungsrate gemäß SN 31920	40 %
• bei hoher Anforderungsrate gemäß SN 31920	73 %
Ausfallrate [FIT] bei niedriger Anforderungsrate gemäß SN 31920	100 FIT
T1-Wert für Proof-Test Intervall oder Gebrauchsdauer gemäß IEC 61508	20 y
Schutzart IP frontseitig gemäß IEC 60529	IP20
Berührungsschutz frontseitig gemäß IEC 60529	fingersicher bei senkrechter Berührung von vorne
Eignung zur Verwendung	
• sicherheitsgerichtetes Ausschalten	Ja

Abbildung 5: Sicherheitsrelevante Kenngrößen eines SIRIUS Schützes (3RT2035-1KB40)

Die B10-Werte sicherheitsrelevanter SIRIUS und SENTRON Geräte sind außerdem in der SN 31920 zu finden. Ein Abbild dieser Norm befindet sich außerdem im Industry Online Support unter:

<https://support.industry.siemens.com/cs/de/de/view/109739348>

Zu beachten sind insbesondere die Bedingungen, unter denen diese Kennwerte gelten. In der Regel wird der B10-Wert eines SIRIUS Leistungsschützes bei 66 % des Bemessungsbetriebsstromes ermittelt. Dies ergibt sich aus der Notwendigkeit der Überdimensionierung als eines der bewährten Sicherheitsprinzipien und muss deshalb auch in der Applikation eingehalten werden. Die Angabe von 66 % stammt aus früheren Versionen der IEC 62061 (vor IEC 62061:2021). In der ISO 13849-2 sowie ab Version IEC 62061:2021 wiederum wird bei Anwendung der bewährten Sicherheitsprinzipien eine maximale Auslastung von 50 % erlaubt. Da jedoch grundsätzlich mit steigender Auslastung eines Schützes dessen B10-Wert sinkt, ist die Angabe im Datenblatt eines SIRIUS Leistungsschützes stets auch bei Anwendung der ISO 13849-2 und ab Version IEC 62061:2021 gültig.

Sollen die Leistungsschütze auch betriebsmäßig geschaltet werden, so muss beachtet werden, dass dies auch Einfluss auf die Berechnung der Sicherheitsintegrität hat. So muss bei der Berechnung der Ausfallrate als Betätigungszyklus der Wert angenommen werden, der sowohl betriebsmäßiges als auch sicherheitstechnisches Schalten beinhaltet. Die Anforderungen zur zeitlichen Fehleraufdeckung müssen berücksichtigt werden, so dass es nicht grundsätzlich zu einer Fehleranhäufung während des betriebsmäßigen Schaltens kommen kann. Ist dies nicht gegeben, dann muss das betriebsmäßige Schalten anders realisiert werden.

In den Normen wird für verschleißbehaftete Geräte als Ansatz ein Anteil von 50 % gefahrbringender Ausfälle genannt (gemäß ISO 13849-1, Anhang C5), wenn keine Herstellerangaben für das Gerät vorliegen.

Daraus ergibt sich $B10_D \approx 2 \times B10$.

Alternativ kann stets das Worst-Case-Szenario $B10_D = B10$ ($AgA = 100\%$) angenommen werden.

Wenn durch den Gerätehersteller keine Angaben zum B10-Wert gemacht werden, bleiben dem Anwender noch zwei weitere Möglichkeiten.

Hierzu beschreibt die ISO 13849-1, Kapitel 4.5.2, folgendes abgestuftes Verfahren:

1. Verwendung von Herstellerdaten

2. Verwendung der Verfahren in den Anhängen C und D:
siehe z.B. Tabelle C.1 – Schütze mit nominaler Last → $B10_D = 1.300.000$
3. Wählen von 10 Jahren für $MTTF_D$

Der Anwender sollte jedoch stets hinterfragen, ob das Gerät tatsächlich für den Einsatz in sicherheitsgerichteten Anwendungen geeignet ist, wenn durch den Gerätehersteller keine Angaben zum B10-Wert gemacht werden.

Die Ermittlung des $MTTF_D$ erfolgt auf Basis von $B10_D$ und den Betätigungen pro Jahr n_{op} :

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 \times n_{op}}$$

Die Ermittlung von n_{op} wiederum erfolgt auf Basis der mittleren Betriebszeit in Tagen je Jahr (d_{op}), der mittleren Betriebszeit in Stunden je Tag (h_{op}) sowie der mittleren Betriebszeit zwischen zwei aufeinander folgenden Zyklen (t_{zyklus}):

$$n_{op} = \frac{d_{op} \times h_{op} \times 3600 \text{ s/h}}{t_{zyklus}}$$

Die ISO 13849-1 akzeptiert einen $MTTF_D$ -Wert eines Kanals von größer als 100 Jahren nicht, da ein sicherheitsbezogenes Bauteil für hohe Risiken nicht von der Zuverlässigkeit von Bauteilen allein abhängig sein sollte.

Folglich ist der $MTTF_D$ auf 100 Jahre begrenzt. Eine Ausnahme bildet die Kategorie 4. Bei deren Anwendung ist die Begrenzung des $MTTF_D$ eines jeden Kanals erst bei 2500 Jahren.

Ist der berechnete $MTTF_D$ nicht ausreichend für die Erreichung des durch die Risikobeurteilung geforderten SIL/PL verbleiben dem Anwender folgende Alternativen:

1. Verwendung eines separaten Schützes zum betriebsmäßigen Schalten:
Oft wird eine zu hohe Schalhäufigkeit durch das gleichzeitige Nutzen eines Schützes für sowohl betriebsmäßiges als auch sicherheitstechnisches Schalten verursacht. Abhilfe kann die Auslagerung des betriebsmäßigen Schaltens auf ein weiteres Schütz schaffen. Dadurch werden die Schütze, die das sicherheitstechnisches Schalten verantworten, entlastet und erreichen einen höheren $MTTF_D$.
2. Anfrage eines lastabhängigen B10-Wertes:
Ist die Sicherheitsfunktion selbst für die hohe Schalhäufigkeit verantwortlich oder kann das betriebsmäßige Schalten nicht ausgelagert werden, besteht die Möglichkeit, einen lastabhängigen B10-Wert über den Technical Support ([siemens.com/SupportRequest](https://www.siemens.com/SupportRequest)) anzufragen. Wird das Schütz unterhalb der 66 % des Bemessungsbetriebsstromes betrieben, resultiert ein teils wesentlich höherer B10-Wert. Wird das Schütz durch eine vorherige Abschaltung der Last durch ein anderes Schaltorgan sogar stromlos geschaltet, steigt der B10-Wert sogar um ein zigfaches.

Nach erfolgter Bestimmung von $MTTF_D$ kann in Tabelle K.1 der ISO 13849-1 der erreichte PL sowie der resultierende PFH_D abgelesen werden.

MTTF _D für jeden Kanal Jahre	Durchschnittliche Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Ausfalls je Stunde, PFH ₀ (1/h) und der zugehörige Performance Level (PL)															
	Kat. B DC _{avg} = kein		Kat. 1 DC _{avg} = kein		Kat. 2 DC _{avg} = niedrig		Kat. 2 DC _{avg} = mittel		Kat. 3 DC _{avg} = niedrig		Kat. 3 DC _{avg} = mittel		Kat. 4 DC _{avg} = hoch			
		PL		PL		PL		PL		PL		PL		PL		
11	1,04 × 10 ⁻⁵	a			6,44 × 10 ⁻⁶	b	4,53 × 10 ⁻⁶	b	2,81 × 10 ⁻⁶	c	1,18 × 10 ⁻⁶	c				
12	9,51 × 10 ⁻⁶	b			5,84 × 10 ⁻⁶	b	4,04 × 10 ⁻⁶	b	2,49 × 10 ⁻⁶	c	1,04 × 10 ⁻⁶	c				
13	8,78 × 10 ⁻⁶	b			5,33 × 10 ⁻⁶	b	3,64 × 10 ⁻⁶	b	2,23 × 10 ⁻⁶	c	9,21 × 10 ⁻⁷	d				
15	7,61 × 10 ⁻⁶	b			4,53 × 10 ⁻⁶	b	3,01 × 10 ⁻⁶	b	1,82 × 10 ⁻⁶	c	7,44 × 10 ⁻⁷	d				
16	7,13 × 10 ⁻⁶	b			4,21 × 10 ⁻⁶	b	2,77 × 10 ⁻⁶	c	1,67 × 10 ⁻⁶	c	6,76 × 10 ⁻⁷	d				
18	6,34 × 10 ⁻⁶	b			3,68 × 10 ⁻⁶	b	2,37 × 10 ⁻⁶	c	1,41 × 10 ⁻⁶	c	5,67 × 10 ⁻⁷	d				
20	5,71 × 10 ⁻⁶	b			3,26 × 10 ⁻⁶	b	2,06 × 10 ⁻⁶	c	1,22 × 10 ⁻⁶	c	4,85 × 10 ⁻⁷	d				
22	5,19 × 10 ⁻⁶	b			2,93 × 10 ⁻⁶	c	1,82 × 10 ⁻⁶	c	1,07 × 10 ⁻⁶	c	4,21 × 10 ⁻⁷	d				
24	4,76 × 10 ⁻⁶	b			2,65 × 10 ⁻⁶	c	1,62 × 10 ⁻⁶	c	9,47 × 10 ⁻⁷	d	3,70 × 10 ⁻⁷	d				
27	4,23 × 10 ⁻⁶	b			2,32 × 10 ⁻⁶	c	1,39 × 10 ⁻⁶	c	8,04 × 10 ⁻⁷	d	3,10 × 10 ⁻⁷	d				
30			3,80 × 10 ⁻⁶	b	2,06 × 10 ⁻⁶	c	1,21 × 10 ⁻⁶	c	6,94 × 10 ⁻⁷	d	2,65 × 10 ⁻⁷	d	9,54 × 10 ⁻⁸	e		
33			3,46 × 10 ⁻⁶	b	1,85 × 10 ⁻⁶	c	1,06 × 10 ⁻⁶	c	5,94 × 10 ⁻⁷	d	2,30 × 10 ⁻⁷	d	8,57 × 10 ⁻⁸	e		
36			3,17 × 10 ⁻⁶	b	1,67 × 10 ⁻⁶	c	9,39 × 10 ⁻⁷	d	5,16 × 10 ⁻⁷	d	2,01 × 10 ⁻⁷	d	7,77 × 10 ⁻⁸	e		
39			2,93 × 10 ⁻⁶	c	1,53 × 10 ⁻⁶	c	8,40 × 10 ⁻⁷	d	4,53 × 10 ⁻⁷	d	1,78 × 10 ⁻⁷	d	7,11 × 10 ⁻⁸	e		
43			2,65 × 10 ⁻⁶	c	1,37 × 10 ⁻⁶	c	7,34 × 10 ⁻⁷	d	3,87 × 10 ⁻⁷	d	1,54 × 10 ⁻⁷	d	6,37 × 10 ⁻⁸	e		
47			2,43 × 10 ⁻⁶	c	1,24 × 10 ⁻⁶	c	6,49 × 10 ⁻⁷	d	3,35 × 10 ⁻⁷	d	1,34 × 10 ⁻⁷	d	5,76 × 10 ⁻⁸	e		
51			2,24 × 10 ⁻⁶	c	1,13 × 10 ⁻⁶	c	5,80 × 10 ⁻⁷	d	2,93 × 10 ⁻⁷	d	1,19 × 10 ⁻⁷	d	5,26 × 10 ⁻⁸	e		
56			2,04 × 10 ⁻⁶	c	1,02 × 10 ⁻⁶	c	5,10 × 10 ⁻⁷	d	2,52 × 10 ⁻⁷	d	1,03 × 10 ⁻⁷	d	4,73 × 10 ⁻⁸	e		
62			1,84 × 10 ⁻⁶	c	9,06 × 10 ⁻⁷	d	4,43 × 10 ⁻⁷	d	2,13 × 10 ⁻⁷	d	8,84 × 10 ⁻⁸	e	4,22 × 10 ⁻⁸	e		
68			1,68 × 10 ⁻⁶	c	8,17 × 10 ⁻⁷	d	3,90 × 10 ⁻⁷	d	1,84 × 10 ⁻⁷	d	7,68 × 10 ⁻⁸	e	3,80 × 10 ⁻⁸	e		

Abbildung 6: ISO 13849-1, Tabelle K.1 (Ausschnitt)

Kategorie 3 und 4

Durch Verwendung von SIRIUS Schützen nach Kategorie 3, kann ein PL d erzielt werden.

Um eine Kategorie 3 nach ISO 13849-1 umzusetzen, müssen ebenfalls grundlegende und bewährte Sicherheitsprinzipien (u.a. Überdimensionierung) angewendet werden. Der Einsatz bewährter Bauteile ist nicht vorgeschrieben.

Neben der Güte des Gerätes, dargestellt durch einen mindestens niedrigen MTTF_D, sind bei Kategorie 3 die Diagnosemechanismen des Teilsystems maßgeblich für die Sicherheitsintegrität eines Teilsystems. Diese werden durch den Diagnosedeckungsgrad DC (bzw. DC_{avg}) abgebildet. Dessen Ermittlung für ein Leitungsschütz als abschaltendes Organ wird im Kapitel [Rückführkreisüberwachung](#) erläutert. Bei Kategorie 3 wird mindestens ein niedriger DC gefordert.

Die Berechnung des MTTF_D für Leistungsschütze erfolgt analog zu der bei Kategorie 1 gezeigten Vorgehensweise mit dem Unterscheid, dass die Berechnung hier für beide redundanten Schütze durchgeführt werden muss. Der MTTF_D beider Kanäle muss mindestens niedrig sein.

Für den Sonderfall, dass für die beiden redundanten Schütze unterschiedliche MTTF_D-Werte berechnet wurden, bestehen zwei Möglichkeiten zur Symmetrisierung der „MTTF_D für jeden Kanal“ (siehe erste Spalte der Tabelle K.1 der ISO 13849-1):

- als eine Annahme für den ungünstigsten Fall sollte der kleinere Wert in Betracht gezogen werden;
- Gleichung D.2 kann zur Einschätzung eines Ersatzwertes für MTTF_D für jeden Kanal verwendet werden:

$$MTTF_D = \frac{2}{3} \left[MTTF_{DC1} + MTTF_{DC2} - \frac{1}{\frac{1}{MTTF_{DC1}} + \frac{1}{MTTF_{DC2}}} \right]$$

Ein Grund für unterschiedliche resultierende $MTTF_D$ -Werte der redundanten Schütze kann das Verwenden eines der beiden zum betriebsmäßigen Schalten sein, da sich daraus eine höhere Schaltspielzahl pro Jahr (n_{op}) für eines der Schütze ergibt.

Nach erfolgter Bestimmung des $MTTF_D$ für jeden Kanal sowie des Diagnosedeckungsgrades kann in Tabelle K.1 der ISO 13849-1 der erreichte PL sowie der resultierende PFH_D abgelesen werden.

Um eine Kategorie 4 nach ISO 13849-1 umzusetzen, müssen dieselben Prinzipien angewendet werden wie bei Kategorie 3. Die Unterschiede liegen lediglich in der Forderung nach einem hohen $MTTF_D$ sowie einem hohen Diagnosedeckungsgrad.

Durch Verwendung von SIRIUS Schützen nach Kategorie 4, kann ein PL e erzielt werden.

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

Abbildung 7: ISO 13849-1, Tabelle 6

Abschließend muss noch die Erfüllung der CCF-Maßnahmen (Fehler gemeinsamer Ursache, Common Cause Failure) durch ein Punktesystem bestätigt werden. Abschätzungen der Ausfälle aufgrund gemeinsamer Ursache sind nicht maßgeblich spezifisch für Schütze und werden daher in dieser Dokumentation nicht näher betrachtet. Eine Hilfestellung dazu findet sich in Anhang F der ISO 13849-1 bzw. Anhang F der IEC 62061.

Eine Beispielrechnung nach ISO 13849-1 mit zwei redundanten Schützen ist im Kapitel [Verschleißbedingte Gebrauchsdauer](#) zu finden.

Berechnung nach IEC 62061

Im Unterschied zur ISO 13849-1, wo die Architektur der Sicherheitsfunktion eine maßgebliche Rolle spielt, orientiert sich die Berechnung nach IEC 62061 in erster Linie an der Ausfallwahrscheinlichkeit.

Sicherheits-Integritätslevel	Wahrscheinlichkeit eines gefahrbringenden Ausfalls je Stunde (PFH_D)
3	$\geq 10^{-8}$ bis $< 10^{-7}$
2	$\geq 10^{-7}$ bis $< 10^{-6}$
1	$\geq 10^{-6}$ bis $< 10^{-5}$

Abbildung 8: IEC 62061, Tabelle 3 – Sicherheits-Integritätslevels: Ausfallgrenzwerte

Bei der IEC 62061 wird die Architektur der Sicherheitsfunktion in der Berechnung der Ausfallwahrscheinlichkeit direkt berücksichtigt. Je nach Architektur zeigt sich, dass die Berechnung sehr komplex wird, was den Vorteil einer Anwendung der ISO 13849-1 verdeutlicht. Zur Berechnung des resultierenden PFH_D -Wertes muss je nach verwendeter Teilsystemarchitektur eine andere Formel angewendet werden (siehe IEC 62061, Kapitel 6.7.8.2). Beispielhaft werden nachfolgend die beiden gängigsten Formeln aufgeführt:

1. Basis-Teilsystemarchitektur A: Nullfehlertoleranz ohne Diagnosefunktion

$$PFH_D = \lambda_D$$

→ entspricht einer Kategorie 1 nach ISO 13849-1

2. Basis-Teilsystemarchitektur D: Einfehlertoleranz mit Diagnosefunktion(en) für Teilsystem-Elemente gleicher Konstruktion (z.B. zwei redundante Schütze)

$$PFH_D = (1-\beta)^2 \times \left\{ (2 \times DC \times \lambda_D^2) \times \frac{T_2}{2} + \lambda_D^2 \times (1 - DC) \times T_1 \right\} + \beta \times \lambda_D$$

→ entspricht einer Kategorie 3 oder 4 (je nach DC) nach ISO 13849-1

Dabei gilt zur Berechnung von λ_D eines Teilsystem-Elements (z.B. Schütz):

$$\lambda_D = \frac{AGA \times 0,1 \times C}{B10} = \frac{0,1 \times C}{B10_D}$$

Hierbei entspricht C der Anzahl Betätigungen pro Stunde.

T_2 ist das Diagnose-Testintervall und T_1 der kleinere Wert von Proof-Test-Intervall und Gebrauchsdauer.

β entspricht der Anfälligkeit gegenüber Ausfällen in Folge gemeinsamer Ursache und ist die Entsprechung des CCF aus der ISO 13849-1. Tabelle F.2 der IEC 62061 zeigt die Umrechnung der beiden Größen ineinander.

Gesamtpunktzahl	Faktor der Ausfälle in Folge gemeinsamer Ursache (β)
≤ 35	10 % (0,1)
35 bis 65	5 % (0,05)
65 bis 85	2 % (0,02)
85 bis 100	1 % (0,01)

Abbildung 9: IEC 62061, Tabelle F.2 – Abschätzung des CCF-Faktors (β)

Die Bedingungen von Tabelle 5 der IEC 62061 müssen erfüllt sein, um aufgrund der Ausfallwahrscheinlichkeit direkt auf den erreichten SIL schließen zu können.

Dabei gibt die Hardware-Fehlertoleranz (HFT) an, der Ausfall wie vieler Kanäle des Teilsystem zum Versagen der Sicherheitsfunktion führen. Ein HFT = 0 ist beispielsweise ein einkanaliges System (bestehend aus einem Schütz), ein HFT = 1 ein zweikanaliges System (bestehend aus zwei redundanten Schützen).

Der Anteil gefährbringender Ausfall (Safe Failure Fraction, SFF) wiederum ist vergleichbar mit dem Diagnosedeckungsgrad (DC) mit dem Unterschied, dass er die sicheren Fehler, wie z.B. die Unfähigkeit des Schützes wiedereingeschaltet zu werden, mit einbezieht. Daher kann in einer Worst Case Annahme stets von $SFF = DC$ ausgegangen werden.

Anteil sicherer Ausfälle	Hardware-Fehlertoleranz (siehe Anmerkung 1)		
	0	1	2
< 60 %	nicht erlaubt (zu Ausnahmen siehe Anmerkung 3)	SIL 1	SIL 2
60 % bis < 90 %	SIL 1	SIL 2	SIL 3
90 % bis < 99 %	SIL 2	SIL 3	SIL 3 (siehe Anmerkung 2)
≥ 99 %	SIL 3	SIL 3 (siehe Anmerkung 2)	SIL 3 (siehe Anmerkung 2)

ANMERKUNG 1 Eine Hardware-Fehlertoleranz von N bedeutet, dass $N + 1$ Fehler zu einem Verlust der SRCF führen können.

ANMERKUNG 2 Eine SIL-4-Anspruchsgrenze wird in dieser Norm nicht betrachtet. Zu SIL 4 siehe IEC 61508-1.

ANMERKUNG 3 Siehe 6.7.6.4 oder für Teilsysteme, bei denen Fehlerausschlüsse auf Fehler angewendet worden sind, die zu einem gefährbringenden Ausfall führen könnten, siehe 6.7.7.

Abbildung 10: IEC 62061, Tabelle 5 – Strukturelle Einschränkungen von Teilsystemen

Im Kapitel [Rückführkreisüberwachung](#) wird aufgezeigt, dass durch die Plausibilisierung der Spiegelkontakte zweier Schütze in einer redundanten Architektur ein hoher Diagnosedeckungsgrad angenommen werden kann. Dieser Diagnosemechanismus ist beim Einsatz von Schützen sehr weit verbreitet und in den meisten Fällen alternativlos. Wird nun beispielsweise durch die Risikobeurteilung ein SIL 2 bzw. PL d (Kategorie 3) gefordert, muss für die beiden redundanten Schütze eine Rückführkreisüberwachung durchgeführt werden, um den geforderten – wenn auch nur niedrigen – Diagnosedeckungsgrad zu erfüllen. Aus oben getroffener Aussage (Rückführkreisüberwachung führt stets zu einem hohen DC) resultiert jedoch, dass dadurch stets Kategorie 4 und damit PL e bzw. SIL 3 erreicht wird. Das ist der Grund, warum fast alle Applikationsbeispiele mit Schützen als Aktoren in SIOS (Siemens Industry Online Support) entweder SIL 1 / PL c oder SIL 3 / PL e erreichen. Eine Ausnahme bildet die Kombination eines Schützes mit einem Leistungsschalter in der Kategorie 2. Eine nähere Betrachtung dieses Themas wird im Kapitel [Kombination eines Schützes mit einem Leistungsschalter](#) gezeigt.

2.2 Ausschaltzeit

Bei Sicherheitsanwendung spielt die Reaktionszeit des Gesamtsystems eine entscheidende Rolle. Während der Risikobeurteilung wird definiert, innerhalb welcher Zeit die gefahrbringende Bewegung der Maschine bei einer Sicherheitsanforderung beendet sein muss. Bezogen auf eine Schutztürüberwachung ist diese Zeit von der Distanz der Schutztür von der sich dahinter befindlichen Bewegung und damit Gefahrenstelle abhängig.

Seitens des Steuerungssystems setzt sich die geforderte Reaktionszeit aus vielen Einzelwerten zusammen (Beispiel ohne Anspruch auf Vollständigkeit):

- Eingangfilter der Auswerteeinheit
- Zykluszeit des Anwenderprogramms
- Versatz durch Kommunikationsprotokolle
- Diagnosemechanismen der Ausgänge der Auswerteeinheit
- Ausschaltzeit der Schütze
- Nachlaufzeit des Motors

Die Ausschaltzeit eines Schützes ist definiert als die Zeit, die von der Wegnahme der Spulenspannung (an A1/A2) bis zum Öffnen der Hauptstromkontakte vergeht. Sie setzt zusammen aus dem Öffnungsverzögerung der Hauptkontakte sowie der Lichtbogendauer.

Für das SIRIUS Schütz 3RT1054-1AB36 beispielsweise ergibt sich eine Ausschaltzeit im Bereich zwischen 50 und 75 ms. Bei der Berechnung der gesamten Reaktionszeit muss stets der schlechteste der Einzelwerte berücksichtigt werden – in diesem Fall 75 ms.

© Siemens AG 2023 All rights reserved

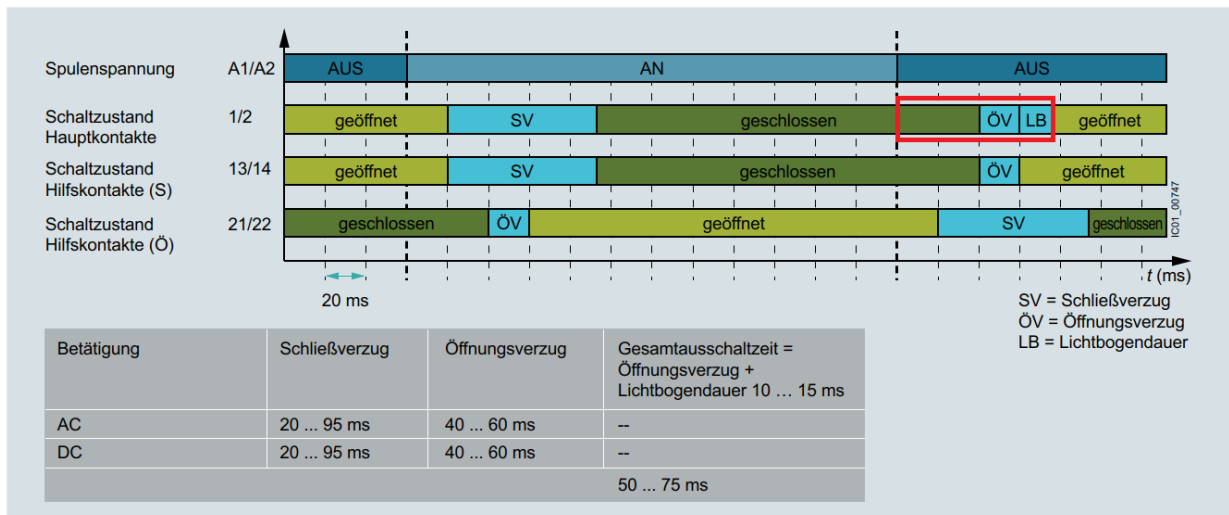


Abbildung 11: Ausschaltzeit am Beispiel des Schützes 3RT1054-1AB36

Die Ausschaltzeit des Schützes (= der Öffnungsverzögerung der Schließerkontakte) vergrößert sich, wenn die Schützspule durch den Einsatz von Schutzbeschaltungen gegen Spannungsspitzen bedämpft werden. Nähere Informationen dazu finden sich im Kapitel [Überspannungsbegrenzung](#).

Beim Einsatz einer Rückführkreisüberwachung muss neben der Abschaltzeit der Hauptstromkontakte auch der Schließverzug der Öffnerkontakte (Spiegelkontakte) bei der Parametrierung der Auswerteeinheit berücksichtigt werden. Dies wird am Ende des folgenden Kapitels erläutert.

2.3 Rückführkreisüberwachung

Die Rückführkreisüberwachung ist der wichtigste Diagnosemechanismus bei elektromechanischen Aktoren. Als Maßstab für die Güte der angewendeten Diagnose wird in den Normen ISO 13849-1 und IEC 62061 der Diagnosedeckungsgrad (diagnostic coverage, DC) definiert.

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

Abbildung 12: ISO 13849-1, Tabelle 5 "Diagnosedeckungsgrad (DC)"

Der Diagnosedeckungsgrad ist das Maß für die Wirksamkeit der Diagnose, die bestimmt werden kann als Verhältnis der Ausfallrate der bemerkten gefährlichen Ausfälle und der Ausfallrate der gesamten gefährlichen Ausfälle.

Der Wert für den DC wird in vier Stufen angegeben. Zur Abschätzung des DC kann in den meisten Fällen die Ausfallarten- und Effektanalyse (FMEA) oder ähnliche Verfahren verwendet werden. In diesem Fall sollten alle relevanten Fehler und/oder Ausfallarten berücksichtigt werden.

Einen vereinfachten Ansatz zur Abschätzung des DC liefert Anhang E der ISO 13849-1. Dort werden für jedes Teilsystem einer Sicherheitsfunktion (Eingabeeinheit, Logik, Ausgabeeinheit) möglich Diagnosemaßnahmen sowie der jeweils resultierende Diagnosedeckungsgrad beschrieben. Insbesondere in Tabelle E.1 der ISO 13849-1 finden sich Maßnahmen und deren Zuordnung zu einem quantifizierten Diagnosedeckungsgrad.

Ein Rückführkreis dient der Überwachung angesteuerter Aktoren (z. B. Relais oder Leistungsschütze) mit zwangsgeführten Kontakten bzw. Spiegelkontakten. Die Aktorik wird über einen sicheren Ausgang der Auswerteeinheit (z.B. SIRIUS 3SK2 Sicherheitsschaltgerät) angesteuert. Im Falle eines Schützes wird über dessen Hauptstromkontakte (Freigabekreise, Schließer-Kontakte, Normally Open, NO) die Last geschaltet. Bei Anforderung einer Sicherheitsfunktion wird das Schütz abgeschaltet und dessen Hauptstromkontakte öffnen. Um zu diagnostizieren, ob die NO-Kontakte tatsächlich geöffnet haben, wird spätestens zum Zeitpunkt des Wiedereinschaltens der Maschine der Status eines Öffner-Kontaktes (Normally Closed, NC) des Schützes überprüft. Hierzu wird der NC-Kontakt an einen Eingang der Auswerteeinheit zurückgelesen. Wird eine logische Eins an diesem Eingang erkannt, sind die Hauptstromkontakte mit Sicherheit geöffnet und der vorgegangene Abschaltprozess wurde korrekt durch das Schütz durchgeführt. In der Logik der Auswerteeinheit können nur dann die Freigabekreise des Schützes wieder aktiviert bzw. geschlossen werden, wenn der Rückführkreis geschlossen ist (signalisiert durch eine logische Eins am Eingang).

Bei einer Sicherheitsfunktion mit redundanter Architektur und somit dem Einsatz von zwei, in Reihe geschalteten Schützen, muss der Rückführkreis beider Aktoren

ausgewertet werden. Die Spiegelkontakte dürfen jedoch auf einen einzelnen Eingang der Auswerteeinheit zurückgelesen werden (Reihenschaltung der beiden Spiegelkontakte). Ein Einlesen auf zwei separate Eingänge hätte lediglich den Vorteil, dass bei einem Rückführkreisfehler direkt bestimmt werden könnte, welche der beiden Schütze einen Defekt aufweist. Dem gegenüber stehen die größere Anzahl an benötigten Eingängen sowie ein erhöhter Projektierungs-/Programmieraufwand.

Als Beispiel wird nachfolgend eine Rückführkreisüberwachung zweier redundanter Schütze durch ein SIRIUS 3SK2 Sicherheitschaltgerät gezeigt.

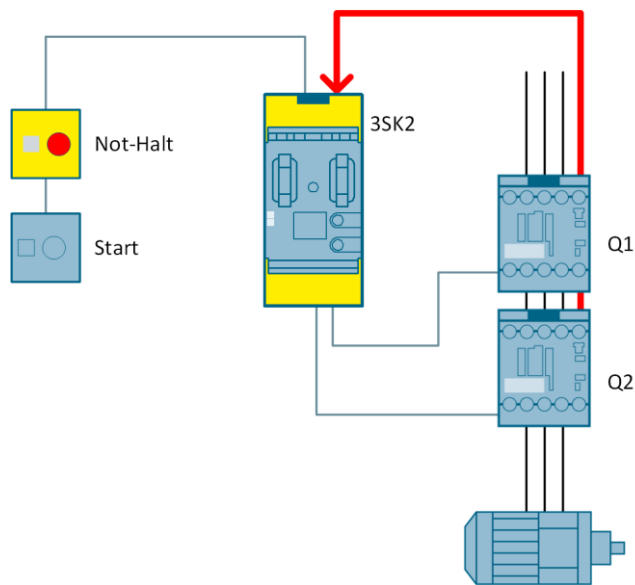


Abbildung 13: Schematische Darstellung einer Rückführkreisüberwachung

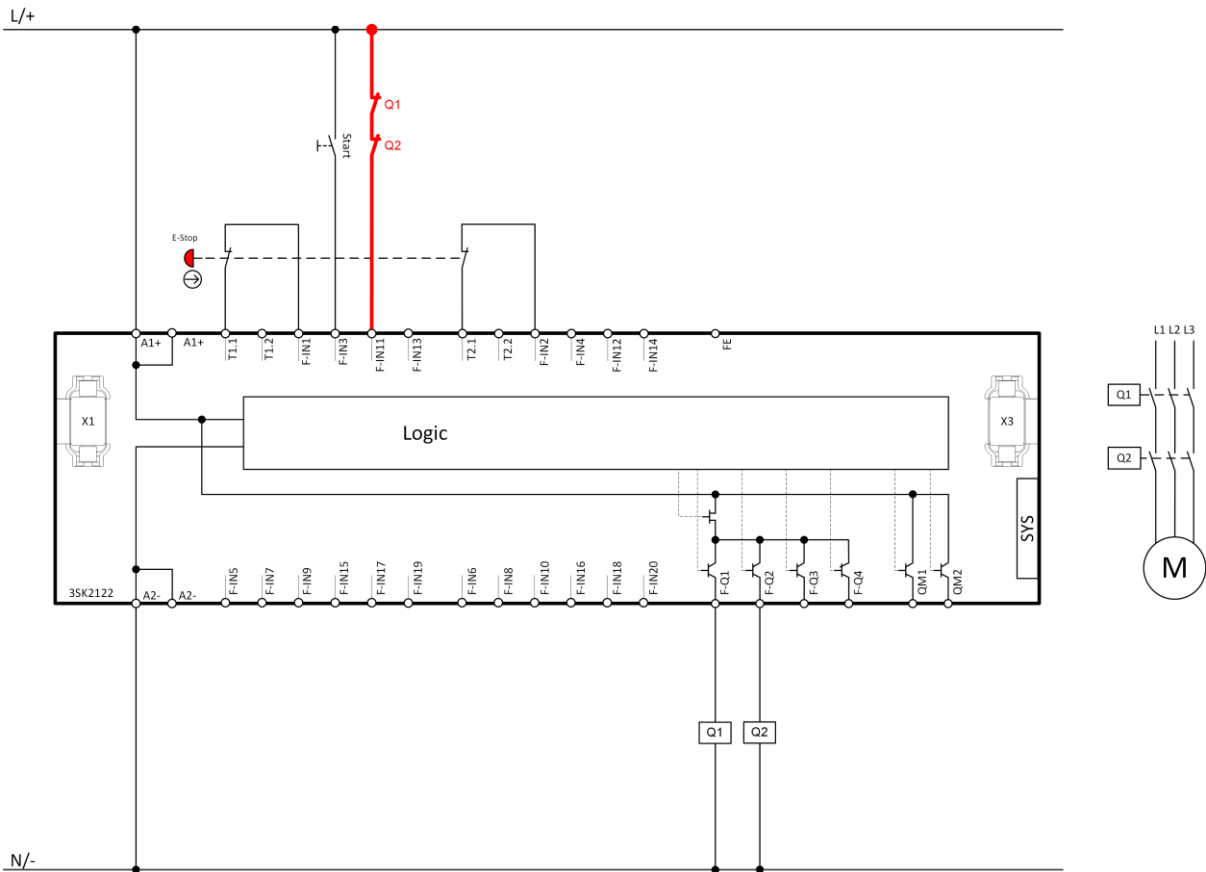


Abbildung 14: Schaltbild einer Rückführkreisüberwachung

In Sicherheitsapplikationen müssen bei der Rückführkreisüberwachung lediglich die letzten Glieder der Sicherheitskette zwingend zurückgelesen werden. In Sicherheitsapplikationen, in denen eine Koppelstufe zur Ansteuerung eines Schützes benötigt wird, würde es somit ausreichen, nur die Leistungsschütze (Abbildung unten: Q1 und Q2) zurückzulesen. Ein Versagen der Koppelstufe würde sich auf die Leistungsschütze übertragen, welche wiederum durch die Auswerteeinheit diagnostiziert werden, wodurch ein sicherer Zustand der Maschine gewährleistet bliebe. Ein Rücklesen der zwangsgeführten Kontakte der Hilfsschütze oder Koppelrelais (Abbildung unten: Q1.1 und Q2.1) in Reihe zu den Spiegelkontakten der Leistungsschütze wird dennoch empfohlen, um eine schnellstmögliche Fehlerreaktion zu gewährleisten.

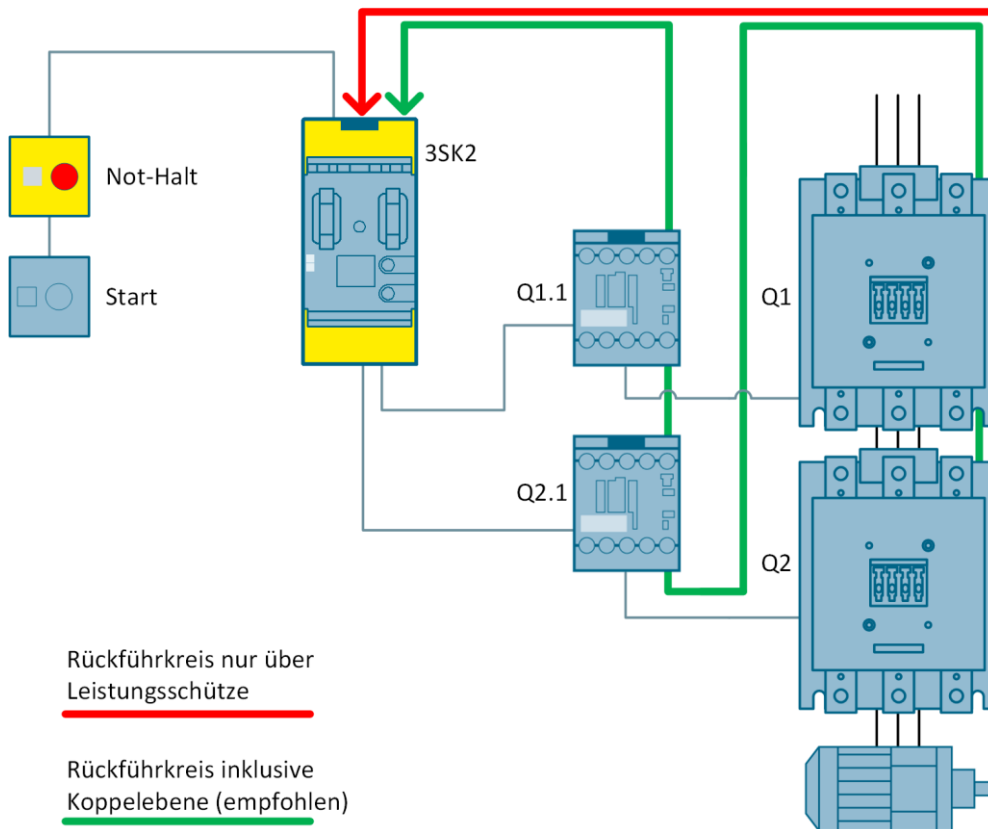


Abbildung 15: Rückführkreisüberwachung bei Einsatz einer Koppellebene

Beim Einsatz einer F-PLC als Auswerteeinheit muss das Zurücklesen des NC-Kontaktes nicht zwingend auf einen sicheren Eingang (F-DI) erfolgen – ein Standard-Eingang (DI) ist ebenfalls in den meisten Applikationen ausreichend.

In folgenden Fällen kann ein Anschluss des Rückführkreises an eine F-DI sinnvoll bzw. geboten sein:

- Einkanaliger Aufbau der Aktorik aber dennoch Forderung eines hohen Diagnosedeckungsgrads.
- Bestimmte Diagnosefunktionen (z. B. STEP 7-Baustein "FDBACK") sind nicht möglich.
- Einsatz eines fehlersicheren Moduls in der dezentralen Peripherie, um die Sicherheitsmechanismen von PROFIsafe zu nutzen.

Weitere Informationen zur Rückführkreisüberwachung mit einer F-PLC sind folgendem Anwendungsbeispiel zu entnehmen:

<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/21331098>

Wie bereits beschrieben wurde, sind Diagnosemechanismen erst ab Kategorie 2 und somit zur Erreichung von PL d / SIL 2 oder PL e / SIL 3 notwendig.

Somit wäre bei einem Teilsystem nach Kategorie 1, bestehend aus einem einzelnen Schütz, eine Rückführkreisüberwachung nicht erforderlich. Es empfiehlt sich dennoch den vorhandenen Öffner-Kontakt des Schützes als Rückführkreis zu

verwenden, um die Applikation somit durch einfache Mittel und ohne den Einsatz zusätzlicher Komponenten ausfallsicherer zu gestalten.

Durch einen Rückführkreis kann ein hoher Diagnosedeckungsgrad ($DC \geq 99\%$) für das Teilsystem Reagieren angenommen werden, wenn spätestens beim Wiedereinschalten die Fehleraufdeckung erfolgt.

Voraussetzung für eine korrekte Rückführkreisüberwachung bei Leistungsschützen ist der Einsatz von Spiegelkontakten. Ein Spiegelkontakt ist nach Anhang F der IEC 60947-4-1 ein Hilfsöffner, der nicht gleichzeitig mit einem Schließer-Hauptkontakt geschlossen sein kann. Dadurch ist sichergestellt, dass der Öffner-Kontakt eines Schützes stets antivalent zu dessen Hauptstromkontakten schaltet und somit eine verlässliche Rückführkreisüberwachung erfolgen kann. Bei SIRIUS Schützen wird diese Eigenschaft in den technischen Daten bestätigt.

Sicherheitsrelevante Kenngrößen	
Produktfunktion	
• Spiegelkontakt gemäß IEC 60947-4-1	Ja
T1-Wert für Proof-Test Intervall oder Gebrauchsdauer gemäß IEC 61508	20 y
Berührungsschutz gegen elektrischen Schlag	fingersicher

Abbildung 16: Auszug aus den technischen Daten eines SIRIUS Schützes

In Schaltplänen werden Öffner-Kontakte, die die Anforderungen eines Spiegelkontaktes erfüllen, mit einem Punkt dargestellt.

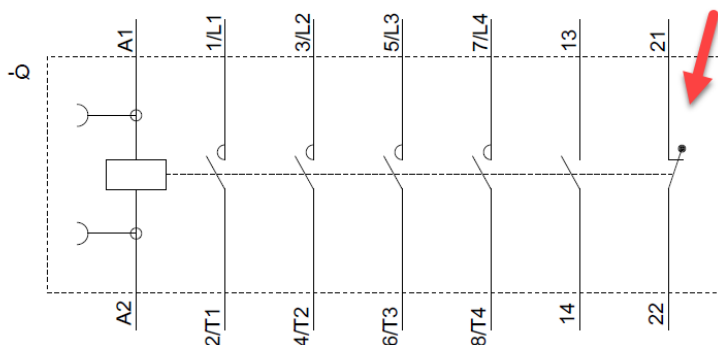


Abbildung 17: Schaltbild eines SIRIUS Leistungsschützes

Bei Hilfsschützen und Koppelrelais wird diese Produkteigenschaft „Zwangsführung“ genannt.

Bei zwangsgeführten Kontaktelementen nach Anhang L der IEC 60947-5-1 handelt es sich um eine Kombination von Schließern und Öffnern, die so konstruiert sind, dass sie nicht gleichzeitig geschlossen sein können.

In Schaltplänen werden Kontakte, die die Anforderungen der Zwangsführung erfüllen, durch eine Doppellinie verbunden dargestellt.

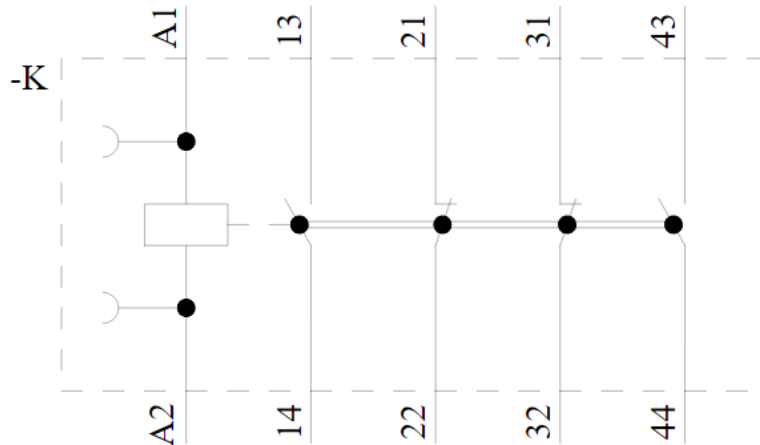


Abbildung 18: Schaltbild eines SIRIUS Hilfsschützes

Für die Eigenschaft "Zwangsführung" kommen nur Hilfsschalterelemente in Frage, die in Schaltgeräten enthalten sind und bei denen die Betätigungskräfte intern erzeugt werden.

Beispiele für Komponenten mit Zwangsführung sind die SIRIUS Hilfsschütze 3RH und die zwangsgeführten Koppelrelais SIIRUS 3RQ1.

Die Norm beschreibt einen Spiegelkontakt als einen mit einem Schütz-Hauptkontakt verbundenen Hilfskontakt, um jegliche Verwechslung mit den zwangsgeführten Kontakten der Hilfsschütze zu vermeiden. Jedoch hindert dies keinen Hilfskontakt, beiden Anforderungen zu genügen.

Im Industry Online Support ist ein FAQ zu diesem Thema verfügbar:

„Was ist der Unterschied zwischen zwangsgeführten Kontaktelementen von Hilfsschützen und Spiegelkontakte von Leistungsschützen?“

(<https://support.industry.siemens.com/cs/de/de/view/109758261>)

Es wird grundsätzlich zwischen zwei Arten der Rückführkreisüberwachung unterschieden:

- Bei der statischen Rückführkreisüberwachung wird vom Auswertegerät lediglich der Aus-Zustand der Schütze vor dem Wiedereinschalten der Applikation überprüft.
- Bei der dynamischen Rückführkreisüberwachung wird hingegen sowohl beim Ein- als auch beim Ausschalten der Applikation der Zustand der Spiegelkontakte durch die Auswerteeinheit plausibilisiert. Darüber hinaus wird durch einige Auswertegeräte ein dynamisches Pulssignal über die Rückführkreisleitung geschickt, wodurch z.B. Kurzschlüsse auf der Leitung erkannt werden können.

Da zur Erreichung des maximalen Diagnosedeckungsgrades eine Fehlerrückmeldung erst spätestens beim Wiedereinschalten der Applikation erfolgen muss, kann auch eine statische Rückführkreisüberwachung die maximale Sicherheitsintegrität gewährleisten.

Einstellung der Rückführkreisüberwachungszeit

Die Rückführkreisüberwachungszeit ist die Zeit, die eine Auswerteeinheit mit aktivierter Rückführkreisüberwachung nach dem Abschaltbefehl wartet, bis sie das Rücklesesignal auswertet. In anderen Worten ist dies die maximale Zeit zwischen der negativen Flanke des Ausgangs der Auswerteeinheit und einer positiven Flanke am Rückführkreiseingang, was einem Schließen des Spiegelkontaktes des Schützes entspricht.

Bei fehlersicheren Steuerungen und softwareparametrierbaren Sicherheitsschaltgeräten ist die Rückführkreisüberwachungszeit einstellbar. Sie muss oberhalb der Zeit liegen, die zwischen Abschalten der Spulenspannung und Schließen des Spiegelkontaktes vergeht.

Für das SIRIUS Schütz 3RT1054-1AB36 beispielsweise wird ein Schließverzug der Hilfsöffnerkontakte (Spiegelkontakte) im Bereich zwischen 20 und 95 ms angegeben. Daher sollte die parametrierte Rückführkreisüberwachungszeit unter Berücksichtigung eines gewissen Sicherheitspuffers oberhalb von 95 ms gewählt werden.

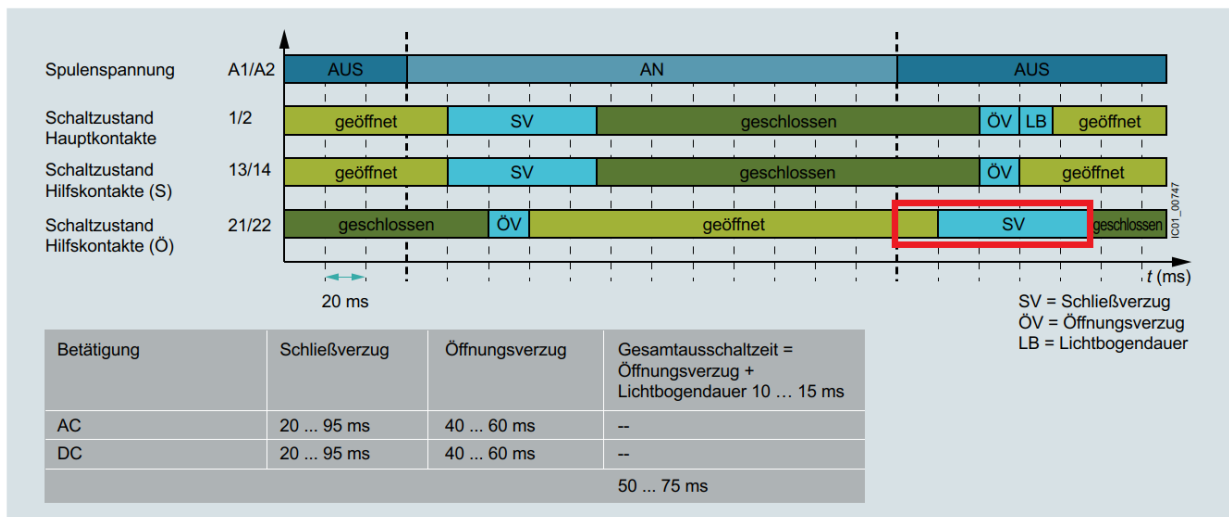


Abbildung 19: Schließverzug des Spiegelkontaktes am Beispiel des Schützes 3RT1054-1AB36

Der Schließverzug der Öffnerkontakte vergrößert sich, wenn die Schützspulen durch den Einsatz von Schutzbeschaltungen gegen Spannungsspitzen bedämpft werden. Nähere Informationen dazu finden sich im Kapitel [Überspannungsbegrenzung](#).

2.4 Safety Evaluation im TIA Selection Tool

Bei der Bewertung von Sicherheitsfunktionen an Maschinen und Anlagen bietet die schnelle und einfache Handhabung der Safety Evaluation im TIA Selection Tool dem Anwender wertvolle Unterstützung.

Das Offline-Tool führt den Anwender schrittweise von der Festlegung der Struktur des Sicherheitssystems, über die Auswahl der Komponenten zur Ermittlung der erreichten Sicherheitsintegrität gemäß ISO 13849-1 und IEC 62061.

Hierbei unterstützen auch die integrierten umfangreichen Bibliotheken. Als Ergebnis erhält der Benutzer einen normenkonformen Report, der als Sicherheitsnachweis in die Dokumentation der Maschine integriert werden kann.

Sie können die Aktualität der sicherheitstechnischen Daten von Siemens durch die Durchführung von regelmäßigen Updates des TIA Selection Tools erreichen. Dadurch ist sichergestellt, dass die Berechnungen immer mit der aktuellen Normenlage durchgeführt werden und dass stets auf die aktuellen technischen Daten aller sicherheitsrelevanten Komponenten von Siemens zugegriffen wird.

Die Safety Evaluation im TIA Selection Tool kann unter folgendem Link im Internet gefunden werden: <http://www.siemens.de/safety-evaluation-tool>

SIRIUS Safety Integrated Application Manual (SIAM)

Das SIRIUS Safety Integrated Application Manual (Applikationshandbuch, SIAM) zeigt anhand der SIRIUS Safety Integrated Produkte einfache Schaltungsbeispiele zu Sicherheitsfunktionen aus den typischen Applikationsbereichen (z.B. Stillsetzen im Notfall, Schutztürüberwachung). Zu jedem der enthaltenen Applikationen existiert ein entsprechender Beitrag im Siemens Industry Online Support (SIOS) mit u.a. herunterladbarem Schaltbild und Safety Evaluation Datei.

Das Applikationshandbuch kann in SIOS gefunden werden:
<https://support.industry.siemens.com/cs/de/de/view/81366718>

Anhand eines der Beispiele des SIAM wird nachfolgend die Funktionsweise der Safety Evaluation im TIA Selection Tool erläutert.

Wie bereits in vorherigen Kapiteln wird das Beispiel bestehend aus einem Not-Halt, einem SIRIUS 3SK2 Sicherheitsschaltgerät sowie zwei redundanten Schützen behandelt. Der zugehörige SIOS-Beitrag ist im Internet abrufbar unter:
<https://support.industry.siemens.com/cs/de/de/view/109479271>

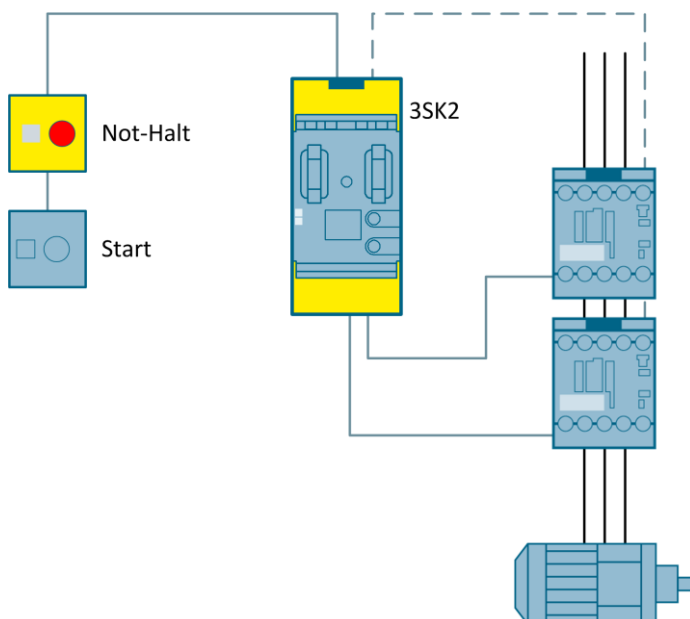


Abbildung 20: Not-Halt-Abschaltung bis SIL 3 bzw. PL e mit dem Sicherheitsschaltgerät 3SK2

Funktionsweise:

Das Sicherheitsschaltgerät überwacht das Not-Halt-Befehlsgerät zweikanalig. Bei Betätigung des Not-Halt-Befehlsgeräts öffnet das Sicherheitsschaltgerät die Freigabekreise und schaltet die Leistungsschütze sicherheitsgerichtet ab.

Ist das Not-Halt-Befehlsgerät entriegelt und der Rückführkreis geschlossen, kann durch den Starttaster wieder eingeschaltet werden.

Die unter oben genanntem Beitrag herunterladbare Datei „Safety_Evaluation_Emergency_stop_SIL3_3SK2_de.zip“ enthält ein TIA Selection Projekt. Dort enthalten sind die für dieses Beispiel verwendeten Komponenten in zweifacher Ausführung, einmal beginnend mit „ISO“ sowie einmal beginnend mit „IEC“.

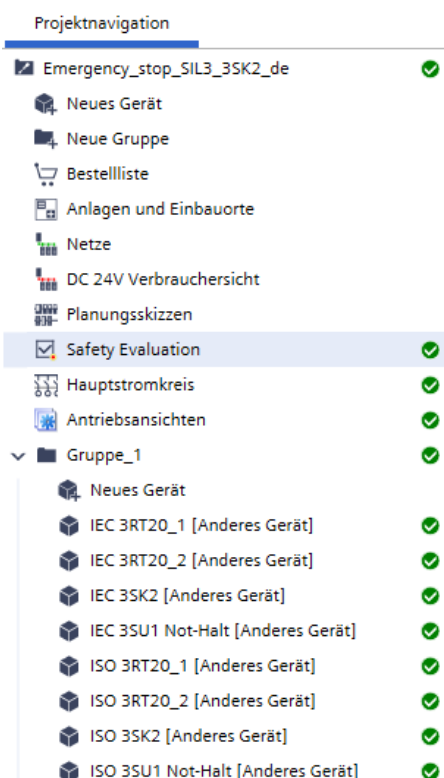


Abbildung 21: Eingesetzte Komponenten im TIA Selection Tool

Die Safety Evaluation im TIA Selection Tool bietet die Möglichkeit, die Berechnung der Sicherheitskette sowohl nach ISO 13849-1 (PL) als auch nach IEC 62061 (SIL) durchzuführen. Im Beispielprojekt sind daher alle Komponenten jeweils in beiden Normen ausgelegt.

Beim Einfügen eines SIRIUS Schützes erscheint zunächst ein Dialogfenster. Wird dort in der ersten Zeile als Norm „ISO 13849-1“ gewählt, muss zunächst die Kategorie der Komponente gewählt werden. Wie im Kapitel [Berechnung von Schützen in Sicherheitsanwendungen](#) erläutert, kann ein einzelnes Schütz durch dessen Eigenschaft „bewährtes Bauteil“ in Kategorie 1 verwendet werden. Auch wenn dieses Schütz, zusammen mit einem zweiten, letztendlich in einer redundanten Architektur der Kategorie 3 oder 4 verwendet werden soll, wird beim Anlegen Kategorie 1 gewählt.

Bereits hinterlegt sind die Werte zu B10, AgA und T1 (Gebrauchsdauer, Mission Time).

Als nächstes muss die Anzahl der Betätigungen pro Zeiteinheit (Testintervall, Schaltzyklen) angegeben werden. Da das Schütz im Beispiel ausschließlich zum

2 Grundlagen der Anwendung von Schützen in Sicherheitsanwendungen

Abschalten im Falle einer Not-Halt-Anforderungen und nicht zum betriebsmäßigen Schalten verwendet wird, wird ein Schaltzyklus von einer Woche angenommen.

Die Resultate der Berechnungen werden im unteren Teil des Fensters dargestellt. So spart sich der Anwender die manuelle Berechnung von $B10_D$ und $MTTF_D$ (siehe Kapitel [Berechnung von Schützen in Sicherheitsanwendungen](#)) sowie das Nachschlagen von PFH_D und resultierendem PL in Tabelle K.1 der ISO 13849-1.

Die Bedeutung der verschleißbedingten Gebrauchsdauer, die hier ebenfalls als Ergebnis der Berechnungen ausgegeben wird, wird in einem gesonderten Kapitel ([Verschleißbedingte Gebrauchsdauer](#)) erläutert.

Das zweite Schütz wurde analog dazu angelegt.

Sicherheitskennwerte bearbeiten X

Norm
ISO 13849-1

Teilsystem
Reagieren

Kategorie der Komponente
1

Bestellnummer
3RT20

B10 [Schaltspiele]
1000000 + -

Anteil gefahrenbringender Ausfälle [%]
73 + -

Betätigungen/Testintervall [Schaltzyklen]
1 + - pro Woche

Max. Gebrauchsdauer, T1 [Jahre]
20 + -

Verschleißbedingte Gebrauchsdauer, T10d (Jahre) 26271,34

B10d [Schaltspiele] 1,36E-06

MTTFd [Jahre] 262713,45

PFHd 1,14E-06

PL PL c

Erstellen

Abbildung 22: Anlegen eines SIRIUS Schützes nach ISO 13849-1

Wird beim Anlegen eines SIRIUS Schützes in der ersten Zeile als Norm „IEC 62061“ gewählt, muss zunächst die Architektur der Komponente gewählt werden. Der Applikationseigenschaft „Kategorie“ existiert in der IEC 62061 nicht. Auch wenn dieses Schütz, zusammen mit einem zweiten, letztendlich in einer redundanten verwendet werden soll, wird beim Anlegen zunächst „1 Kanal“ gewählt.

Bereits hinterlegt sind die Werte zu B10, AgA und T1 (Gebrauchsdauer, Mission Time).

Als nächstes muss die Anzahl der Betätigungen pro Zeiteinheit (Testintervall, Schaltzyklen) angegeben werden. Da das Schütz im Beispiel ausschließlich zum

Abschalten im Falle einer Not-Halt-Anforderungen und nicht zum betriebsmäßigen Schalten verwendet wird, wird ein Schaltzyklus von einer Woche angenommen.

Des Weiteren muss der Haken bei „Verwendung von bewährten Bauteilen“ gesetzt werden. Die Kombination dessen mit der Angabe „1 Kanal“ weiter oben ist äquivalent zur Kategorie 1 nach ISO 13849-1.

Die Resultate der Berechnungen werden im unteren Teil des Fensters dargestellt. Anstelle des $MTTF_D$ verwendet die IEC 62061 den λ_D als Zwischenergebnis zum SIL. Der PFH_D wird durch eine Formel aus den λ_D sowie DC der Einzelkomponenten berechnet. Der resultierende SIL wiederum hängt nur noch vom PFH_D ab. Die Berechnungsmechanismen sind also bei der IEC 62061 komplexer und basieren auf reinen Formeln. Daher bietet die Nutzung der Safety Evaluation im TIA Selection Tool zusätzliche Vorteile, wenn nach IEC 62061 ausgelegt wird.

Das zweite Schütz wurde analog dazu angelegt.

Sicherheitskennwerte bearbeiten
✕

Norm

IEC 62061

Teilsystem

Reagieren

Architektur der Komponente

1 Kanal

Bestellnummer

3RT20

B10 [Schaltspiele]

1000000 + -

Anteil gefahrenbringender Ausfälle [%]

73 + -

Betätigungen/Testintervall [Schaltzyklen]

1 + - pro Woche

Max. Gebrauchsdauer, T1 [Jahre]

20 + -

DC [%]

0 + - DC ermitteln...

Bewährte Bauteile

Verwendung von bewährten Bauteilen

Strukturelle Einschränkung

Nein

Verschleißbedingte Gebrauchsdauer, T10d (Jahre) 26271,34

B10d [Schaltspiele] 1,36E-06

λ_d [1/Stunden] 4,34E-10

PFHd 4,34E-10

SIL SIL 1

SIL CL SIL 1

Erstellen

Abbildung 23: Anlegen eines SIRIUS Schützes nach IEC 62061

Wird die Safety Evaluation in der Projektnavigation gewählt, erscheint die Oberfläche, auf der Sicherheitsfunktionen unter Sicherheitsbereichen angelegt werden können.

Im Beispiel-Projekt existieren zwei Sicherheitsbereiche, jeweils mit einem Not-Halt, ausgelegt nach ISO 13849-1 und IEC 62061.

Für das Teilsysteme Reagieren wurde bei beiden Normen eine zweikanalige Architektur angelegt, die jeweils mit den beiden zuvor angelegten SIRIUS Schützen befüllt wurde.

Beim Hinzufügen des zweiten Schützes in die Zweikanaligkeit öffnet sich ein weiteres Dialogfenster.

Im Falle der ISO 13849-1 muss hier zunächst die Kategorie gewählt werden. Aus den beiden angelegten Schützen der Kategorie 1 wird im redundanten Verbund eine Kategorie 3 oder 4. Da, wie im vorherigen Kapitel beschrieben, durch die

Rückführkreisüberwachung der Schütze jeweils ein hoher Diagnosedeckungsgrad erreicht werden kann, wird in den nächsten beiden Zeilen 99 % für den DC angegeben. Ein hoher Diagnosedeckungsgrad führt darüber hinaus zur Auswahl einer Kategorie 4.

Abschließend muss noch die Erfüllung der CCF-Maßnahmen (Fehler gemeinsamer Ursache, Common Cause Failure) durch ein Punktesystem bestätigt werden. Abschätzungen der Ausfälle aufgrund gemeinsamer Ursache sind nicht maßgeblich spezifisch für Schütze und werden daher in dieser Dokumentation nicht näher betrachtet. Eine Hilfestellung dazu findet sich in Anhang F der ISO 13849-1.

Als Ergebnis liefert das Fenster den PFH_D des zweikanaligen Teilsystems sowie den resultierenden PL.

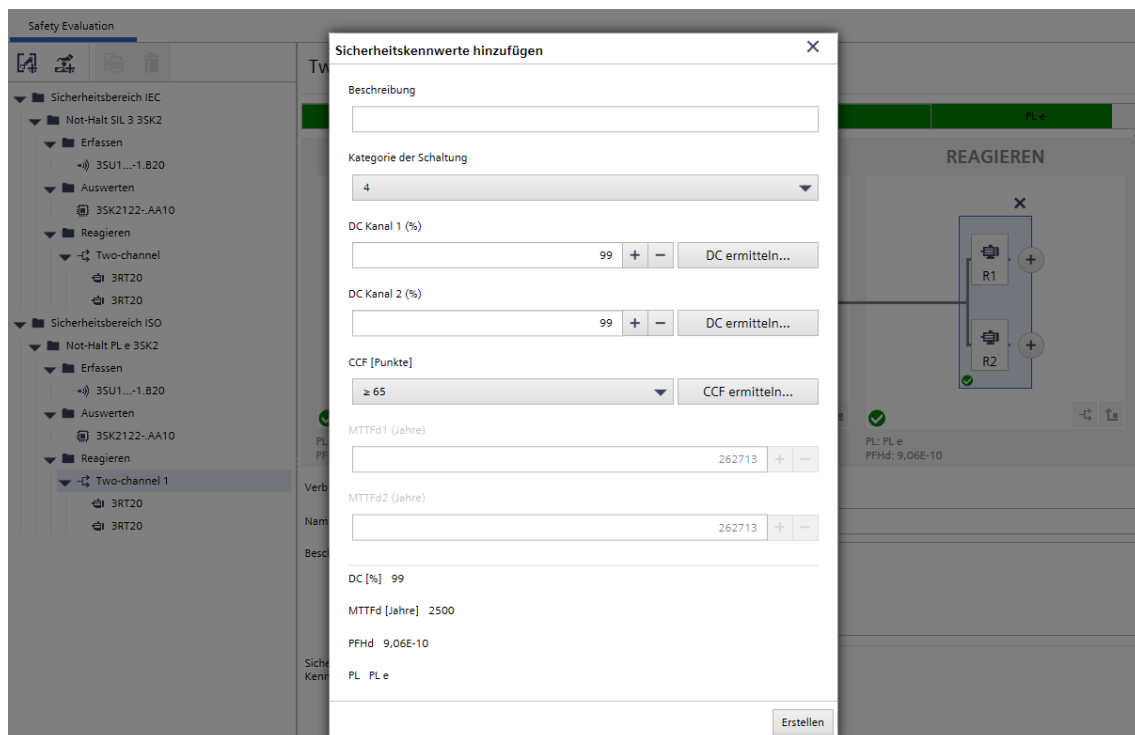


Abbildung 24: Anlegen einer zweikanaligen Architektur nach ISO 13849-1

Im Falle der IEC 62061 muss bei dem sich öffnenden Fenster zusätzlich zum DC nochmals der Testintervall für die beiden Schütze angegeben werden. Da in diesem Beispiel keine über die regulären Not-Halt-Betätigungen hinausgehenden Schaltzyklen zum Tragen kommen, wird der Wert von einer Betätigung pro Woche, der beim Anlegen der Einzelschütze angegeben wurde, eingetragen.

Die CCF-Maßnahmen werden – im Vergleich zum Punktesystem bei der ISO 13849-1 – bei der IEC 62061 mit einem Faktor qualifiziert.

Als Ergebnis liefert das Fenster den PFH_D des zweikanaligen Teilsystems sowie den resultierenden SIL.

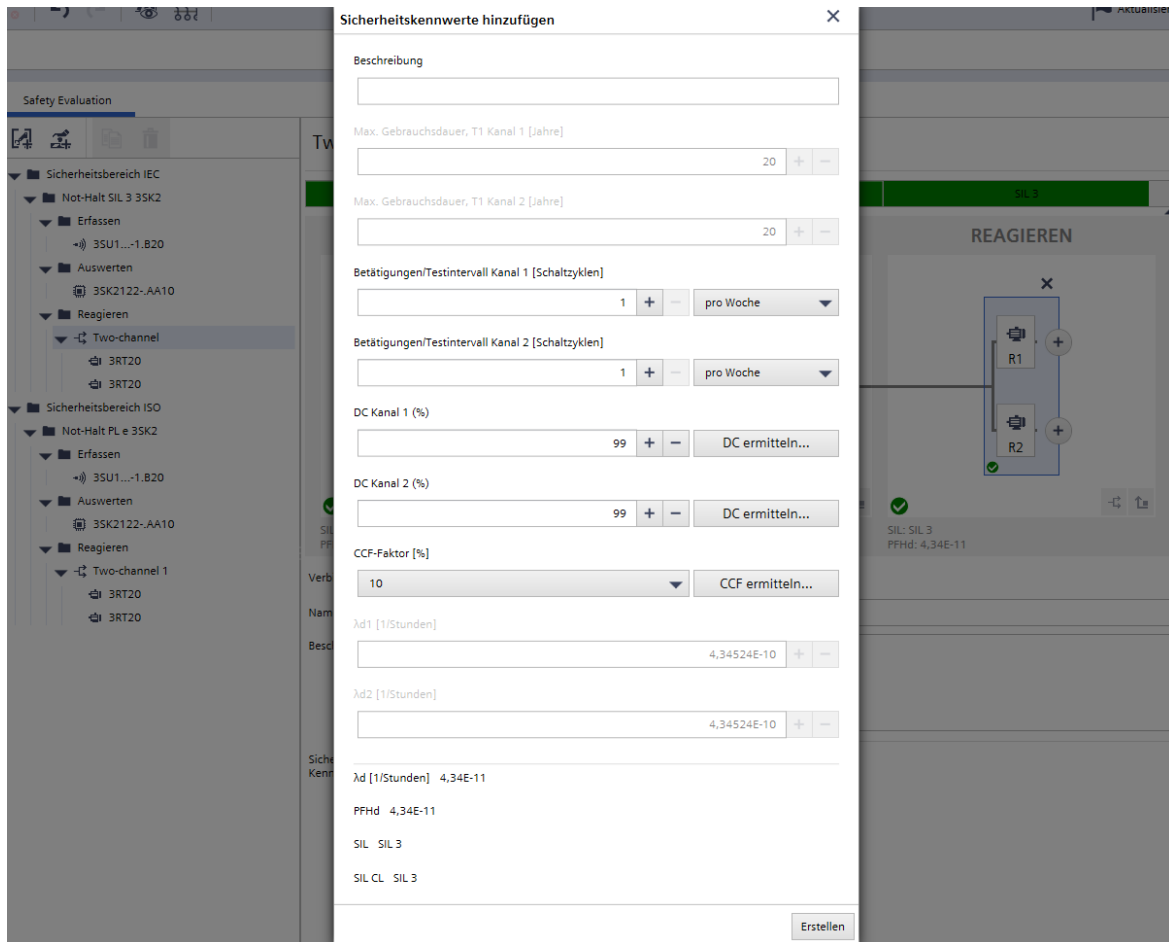


Abbildung 25: Anlegen einer zweikanaligen Architektur nach IEC 62061

2.5 Sonderfall F-PLC-IN-Schütz als zertifiziertes Bauteil

Während Schütze kleinerer Leistung direkt an Ausgänge von Sicherheitsschaltgeräten und fehlersicheren Steuerungen angeschlossen werden können, ist die Realisierung von einer sicherheitsgerichteten Anwendung mit Standardschützen höherer Leistung auf Grund notwendiger Koppelglieder deutlich komplexer und aufwändiger.

Bei Halbleiterausgängen der Auswerteeinheit ist der Ausgangstrom auf oftmals 2 A, teilweise sogar auf 0,5 A begrenzt – und das bei 24 V DC. Bereits bei Schützen mit einer Nennleistung von größer oder gleich 18,5 kW kann dies zu wenig sein. Darüber hinaus stellt die Beschränkung auf eine Ausgangsspannung von 24 V DC eine weitere Hürde dar. Selbst bei Relaisausgängen der Auswerteeinheit, die zumeist auf 5 A bei 24 V DC begrenzt sind, wird eine Koppelstufe bei Schützen größerer Leistungsklassen notwendig.

Dank eines fehlersicheren Steuereingangs bieten spezielle SIRIUS Schütze hier eine deutliche Vereinfachung, zu erkennen am **S** an der neunten Stelle der Artikelnummer:

- Schütze 3RT20...-**S** von 18,5 kW bis 55 kW
- Schütze 3RT10...-**S** von 55 kW bis 250 kW
- Schütze 3RT14...-**S** von 55 kW bis 250 kW

Aufgrund der Möglichkeit direkt an den Ausgang einer fehlersicheren Steuerung (F-PLC) angebunden zu werden, heißen diese Schütze auch F-PLC-IN-Schütze. Sie können anhand der gelb markierten Klemme oder Spulenabdeckung des fehlersicheren Steuereingangs erkannt werden.



Abbildung 26: Beispielhafte F-PLC-IN Schütze 3RT2037-1SF30 und 3RT1056-6SF36

Im Unterschied zu Standardschützen dieser Leistungsklasse besitzen die oben genannten Schütze zusätzlich zur herkömmlichen Spule (Anschlüsse A1/A2) einen fehlersicheren Steuereingang. Dieser benötigt im Vergleich zur Spule einen wesentlich geringeren Anzugs- und Haltestrom (ca. 5 mA vs. bis zu > 5 A je nach Leistungsklasse), wodurch ein Betrieb direkt an fehlersicheren 24 V DC Ausgängen von Sicherheitsschaltgeräten und fehlersicheren Steuerungen möglich ist. Während über den fehlersicheren Steuereingang das Schütz geschaltet wird, werden die Spulenkontakte (A1/A2) dauerhaft mit der entsprechenden Spannung versorgt.

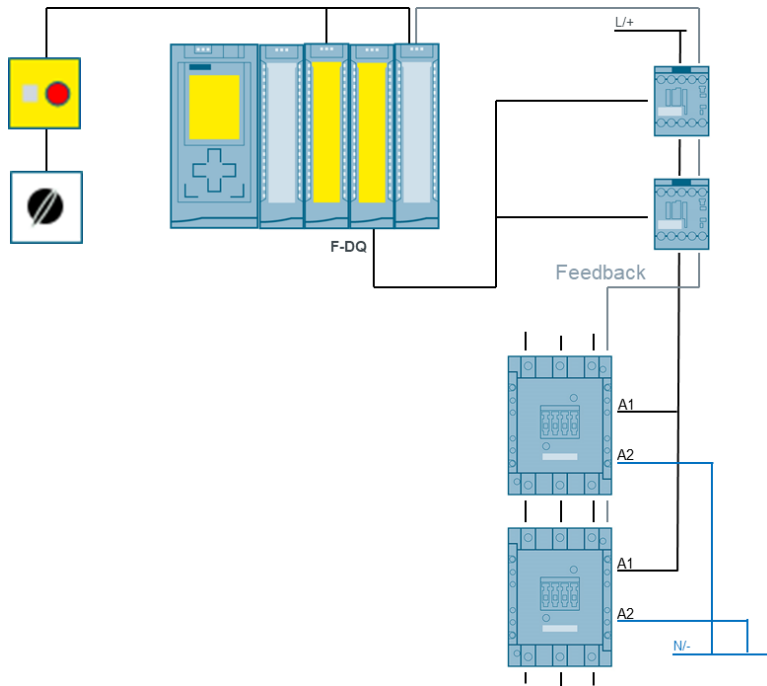


Abbildung 27: Sicherheitsanwendung mit Standardschützen und Koppellebene

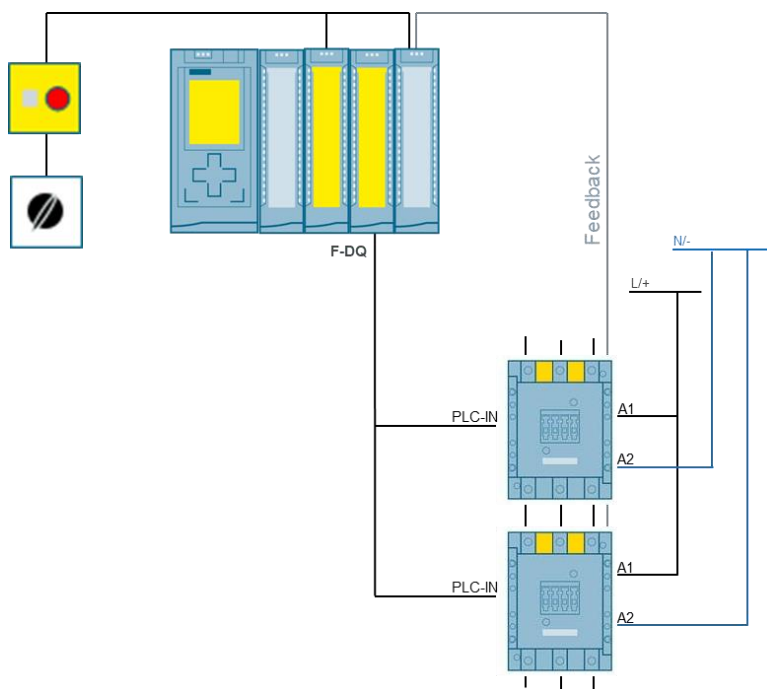


Abbildung 28: Sicherheitsanwendung mit Schützen mit fehlersicherem Steuereingang

Da die SIRIUS Schütze mit fehlersicherem Steuereingang im Vergleich zu Standard-Schützen zusätzliche Elektronik enthalten, können sie nicht als rein elektromechanische Komponenten angesehen werden. Folglich fallen sie nicht unter Gerätetyp 3 (siehe [Gerätetypen nach VDMA-Einheitsblatt 66413](#)) und können nicht als bewährte Bauteile nach ISO 13849-2 eingesetzt werden. Eine

Berechnung über B10-Wert und Anteil gefahrbringender Ausfälle (AgA) ist somit nicht möglich.

Die SIRIUS Schütze mit fehlersicherem Steuereingang beinhalten Bauteile, die nicht vom Anwender bewertet werden können. Daher fallen sie unter Gerätetyp 1 und werden von Siemens mit einer Zertifizierung sowie fertigem PFH_D und SIL / PL vermarktet.

Für den Anwender wird dadurch die Berechnung der Sicherheitsintegrität im Vergleich zum Einsatz eines Standardschützes wesentlich einfacher.

Allerdings ist zu beachten, dass für die SIRIUS Schütze mit fehlersicherem Steuereingang eine verschleißbedingte Gebrauchsdauer (T_{10D}-Wert) über ihren B10-Wert und den Anteil gefahrbringender Ausfälle (AgA) ermittelt werden muss. Mehr Informationen dazu finden sich im folgenden Kapitel.

Sicherheitsrelevante Kenngrößen	
Sicherheitsgerätetyp gemäß IEC 61508-2	Typ B
B10-Wert bei hoher Anforderungsrate gemäß SN 31920	1 000 000
Sicherheits-Integritätslevel (SIL) gemäß IEC 61508	2
SIL-Anspruchsgrenze (Teilsystem) gemäß EN 62061	2
Performance Level (PL) gemäß EN ISO 13849-1	c
Kategorie gemäß EN ISO 13849-1	2
Stoppkategorie gemäß DIN EN 60204-1	0
Anteil sicherer Ausfälle (SFF)	93 %
PFHD bei hoher Anforderungsrate gemäß EN 62061	0,00000045 1/h
PFDAvg bei niedriger Anforderungsrate gemäß IEC 61508	0,007
MTBF	75 y
HFT gemäß IEC 61508	0
T1-Wert für Proof-Test Intervall oder Gebrauchsdauer gemäß IEC 61508	20 y
Schutzart IP frontseitig gemäß IEC 60529	IP00; IP20 mit Rahmenklemme/Abdeckung
Berührungsschutz frontseitig gemäß IEC 60529	fingersicher bei senkrechter Berührung von vorne mit Rahmenklemme/Abdeckung
Eignung zur Verwendung	
<ul style="list-style-type: none"> • sicherheitsgerichtetes Einschalten 	Nein
<ul style="list-style-type: none"> • sicherheitsgerichtetes Ausschalten 	Ja

Abbildung 29: Sicherheitsrelevante Kenngrößen eines SIRIUS Schützes mit fehlersicherem Steuereingang (3RT1056-6SF36)

Wie dem Datenblatt zu entnehmen ist, kann man mit einem einzelnen SIRIUS Schütz mit fehlersicherem Steuereingang PL c und SIL 2 erreicht werden. Diese Kombination mag auf den ersten Blick falsch erscheinen, da die Äquivalenz zu einem PL c normalerweise ein SIL 1 ist. Im Gegensatz zur ISO 13849-1, die für einen PL d mindestens Kategorie 2 fordert und somit keine einkanalige Architektur erlaubt, besteht bei der IEC 62061 laut deren Tabelle 5 die Möglichkeit, auch einkanalig mit HFT (Hardware-Fehlertoleranz) = 0 einen SIL > 1 zu erreichen. Voraussetzung zur Erfüllung eines SIL 2 in einer einkanaligen Architektur ist ein Anteil sicherer Ausfälle (SFF, Safe Failure Fraction) ≥ 90 %. Der SFF ist ein vom Gerätehersteller ermittelter Wert, der sämtliche Ausfälle innerhalb des Geräts berücksichtigt und durch eine FMEDA (Failure modes, effects, and diagnostic analysis) ermittelt wurde. Laut obigem Datenblatt erreicht das Beispielschütz einen SFF von 93 %.

Anteil sicherer Ausfälle	Hardware-Fehlertoleranz (siehe Anmerkung 1)		
	0	1	2
< 60 %	nicht erlaubt (zu Ausnahmen siehe Anmerkung 3)	SIL 1	SIL 2
60 % bis < 90 %	SIL 1	SIL 2	SIL 3
90 % bis < 99 %	SIL 2	SIL 3	SIL 3 (siehe Anmerkung 2)
≥ 99 %	SIL 3	SIL 3 (siehe Anmerkung 2)	SIL 3 (siehe Anmerkung 2)

ANMERKUNG 1 Eine Hardware-Fehlertoleranz von N bedeutet, dass $N + 1$ Fehler zu einem Verlust der SRCF führen können.

ANMERKUNG 2 Eine SIL-4-Anspruchsgrenze wird in dieser Norm nicht betrachtet. Zu SIL 4 siehe IEC 61508-1.

ANMERKUNG 3 Siehe 6.7.6.4 oder für Teilsysteme, bei denen Fehlerausschlüsse auf Fehler angewendet worden sind, die zu einem gefährbringenden Ausfall führen könnten, siehe 6.7.7.

Abbildung 30: IEC 62061, Tabelle 5 – Strukturelle Einschränkungen von Teilsystemen

Zu beachten ist, dass bei einem einkanaligen Einsatz dieses Schützes zwar ohne Diagnosemechanismen ein PL c erreicht werden kann, jedoch zur Umsetzung eines SIL 2 der Spiegelkontakt des Schützes der Fehlerdiagnose dienen und in der übergeordneten Auswerteeinheit überwacht werden muss, um im Fehlerfall entsprechende Reaktionen einleiten zu können.

Vorteile der SIRIUS Schütz mit fehlersicherem Steuereingang:

- Einsparung der zusätzlichen Koppelstufe durch direkte Ansteuerung aus Steuerungen und Sicherheitsschaltgeräten
- Vereinfachte Berechnung der Sicherheitsintegrität durch fertige PL- / SIL-Zertifizierung
- Erreichung von SIL 2 mit einem einzelnen F-PLC-IN-Schütz im Vergleich zu SIL 1 mit einem einzelnen Standardschütz

Hinweis:

Die SIL-Zertifizierung eines Gerätes vom Typ 1 erfolgt stets nach der ebenso in obigem Datenblatt enthaltenen IEC 61508. Diese Norm beschreibt die Anforderungen an sicherheitsrelevante Geräte und wird ausschließlich vom Gerätehersteller benutzt. Der Anwender wiederum wendet die IEC 62061 an, um die Geräte im Kontext seiner Sicherheitsapplikation einsetzen und bewerten zu können.

Selbstverständlich ist auch der Aufbau einer redundanten Architektur zur Erreichung von PL d, PL e und SIL 3 möglich. Die Safety Evaluation im TIA Selection Tool ermöglicht den Aufbau einer zweikanaligen Architektur ebenfalls für Gerätetyp 1. Die Möglichkeit mit zwei redundanten F-PLC-IN-Schützen Sicherheitsapplikationen bis zu SIL 3 / PL e umzusetzen wird in deren Baumusterprüfbescheinigung durch den TÜV bestätigt:

- Schütze 3RT20...-S von 18,5 kW bis 55 kW:
<https://support.industry.siemens.com/cs/de/de/view/109795744>
- Schütze 3RT1...-S von 55 kW bis 250 kW:
<https://support.industry.siemens.com/cs/de/de/view/109748175>

Certification Mark:



Product: Safety components
Model(s): 3RT2

Parameters: Safety Parameters:
 Single Channel: SIL 2, Cat 2, PL c
 Using with different SIL 1 components: Up to SIL 3, Cat 4, PL e

Tested according to:
 IEC 61508-1:2010 (SIL 2)
 IEC 61508-2:2010 (SIL 2)
 IEC 61508-3:2010 (up to SIL3)
 EN ISO 13849-1:2015 (Cat.2, PL c)
 IEC 62061:2005 (SILCL 2)
 IEC 62061:2005/AMD1:2012
 IEC 62061:2005/AMD2:2015
 EN 61508-1:2010 (SIL 2)
 EN 61508-2:2010 (SIL 2)
 EN 61508-3:2010 (up to SIL 3)
 EN 62061:2005/A2:2015 (SILCL 2)

Abbildung 31: Baumusterprüfbescheinigung 3RT20...-S – Ausschnitt

Certification Mark:



Product: Safety components
Model(s): 3RT1

Parameters: Safety Parameters:
 Architecture
 1oo1 SIL 2, Cat 2, PL c
 1oo2 Up to SIL 3, Cat 4, PL e

Tested according to:
 IEC 61508-1:2010 (SIL 2)
 IEC 61508-2:2010 (SIL 2)
 IEC 61508-3:2010 (up to SIL3)
 EN ISO 13849-1:2015 (Cat.2, PL c)
 EN 61508-1:2010 (SIL 2)
 EN 61508-2:2010 (SIL 2)
 EN 61508-3:2010 (up to SIL 3)
 EN 62061:2005/A2:2015 (SILCL 2)

Abbildung 32: Baumusterprüfbescheinigung 3RT1...-S – Ausschnitt

Beim Einsatz der F-PLC-IN-Schütze ist – genau wie bei den Standardschützen – eine Überdimensionierung des Bemessungsbetriebsstromes vorzusehen, wenn aufgrund des geforderten SIL / PL (bzw. Kategorie) bewährte Sicherheitsprinzipien angewendet werden müssen (siehe Kapitel [Berechnung von Schützen in Sicherheitsanwendungen](#)).

Sowohl für den einkanaligen als auch den redundanten Aufbau einer Sicherheitsapplikation mit SIRIUS Schützen mit fehlersicherem Steuerungseingang finden sich Anwendungsbeispiele im SIOS – inklusive Schaltplan und Safety Evaluation Datei:

- Not-Halt-Abschaltung bis SIL 2 bzw. PL c mit einem Schütz mit F-PLC-IN und Sicherheitsschaltgerät 3SK2 (<https://support.industry.siemens.com/cs/de/de/view/109747648>)
- Not-Halt-Abschaltung bis SIL 2 bzw. PL c mit einem Schütz mit F-PLC-IN und fehlersicherer Steuerung (<https://support.industry.siemens.com/cs/de/de/view/109747647>)
- Not-Halt-Abschaltung bis SIL 3 bzw. PL e mit Schützen mit F-PLC-IN und Sicherheitsschaltgerät 3SK2 (<https://support.industry.siemens.com/cs/de/de/view/109747650>)
- Not-Halt-Abschaltung bis SIL 3 bzw. PL e mit Schützen mit F-PLC-IN und fehlersicherer Steuerung (<https://support.industry.siemens.com/cs/de/de/view/109747649>)

Dass im Datenblatt der SIRIUS Schütze mit fehlersicherem Steuereingang trotz deren Einstufung als Gerätetyp 1 ein B10-Wert zu finden ist, liegt in der Notwendigkeit der Berechnung der verschleißbedingten Gebrauchsdauer. Diese wird im folgenden Kapitel erläutert.

2.6 Verschleißbedingte Gebrauchsdauer

Sämtliche sicherheitsrelevanten Geräte besitzen eine Gebrauchsdauer T_1 , die im jeweiligen Datenblatt angegeben ist. Sie wird auch Mission Time (T_M) oder Proof-Test-Intervall bezeichnet. Auch für SIRIUS Schütze wird dieser Wert angegeben und beträgt, wie bei fast allen sicherheitsrelevanten Geräten von Siemens, 20 Jahre. Das bedeutet, dass nach Ablauf dieser Zeit das Gerät ausgetauscht werden muss, da deren Kenngrößen nur innerhalb dieses Zeitraums gewährleistet sind.

Elektromechanische Bauteile unterliegen einem von der geschalteten Last sowie vom Schaltzyklus abhängigen Verschleiß. Für Geräte, die Elektromechanik enthalten, muss daher ein separate verschleißbedingte Gebrauchsdauer ermittelt werden. Dies muss durch den Anwender erfolgen, da nur er die genauen Einsatzbedingungen des Geräts in der Sicherheitsapplikation kennt. Sämtliche Geräte des Typs 3 fallen in diese Kategorie, u.a. Relais und Schütze.

Die verschleißbedingte Gebrauchsdauer T_{10D} hängt vom B10_D-Wert sowie den Betätigungen pro Jahr n_{op} ab:

$$T_{10D} = \frac{B10_D}{n_{op}}$$

Alternativ kann der während der Berechnung der Sicherheitsintegrität ermittelte MTTFD-Wert zur Ermittlung von T_{10D} herangezogen werden:

$$T_{10D} = \frac{MTTF_D}{10}$$

Das Ergebnis dieser Rechnung wird mit dem T_1 -Wert aus dem Datenblatt verglichen und das Gerät nach dem kleineren der beiden Werte ausgetauscht.

Es existieren auch Geräte des Typs 1, für die eine verschleißbedingte Gebrauchsdauer ermittelt werden muss. Grundsätzlich gilt, dass immer dann, wenn elektromechanische Bauteile in einem Gerät enthalten sind, der T_{10D} -Wert

durch den Anwender ermittelt und mit dem T_1 -Wert verglichen werden muss – unabhängig davon, ob das Gerät zertifiziert ist (inkl. PFH_D und SIL / PL) oder nicht. Beispiele für zertifizierte Geräte des Typs 1, für die eine Berechnung des T_{10D} durchgeführt werden muss sind SIRIUS 3SK1 Sicherheitsschaltgeräte (nur diejenigen mit Relaisausgängen) oder fehlersichere Relaisausgabebaugruppen der ET 200SP (F-RQ). Auch die im vorherigen Kapitel vorgestellten F-PLC-IN-Schütze fallen in diese Kategorie, da sie zwar zertifiziert sind, ihre Hauptstromkontakte jedoch trotzdem einem von der geschalteten Last sowie vom Schaltzyklus abhängigen Verschleiß unterliegen.

Ein sicheres Indiz für die Notwendigkeit eine verschleißbedingte Gebrauchsdauer für ein sicherheitsrelevantes Gerät bestimmen zu müssen, ist das Vorhandensein eines B_{10} -Wertes in dessen Datenblatt.

Beispielrechnung: Teilsystem Reagieren mit zwei redundanten SIRIUS Schützen

Daten der Maschine:	Herstellerangaben:
n_{op} = 1 Zyklus / Woche	B_{10} = 1.000.000
= 52 Zyklen / Jahr	AgA = 73%
PL_r = e (laut Risikobeurteilung geforderter PL)	T_1 = 20 Jahre

Formeln aus Kapitel [Berechnung von Schützen in Sicherheitsanwendungen](#):

$$B_{10D} = \frac{B_{10}}{AgA} \qquad MTTF_D = \frac{B_{10D}}{0,1 \times n_{op}}$$

Ergebnisse:

- ➔ B_{10D} = 1.369.863
- ➔ $MTTF_D$ = 263.435 Jahre (hoch, begrenzt auf 2500 Jahre bei Kat. 4)
- ➔ T_{10D} = 26.343,5 Jahre ($T_1 < T_{10D}$)
- ➔ Max. Gebrauchsdauer = T_1 = 20 Jahre
- ➔ $DC \geq 99\%$ (hoch) durch Rückführkreisüberwachung
- ➔ $PFH_D = 9,06 \times 10^{-10}$ und PL e laut Tabelle K.1 der ISO 13849-1

MTTF _D für jeden Kanal Jahre	Durchschnittliche Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Ausfalls je Stunde, PFH _D (1/h) und der zugehörige Performance Level (PL)									
	Kat. B PL DC _{avg} = kein	Kat. 1 PL DC _{avg} = kein	Kat. 2 PL DC _{avg} = niedrig	Kat. 2 PL DC _{avg} = mittel	Kat. 3 PL DC _{avg} = niedrig	Kat. 3 PL DC _{avg} = mittel	Kat. 4 PL DC _{avg} = hoch			
1 200							$1,90 \times 10^{-9}$	e		
1 300							$1,75 \times 10^{-9}$	e		
1 500							$1,51 \times 10^{-9}$	e		
1 600							$1,42 \times 10^{-9}$	e		
1 800							$1,26 \times 10^{-9}$	e		
2 000							$1,13 \times 10^{-9}$	e		
2 200							$1,03 \times 10^{-9}$	e		
2 300							$9,85 \times 10^{-10}$	e		
2 400							$9,44 \times 10^{-10}$	e		
2 500							$9,06 \times 10^{-10}$	e		

Abbildung 33: ISO 13849-1, Tabelle K.1 (Ausschnitt)

2 Grundlagen der Anwendung von Schützen in Sicherheitsanwendungen

Wie im Beispiel des Kapitels [Safety Evaluation im TIA Selection Tool](#) bereits zu sehen war, wird die Berechnung des T_{10D} -Wertes ebenfalls von der Safety Evaluation übernommen.

Sicherheitskennwerte bearbeiten ✕

Norm
ISO 13849-1

Teilsystem
Reagieren

Kategorie der Komponente
1

Bestellnummer
3RT20

B10 [Schaltspiele]
1000000 + -

Anteil gefahrenbringender Ausfälle [%]
73 + -

Betätigungen/Testintervall [Schaltzyklen]
1 + - pro Woche

Max. Gebrauchsdauer, T1 [Jahre]
20 + -

Verschleißbedingte Gebrauchsdauer, T10d (Jahre) 26271,34

B10d [Schaltspiele] 1,36E+06

MTTFd [Jahre] 262713,45

PFHd 1,14E-06

PL PL c

Erstellen

Abbildung 34: Verschleißbedingte Gebrauchsdauer eines SIRIUS Schütze in der Safety Evaluation im TIA Selection Tool

Anmerkung:

Die geringe Abweichung des von der Safety Evaluation berechneten $MTTF_D$ - und T_{10D} -Wertes ergibt sich aufgrund einer Rundung der Software bei Berechnung des B_{10D} -Wertes.

Die Berechnung der Safety Evaluation für die zweikanalige Schütz-Architektur liefert als PFH_D und PL dieselben Ergebnisse wie die oben gezeigte händische Rechnung.

2 Grundlagen der Anwendung von Schützen in Sicherheitsanwendungen

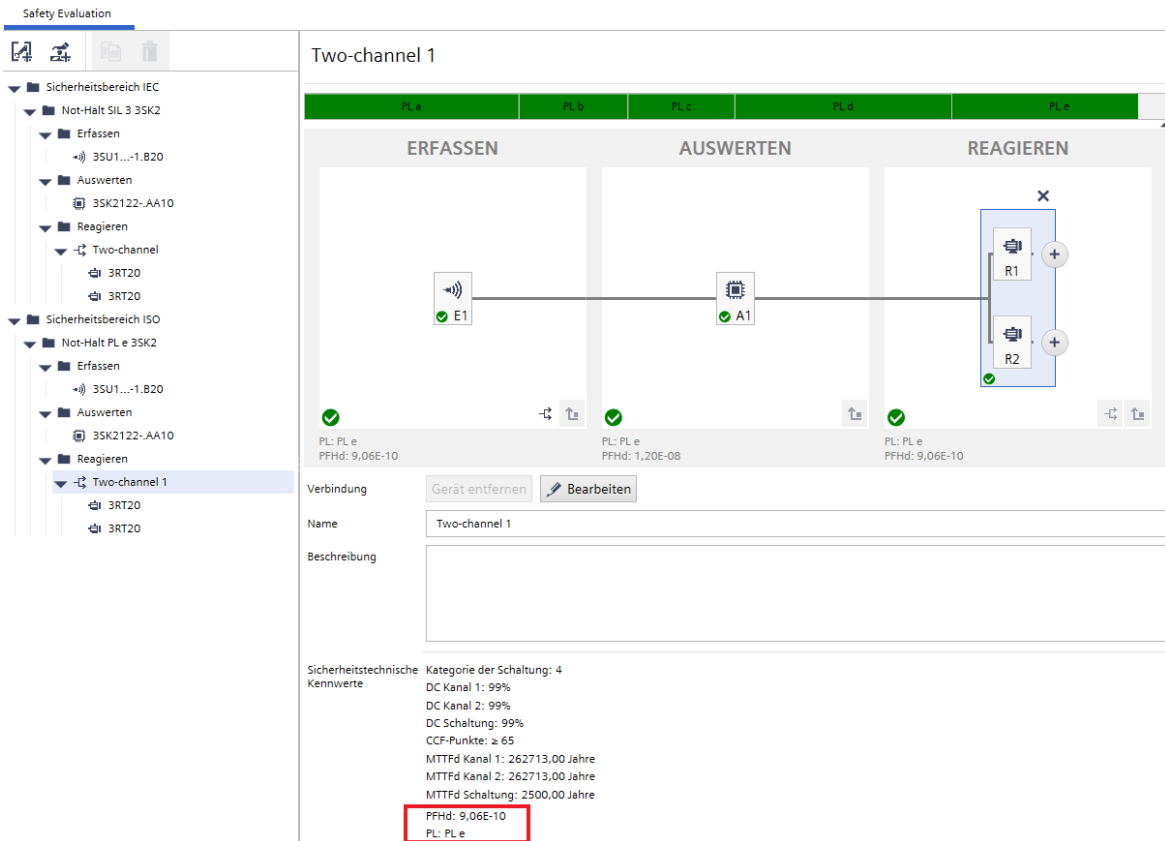


Abbildung 35: PFH_D und PL zweier redundanter SIRIUS Schütze in der Safety Evaluation im TIA Selection Tool

In oben gezeigtem Beispiel wird ein geringer Schaltzyklus von der Sicherheitsapplikation gefordert. Daraus resultiert ein hoher MTTF_D-Wert sowie eine hohe verschleißbedingte Gebrauchsdauer (T_{10D}). Dadurch, dass T_{10D} stets einem Zehntel des MTTF_D entspricht, kann es zu Fällen kommen, in denen zwar der errechnete MTTF_D zur Erreichung der geforderten Sicherheitsintegrität genügt, der entsprechende T_{10D} jedoch zur unpraktikablen Notwendigkeit führt, dass das Schütz innerhalb der Lebensdauer der Maschine mehrmals ausgetauscht werden muss.

Zur Veranschaulichung eines solchen Falles folgt eine weitere Beispielrechnung.

Daten der Maschine:

$$d_{op} = 220 \text{ Tage / Jahr}$$

$$h_{op} = 16 \text{ h / Tag}$$

$$t_{zyklus} = 30 \text{ s / Zyklus}$$

$$PL_r = e \text{ (laut Risikobeurteilung geforderter PL)}$$

Herstellerangaben:

$$B_{10} = 1.000.000$$

$$AgA = 73\%$$

$$T_1 = 20 \text{ Jahre}$$

Formeln aus Kapitel [Berechnung von Schützen in Sicherheitsanwendungen](#):

$$B_{10D} = \frac{B_{10}}{AgA}$$

$$MTTF_D = \frac{B_{10D}}{0,1 \times n_{op}}$$

$$n_{op} = \frac{d_{op} \times h_{op} \times 3600 \text{ s/h}}{t_{zyklus}}$$

Ergebnisse:

- B_{10D} = 1.369.863
- n_{op} = 422.400 Zyklen / Jahr
- $MTTF_D$ = 32,43 Jahre (hoch)
- T_{10D} = 3,243 Jahre ($T_1 > T_{10D}$)
- Max. Gebrauchsdauer = $T_{10D} = 3,243$ Jahre
- $DC \geq 99\%$ (hoch) durch Rückführkreisüberwachung
- $PFH_D = 9,06 \times 10^{-10}$ und PL e laut Tabelle K.1 der ISO 13849-1

Aus diesen Ergebnissen würde folgen, dass die Schütze alle ca. drei Jahre ausgetauscht werden müssten.

Die Empfehlung an dieser Stelle wäre, den Hintergrund des hohen Schaltzyklus zu hinterfragen. Ergibt er sich aufgrund dessen, dass die beiden Schütze (oder eines davon) auch zum betriebsmäßigen Schalten verwendet werden? Dann kann das Auslagern auf ein drittes Schütz zu einer erheblichen Erhöhung der verschleißbedingten Gebrauchsdauer führen.

Ein zweite Möglichkeit T_{10D} zu erhöhen, wäre die Anfrage eines lastabhängigen B10-Wertes. Ist die Sicherheitsfunktion selbst für die hohe Schalthäufigkeit verantwortlich oder kann das betriebsmäßige Schalten nicht ausgelagert werden, besteht die Möglichkeit, einen lastabhängigen B10-Wert über den Technical Support ([siemens.com/SupportRequest](https://www.siemens.com/SupportRequest)) anzufragen. Wird das Schütz unterhalb der 66 % des Bemessungsbetriebsstromes betrieben, resultiert ein teils wesentlich höherer B10-Wert. Wird das Schütz durch eine vorherige Abschaltung der Last durch ein anderes Schaltorgan sogar stromlos geschaltet, steigt der B10-Wert sogar um ein zifaches.

2.7 Leitungsverlegung

Bei den sicheren Ausgängen der Auswerteeinheit kommt das Prinzip der Redundanz zum Tragen: es werden je Ausgang zwei Schaltelemente verwendet. Hierbei ist ergeben sich zwei Möglichkeiten der Verschaltung:

- pp-schaltend: Die beiden Schaltelemente des Ausgangs liegen in der Versorgung zur Last.
- pm-schaltend: Die Last liegt zwischen den beiden Schaltelementen des Ausgangs. Es wird hierbei die Versorgung und die Masse geschaltet.

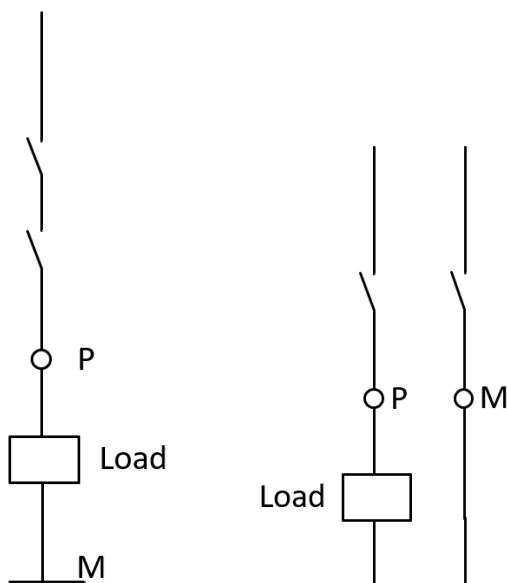


Abbildung 36: Zwei Varianten eines fehlersicheren Ausgangs (pp- und pm-schaltend)

Sowohl die Halbleiter- als auch die Relaisausgänge der Sicherheitsschaltgeräte 3SK sind grundsätzlich pp-schaltend ausgelegt, wobei bei den Varianten mit Relaisausgängen diese auch pm-schaltend verdrahtet werden können, indem zwei pp-schaltende Relaisausgänge zum Anschluss eines Aktors verwendet werden.

Bei der SIMATIC F-PLC gibt es fehlersichere pm- und pp-Ausgangsbaugruppen sowie kombinierte (ppm), bei denen im Engineering eingestellt werden kann, wie sie wirken.

Beim Anschluss von Aktoren, wie z.B. Schützen, an sichere Ausgänge der Auswerteeinheit bestehen je nach gefordertem SIL / PL verschiedene Möglichkeiten.

Im Folgenden werden diese Möglichkeiten anhand von pp-schaltenden Ausgängen gezeigt – jeweils für Relais- und Halbleiterausgänge. Der entsprechende Anschluss an pm-schaltende Ausgänge erfolgt analog dazu mit dem einzigen Unterschied, dass der zweite Schließer bzw. Transistor in der Massezuleitung des jeweiligen Schützes liegt.

Wird laut Risikobeurteilung PL c bzw. SIL 1 gefordert, genügt ein einzelnes Schütz, angesteuert durch einen Ausgang der Auswerteeinheit.

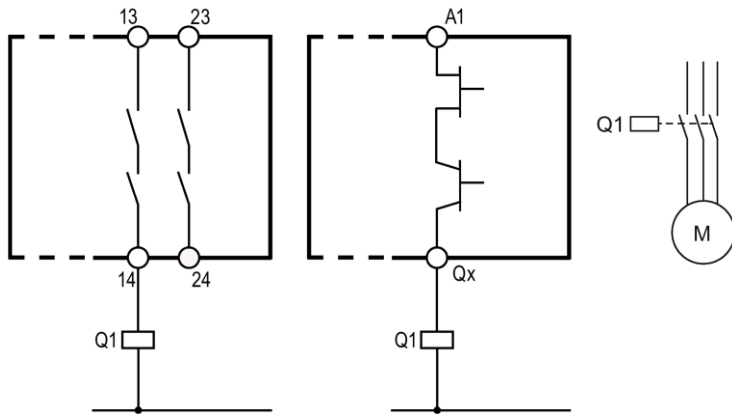


Abbildung 37: Aktorbeschriftung bis zu PL c nach ISO 13849-1 bzw. SIL 1 nach IEC 62061

Wird laut Risikobeurteilung mindestens PL d bzw. SIL 2 gefordert, werden zwei redundante Schütze benötigt. Diese werden über zwei separate Ausgänge der Auswerteeinheit angesteuert.

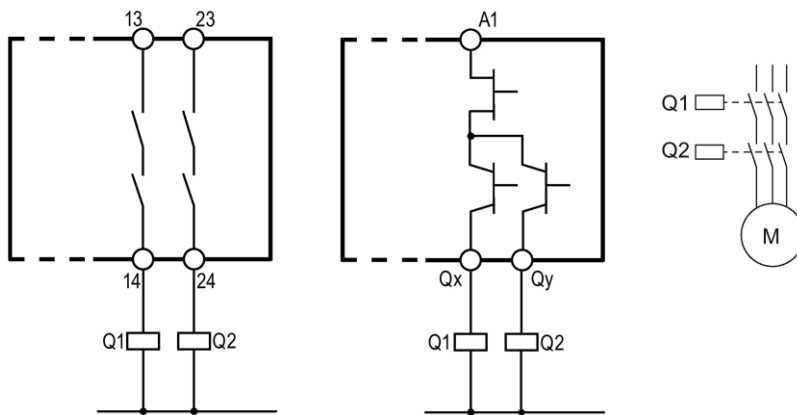


Abbildung 38: Aktorbeschriftung bis zu PL e nach ISO 13849-1 bzw. SIL 3 nach IEC 62061

Zwei redundante Schütze können bis PL e bzw. SIL 3 auch über einen einzelnen Ausgang der Auswerteeinheit angesteuert werden. Hierfür ist zwischen dem Ausgang und der Stelle, an der sich die Leitung zum Anschluss an A1 der beiden Schütze aufspaltet, geschützte Verlegung notwendig. Hierdurch kann ein Fehlerausschluss für den einkanalig ausgeführten Teil der Leitung angenommen werden.

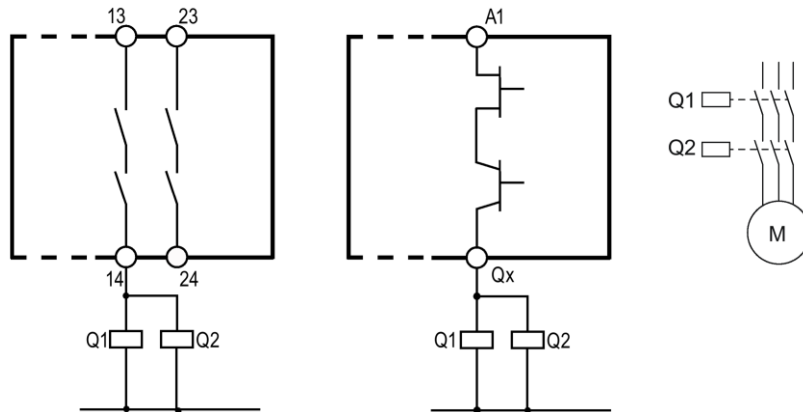


Abbildung 39: Aktorbeschaltung bei geschützter Verlegung bis zu PL e nach ISO 13849-1 bzw. SIL 3 nach IEC 62061

Eine geschützte Verlegung der Steuerleitungen vom Ausgang (14, Qx) zu den Steuerrelais/-schützen (A1 von Q1 und Q2) zeichnet sich durch Quer- und Kurzschlussicherheit aus.

Dies kann durch eine separat ummantelte Leitung oder Verlegung in einem eigenen Kabelkanal gewährleistet werden.

Eine weitere Möglichkeit der geschützten Verlegung ist die Verwendung der beiden zu verbindenden Geräte (Auswerteeinheit und Schütz) innerhalb eines Schaltschranks. Die Kopplung zwischen Geräten innerhalb eines Schaltschranks darf bis PL e bzw. SIL 3 einkanalig realisiert werden, da die Kabelverlegung innerhalb eines Schaltschranks als quer- und kurzschlussicher gilt (Fehlerrückmeldung gemäß ISO 13849-2, Tabelle D.4).

2.8 Sonderfall Schütze in der Prozessindustrie nach IEC 61511

Die bisherigen Betrachtungen dieser Dokumentation betrafen den Einsatz von Schützen in Sicherheitsanwendungen der Fertigungsindustrie nach ISO 13849-1 und IEC 62061.

Die Norm zur Zertifizierung von sicherheitsrelevanten Geräten IEC 61508 unterscheidet zwischen niedriger und hoher Anforderungsrate.

Definition laut IEC 61508-4, Kapitel 3.5.16:

- Betriebsart mit niedriger Anforderungsrate (en: low demand mode): Häufigkeit von Anforderungen nicht mehr als einmal pro Jahr
- Betriebsart mit hoher Anforderungsrate (en: high demand mode): Häufigkeit von Anforderungen mehr als einmal pro Jahr

Der Einsatz von Schützen in der Fertigungsindustrie ist geprägt durch eine hohe Anforderungsrate der Sicherheitsfunktion, wohingegen der Einsatz in der Prozessindustrie mit einer niedrigen Anforderungsrate erfolgt.

Für Geräte, die bei niedriger Anforderungsrate betrieben werden, beschreibt die IEC 61508 sicherheitsrelevante Kenngrößen, die in den bisherigen Betrachtungen dieser Dokumentation noch nicht erläutert wurden.

Diese werden vom Anwender maßgeblich für den Einsatz von zertifizierten Geräten (Gerätetyp 1) in Sicherheitsapplikation der Prozessindustrie benötigt. Nachfolgend wird das Datenblatt eines zertifizierten SIRIUS Schützes mit fehlersicherem Steuereingang (bereits bekannt aus dem Kapitel [Sonderfall F-PLC-IN-Schütz als zertifiziertes Bauteil](#)) gezeigt. Dort finden sich folgende Kenngrößen (neben den bereits bekannten der Fertigungsindustrie):

- PFD_{avg} = mittlere Wahrscheinlichkeit eines gefahrbringenden Ausfalls bei Anforderung
- MTBF = mittlere Betriebsdauer zwischen Ausfällen
- SFF = Anteil sicherer Ausfälle (diese Kennzahl ist sowohl für eine niedrige als auch eine hohe Anforderungsrate von Bedeutung und für beide Fälle identisch)

Sicherheitsrelevante Kenngrößen	
Sicherheitsgerätetyp gemäß IEC 61508-2	Typ B
B10-Wert bei hoher Anforderungsrate gemäß SN 31920	1 000 000
Sicherheits-Integritätslevel (SIL) gemäß IEC 61508	2
SIL-Anspruchsgrenze (Teilsystem) gemäß EN 62061	2
Performance Level (PL) gemäß EN ISO 13849-1	c
Kategorie gemäß EN ISO 13849-1	2
Stoppkategorie gemäß DIN EN 60204-1	0
Anteil sicherer Ausfälle (SFF)	93 %
PFHD bei hoher Anforderungsrate gemäß EN 62061	0,00000045 1/h
PFD_{avg} bei niedriger Anforderungsrate gemäß IEC 61508	0,007
MTBF	75 y
HFT gemäß IEC 61508	0
T1-Wert für Proof-Test Intervall oder Gebrauchsdauer gemäß IEC 61508	20 y
Schutzart IP frontseitig gemäß IEC 60529	IP00; IP20 mit Rahmenklemme/Abdeckung
Berührungsschutz frontseitig gemäß IEC 60529	fingersicher bei senkrechter Berührung von vorne mit Rahmenklemme/Abdeckung
Eignung zur Verwendung	
• sicherheitsgerichtetes Einschalten	Nein
• sicherheitsgerichtetes Ausschalten	Ja

Abbildung 40: Sicherheitsrelevante Kenngrößen eines SIRIUS Schützes mit fehlersicherem Steuereingang (3RT1056-6SF36)

Der Wert zur Ausfallwahrscheinlichkeit wird oft in „FIT“ angegeben. Failure in Time beschreibt die Ausfallrate technischer Komponenten, insbesondere elektronischer Bauteile. Die Einheit FIT gibt dabei die Anzahl der Bauteile an, welche in 10^9 Stunden ausfallen.

Somit gilt: $1 \text{ FIT} = 1 \times 10^{-9} \text{ Ausfälle / Stunde}$

Für den Einsatz von SIRIUS Standardschützen (Gerätetyp 3) in der Prozessindustrie (niedrige Anforderungsrate) werden folgende Kenngrößen benötigt:

- AgA (diese Kennzahl ist sowohl für ein niedrige als auch eine hohe Anforderungsrate von Bedeutung, jedoch unterschiedlich für beide Fälle)
- FIT

Diese befinden sich im Datenblatt eines SIRIUS Standardschützes.

2 Grundlagen der Anwendung von Schützen in Sicherheitsanwendungen

Sicherheitsrelevante Kenngrößen	
B10-Wert bei hoher Anforderungsrate gemäß SN 31920	1 000 000
Anteil gefährbringender Ausfälle	
• bei niedriger Anforderungsrate gemäß SN 31920	40 %
• bei hoher Anforderungsrate gemäß SN 31920	73 %
Ausfallrate [FIT] bei niedriger Anforderungsrate gemäß SN 31920	100 FIT
T1-Wert für Proof-Test Intervall oder Gebrauchsdauer gemäß IEC 61508	20 y
Schutzart IP frontseitig gemäß IEC 60529	IP20
Berührungsschutz frontseitig gemäß IEC 60529	fingersicher bei senkrechter Berührung von vorne
Eignung zur Verwendung	
• sicherheitsgerichtetes Ausschalten	Ja

Abbildung 41: Sicherheitsrelevante Kenngrößen eines SIRIUS Schützes (3RT2035-1KB40)

3 Auswahl des richtigen Schützes

3.1 Leistungsspektrum der SIRIUS Schütze

Im SIRIUS Systembaukasten erhalten Sie alle Geräte zum Schalten, Schützen, Steuern und Überwachen von Motoren durchgängig in den Leistungsgrößen 3 bis 250 kW mit 45 bis 160 mm Baubreite. Die komplett innovierte Gerätegeneration verfügt über 50.000 Kombinationsprüfungen und Zulassungen für den weltweiten Einsatz. Die optimal aufeinander abgestimmten Geräte sind auf einfache Weise kombinierbar und benutzen weitestgehend das gleiche Zubehör.

		3 kW / 400 V				Baugröße				250 kW / 400 V
Funktion	Produkte	S00	S0	S2	S3	S6	S10	S12		
Hauptstromkreis	Schalten	Schütze								
		Halbleiterschütze								
		Sanftstarter								
	Starten	Abzweig								
		Kompaktabzweig								
	Schützen	Leistungsschalter, Motorschutzschalter								
		Überlastrelais	thermisch							
			elektronisch							
	Überwachen	Stromüberwachungsrelais								
	Steuerstromkreis	Funktions- und Kommunikationsmodule								

Abbildung 42: SIRIUS Systembaukasten

Die Auswahl des für die jeweilige Sicherheitsapplikation passenden SIRIUS Schützes orientiert sich in erster Linie an der zu schaltenden Last.

Die SIRIUS Schütze werden durch die Angabe der Gebrauchskategorie in Verbindung mit der Angabe des Bemessungsbetriebsstroms oder der Motorleistung und der Bemessungsspannung gekennzeichnet.

	3RT2.1	3RT2.2	3RT2.3	3RT2.4	3RT1.5	3RT1.6	3RT1.7
kW (AC-3 / 400V)	... - 7,5	4 – 18,5	18,5 – 37	37 – 55	55 – 90	110 – 160	200- 250
A (AC-3 / 690V)	... - 22	40 – 50	60 – 90	125 – 130	160 – 215	275 – 330	430 - 610

Abbildung 43: Übersicht Schütze der Gebrauchskategorie AC-3 und AC-1

Die Software TIA Selection Tool führt Anwender in jedem Automatisierungsprojekt schnell und komfortabel zur fehlerfreien Geräteauswahl und -konfiguration. Enthalten ist unter anderem ein Konfigurator, der bei der Auswahl des passenden SIRIUS Schützes hilft.

Mehr Informationen sowie das Tool sind im Internet verfügbar unter:

www.siemens.de/tst

Bei der Auswahl des für die jeweilige Sicherheitsapplikation passenden Schützes ist ab PL c bzw. SIL 1 das bewährte Sicherheitsprinzip der Überdimensionierung zu beachten (siehe Kapitel [Berechnung von Schützen in Sicherheitsanwendungen](#)).

Demnach darf bei Anwendung der ISO 13849-1 und einem geforderten $PL \geq c$ der Strom, der durch die Schaltkontakte geleitet wird, weniger als die Hälfte des Strom-Nennwertes betragen.

Bei Anwendung der IEC 62061 und einem geforderten $SIL \geq 1$ muss seit der Version IEC 62061:2021 ebenfalls ein Überdimensionierungsfaktor von 2 angewendet werden. Folglich darf der Strom, der durch die Schaltkontakte geleitet wird, weniger als 50 % des Strom-Nennwertes betragen.

Hinweis:

Die Überdimensionierung des Stromnennwertes, der durch die Schütz-Hauptstromkontakte geleitet wird, ist nur eine von drei in Tabelle D.2 der ISO 13849-2 genannten Möglichkeiten der Überdimensionierung. Eine weitere für Schütze anwendbare Möglichkeit (laut ISO 13849-2, Tabelle D.2) ist die Gesamtanzahl der erwarteten Schaltungen auf höchstens 10 % der Anzahl der Schaltungen, für die diese elektrische Einrichtung ausgelegt ist, zu limitieren.

Die oben genannten Angaben zur Überdimensionierung bezüglich des Strom-Nennwertes lassen sich mit den gleichen Prozentwerten auf die Nennleistung des Schützes übertragen.

3.2 SIRIUS Schütze: Für jede Leistung die passende Safety-Lösung

SIRIUS Schütze bis 18,5 kW (3RT201 und 3RT202) können problemlos direkt an fehlersicheren Ausgängen betrieben werden.

Bei den Schützen 3RT203 (bis 37 kW) kann es anhängig vom Ausgang der Auswerteeinheit bereits nötig sein, eine Kopelebene hinzuzufügen. Der dadurch entstehende Mehraufwand an Platz und Kosten kann jedoch, wie bei den größeren Schützen (3RT204 sowie 3RT10), durch den Einsatz eines SIRIUS Schützes mit fehlersicherem Steuereingang (F-PLC-IN-Schütz) umgangen werden.

Für die Schütze 3RT201, 3RT202 und 3RT203 stehen zur Verringerung des Verdrahtungsaufwandes beim Einsatz von zwei redundanten Schützen sogenannte Safety-Hauptstromverbinder (3RA29.6-1A) zur Verfügung.

3.3 Antriebsarten

Die SIRIUS Schütze 3RT lassen sich in die beiden durch unterschiedliche Leistungsspektren gekennzeichneten Klassen 3RT1 und 3RT2 unterteilen. Es stehe jeweils unterschiedliche Antriebsarten zur Verfügung.

Die SIRIUS Schütze 3RT20 sind in Standardvarianten mit AC- bzw. DC-Antrieb oder als Varianten mit elektronischem Weitbereichsantrieb und universeller Betätigungsspannung (AC- oder DC-Betrieb möglich) erhältlich. Für eine optimale Anbindung an die Steuerung stehen auch DC-Koppelschütze mit reduzierter Leistungsaufnahme zur Verfügung. Die Ansteuerung erfolgt über den Speisespannungsanschluss A1 / A2 mit unterschiedlichen Arbeitsbereichen (Details hierzu siehe jeweiliges Produktdatenblatt).

Zusätzlich stehen bei den Schützen 3RT203 und 3RT204 Varianten mit elektronischem Antrieb für AC- oder DC-Betrieb mit einem fehlersicheren Steuereingang (F-PLC-IN) zur Verfügung. Hierbei wird das Schütz über den Steuereingang mit wenigen mA geschaltet, während der Antrieb (A1/A2) dauerhaft versorgt wird.

Folgende Ansteuerungs- bzw. Antriebsvarianten stehen für die Schütze 3RT203 und 3RT204 zur Verfügung:

- 3RT20...A: Standardantrieb für AC-Betrieb
- Elektronischer Antrieb:
Bei Schützen mit elektronischem Antrieb ist die Überspannungsbedämpfung der Antriebsspule bereits in die Elektronik integriert. Folgende Varianten stehen zur Verfügung:
 - 3RT20...K: Koppelschütze mit angepasster Leistungsaufnahme; geeignet für elektronische SPS/F-SPS-Ausgänge mit 2 A (DC 24 V)
 - 3RT20...N.: Varianten mit elektronischem Weitbereichsantrieb und universeller Betätigungsspannung (AC- oder DC-Betrieb); Schütze mit einer reduzierten Anzugs- und Halteleistung
 - 3RT20...S: Ansteuerung nur mit fehlersicherem Steuereingang (F-PLC-IN, DC 24 V) zur Vereinfachung von Sicherheitsanwendungen (ohne Betriebsmoduswahl); hierbei wird das Schütz über den Steuereingang mit wenigen mA geschaltet, während der Antrieb (A1/A2) dauerhaft versorgt wird.

Die Antriebe der SIRIUS Schütze 3RT10 werden über eine Versorgungsspannung mit einem Arbeitsbereich von 0,8 bis 1,1 x U_s gespeist, wahlweise abhängig vom gewählten Betriebsmodus auch gesteuert. Es sind verschiedene Nennspannungsbereiche für AC/DC-Ansteuerung verfügbar.

Folgende Ansteuerungs- bzw. Antriebsvarianten stehen für die Schütze 3RT105 bis 3RT107 zur Verfügung:

- 3RT10...A:
Standardantrieb für AC- und DC-Betrieb (Reduzierung der Anzugs- und Halteleistung)
- Elektronischer Antrieb:
Bei Schützen mit elektronischem Antrieb ist die Überspannungsbedämpfung der Antriebsspule bereits in die Elektronik integriert. Folgende Varianten stehen zur Verfügung:
 - 3RT10...N: Mit zwei Betriebsmodi: Direktsteuerung oder über SPS-Eingang (DC 24 V)
 - 3RT10...P: Ansteuerung nur über SPS-Eingang (Standard-PLC-IN, DC 24 V), jedoch zusätzlich mit Restlebensdauermeldung (RLT)

- 3RT10...S: Ansteuerung nur mit fehlersicherem Steuereingang (F-PLC-IN, DC 24 V) zur Vereinfachung von Sicherheitsanwendungen (ohne Betriebsmoduswahl); hierbei wird das Schütz über den Steuereingang mit wenigen mA geschaltet, während der Antrieb (A1/A2) dauerhaft versorgt wird.

3.4 Hilfsschalterblöcke

Wie im Kapitel [Rückführkreisüberwachung](#) erläutert wurde, muss zu Diagnosezwecken und um einen gewissen DC (Diagnosedeckungsgrad) und SIL / PL zu erreichen, ein Spiegelkontakt des in der Sicherheitsapplikation eingesetzten Schützes in die Auswerteeinheit zurückgelesen werden. Bei Hilfsschützen und Relais muss dies mit einem zwangsgeführter Öffnerkontakt erfolgen. In der Auswerteeinheit wird dieses Signal mit dem Ansteuersignal plausibilisiert.

Reicht die Anzahl der Öffner-Kontakte eines Schützes oder Hilfsschützes nicht aus, da sie beispielsweise anderweitig in der Maschinensteuerung benötigt werden, kann das SIRIUS Schütz oder Hilfsschütz durch einen zusätzlich aufgesetzten Hilfsschalterblock erweitert werden. Dessen Kontakte erfüllen ebenso die normativen Anforderungen an Spiegelkontakte bzw. zwangsgeführte Kontakte und können daher bedenkenlos zur Rückführkreisüberwachung eingesetzt werden.

Optional gibt es Schützausführungen mit unlösbar aufgesetzten Hilfsschaltelemente, die anhand der Endung „3MA0“ zu erkennen sind. Diese Alternative ist für den Einsatz des Hilfsschalters in Sicherheitsapplikationen und der Verwendung im Rückführkreis normativ nicht vorgeschrieben. Dadurch wird jedoch ein zusätzlicher Schutz gegen Manipulation gewährleistet. Die unlösbar aufgesetzten Hilfsschalter können anhand des roten Beschriftungsdeckels erkannt werden und sind für SIRIUS Leistungs- und Hilfsschütze erhältlich.

Zusätzlich aufgesetzte Hilfsschalterblöcke werden je nach Leistungsklasse des Schützes entweder frontseitig oder seitlich montiert.



Abbildung 44: Zusätzliche unlösbare Hilfsschalter am Beispiel eines Standard-Schützes sowie eines F-PLC-IN-Schützes

Hilfskontaktbestückung von SIRIUS Schützen nach Leistungsklasse:

- Schütze 3RT201: Im Grundgerät ist ein Hilfskontakt integriert, je nach Variante ein Schließer oder ein Öffner (= Spiegelkontakt)

- Schütze 3RT202 bis 3RT204: Die Grundgeräte enthalten zwei integrierte Hilfskontakte, einen Schließer und einen Öffner (= Spiegelkontakt)
- Alle Grundgeräte 3RT20 sind durch Hilfsschalter zusätzlich erweiterbar (ausgenommen Koppelschütze Baugrößen S00 und S0)
- Die Schütze 3RT105 bis 3RT107 werden mit zwei seitlich montierten Hilfsschaltern (je nach Variante mit zwei Schließern und zwei Öffnern oder einem Schließer und einem Öffner) geliefert; alle Hilfsschalter-Öffner sind zertifizierte Spiegelkontakte; die Hilfsschalterbestückung ist frontseitig und seitlich möglich.

3.5 Überspannungsbegrenzung

Die Schütze, die ohne Spulenbeschaltung ausgeliefert werden, können nachträglich mit RC-Gliedern, Varistoren, Dioden oder Diodenkombinationen (Kombination von Diode und Z-Diode für kurze Abschaltzeiten) zur Bedämpfung von Abschaltüberspannungen der Spule beschaltet werden.

Die Ausschaltzeiten des Schützes (= die Zeiten des Öffnungsverzuges der Schließerkontakte) und die des Schließverzuges der Öffnerkontakte vergrößern sich, wenn die Schützspulen gegen Spannungsspitzen bedämpft werden. Zu den SIRIUS Schützen ist unterschiedliches Zubehör verfügbar, das jeweils eine andere Zeitänderung bewirkt:

- Entstördiode: 6- bis 10-fach
- Diodenkombination: 2- bis 6-fach
- Suppressordiode: +1 bis +5 ms
- Varistor: +2 bis +5 ms

Bei der Parametrierung der Rücklesezeit im Auswertegerät muss die Abschaltzeit des Schützes beachtet werden (siehe Kapitel [Rückführkreisüberwachung](#)). Bei Einsatz eines der oben genannten Beschaltungen zur Bedämpfung des Schützes muss bei der Parametrierung der Rücklesezeit im Auswertegerät die verlängerte Ausschaltzeit berücksichtigt werden, da es sonst zum Auftreten von ungewollten Rückführkreisfehlern kommen kann.

4 Kombinierte Anwendungen

4.1 Wendekombination

Generell können Wendekombinationen für sicherheitsgerichtetes Abschalten verwendet werden.

Für Applikationen bis SIL 1 nach IEC 62061 bzw. PL c nach ISO 13849-1 ist es ausreichend, die Motorschütze für Rechts- und Linkslauf zu betrachten. Das bedeutet, dass beide sicherheitsgerichtet zu schalten und über den Spiegelkontakt (Öffner) im Rückführkreis zu überwachen sind. Eine Rückführkreisüberwachung bei SIL 1 / PL c ist nicht verpflichtend, wird jedoch empfohlen. Bei der Berechnung der erreichten Sicherheitsintegrität wiederum ist die Betrachtung eines einzelnen Schützes exemplarisch für beide ausreichend. Ist der Schaltzyklus bei einem der beiden Schütze (Rechts- oder Linkslauf) höher, ist darauf zu achten, dass das Schütz mit dem höheren Schaltzyklus betrachtet wird. Die verschleißbedingte Gebrauchsdauer muss für beide Schütze separat bestimmt werden.

Neben einzelnen SIRIUS Schützen kann auch die Schütz-Wendekombination 3RA23 verwendet werden. Komplett verdrahtete Wendekombinationen 3RA23 sind bis zu 55 kW erhältlich. Diese bestehen aus je zwei Schützen gleicher Leistung mit einem Hilfsöffner (bei 3RT201) oder einem Hilfsschließer und einem Hilfsöffner (bei 3RT202, 3RT203 und 3RT204). Die Schütze sind mechanisch und elektrisch gegeneinander verriegelt (Öffnerverriegelung). Optional gibt es darüber hinaus Wendekombinationen mit Schnittstelle zu IO-Link oder AS-Interface.

Anhand einer Schütz-Wendekombination 3RA23 wird nachfolgend beispielhaft eine sicherheitsgerichtete Wendeschaltung bis SIL 1 / PL c mit einem 3SK1 Sicherheitsschaltgerät gezeigt. Die Schaltung lässt sich analog dazu mit zwei separaten SIRIUS Schützen für Q1 und Q2 aufbauen.

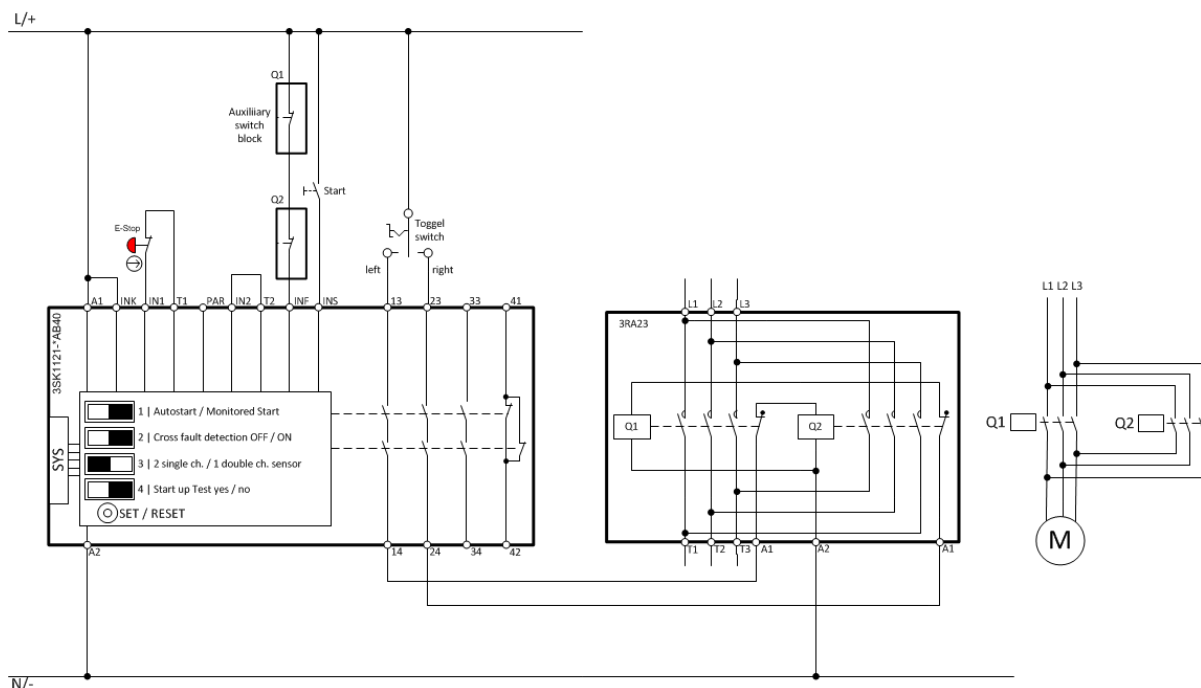


Abbildung 45: Wendekombination 3RA23 mit 3SK1 Sicherheitsschaltgerät bis SIL 1 bzw. PL c

Ab SIL 2 nach IEC 62061 bzw. PL d nach ISO 13489-1 wird eine zweikanalige Architektur gefordert. Deshalb ist im Aufbau ein zusätzliches überlagertes Schütz (Q1) notwendig – damit der Motor anläuft, müssen stets zwei Schütze schalten (entweder Q1 + Q2 oder Q1 + Q3). Ein zusätzliches, viertes Schütz ist demnach nicht notwendig.

Die korrekte Funktion aller drei Schütze muss mittels der Spiegelkontakte (Öffner) überwacht werden (Rückführkreisüberwachung ab SIL 2 / PL d verpflichtend). Es ist darauf zu achten, dass bei der Verschaltung der Wendekombination genügend Spiegelkontakte (Öffner) für die Rückführkreisüberwachung zur Verfügung stehen.

Bei der Berechnung der erreichten Sicherheitsintegrität ist die Betrachtung des überlagerten Schützes (Q1) sowie eines der beiden Wendeschütze (Q2 oder Q3, exemplarisch für beide) ausreichend. Es wird also eine zweikanalige Architektur bestehend aus zwei redundanten Schützen berechnet. Ist der Schaltzyklus bei einem der beiden Wendeschütze (Rechts- oder Linkslauf) höher, ist darauf zu achten, dass das Schütz mit dem höheren Schaltzyklus betrachtet wird. Die verschleißbedingte Gebrauchsdauer muss für alle drei Schütze separat bestimmt werden.

Um Fehler gemeinsamer Ursache (CCF) zu vermeiden, müssen die Steuerleitungen zu den Schützen getrennt verlegt werden oder ähnliche Maßnahmen getroffen werden (siehe Kapitel [Leitungsverlegung](#)).

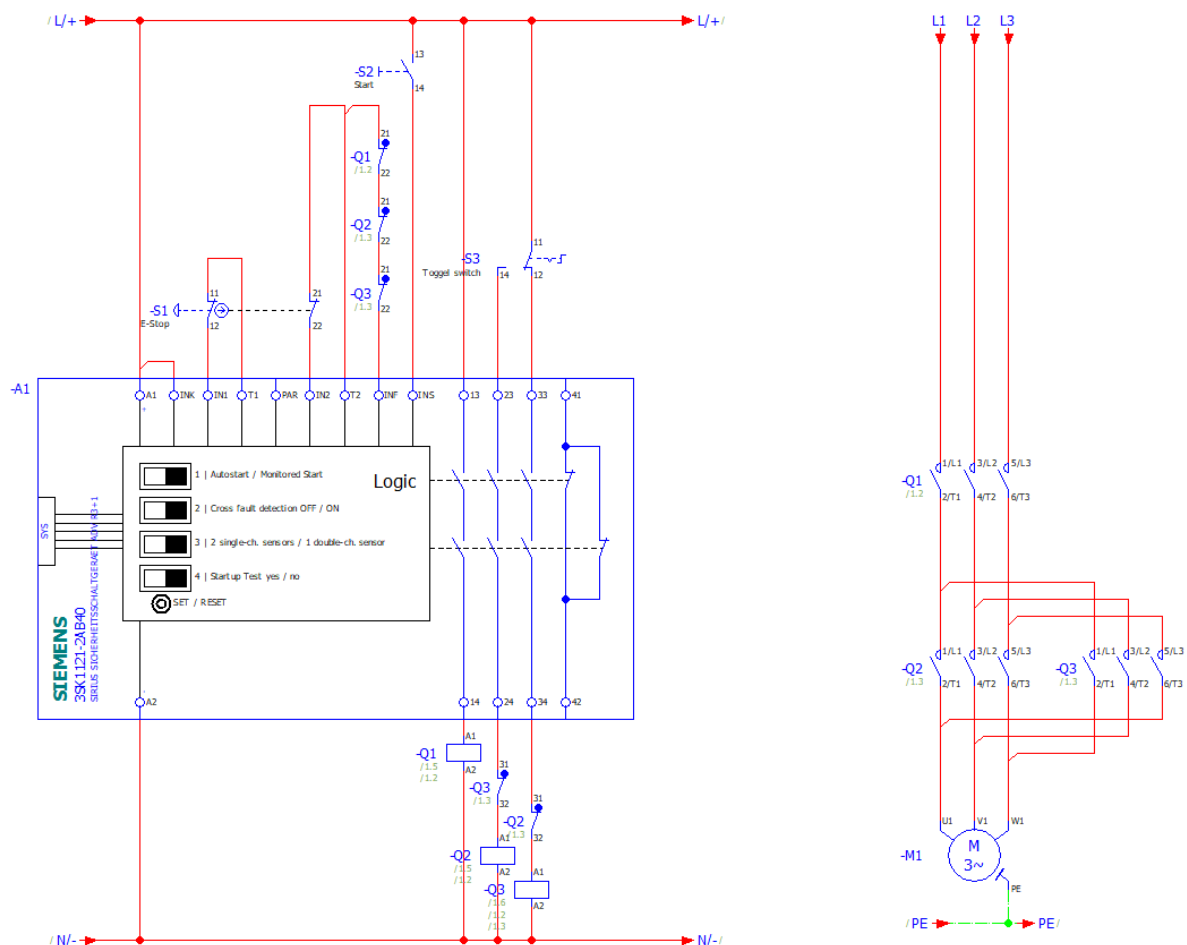


Abbildung 46: Wendekombination mit separaten Schützen und 3SK1 Sicherheitsschaltgerät bis SIL 3 bzw. PL e

Nachfolgend wird außerdem eine sicherheitsgerichtete Wendeschaltung bis SIL 3 / PL e bestehend aus einem 3SK1 Sicherheitsschaltgerät, einer Schütz-Wendekombination 3RA23 (Q2 + Q3) sowie einem zusätzlichen Schütz (Q1) gezeigt.

Im Beispiel werden zusätzliche Hilfsschalterblöcke 3RH29 auf die Schütz-Wendekombination 3RA23 aufgesteckt, um den Rückführkreis einzubinden. Der zusätzliche Hilfsschalterblock 3RH29 ist notwendig, da die internen Öffner Hilfskontakte der 3RT-Schütze für die elektrische Verriegelung der Wendekombination verwendet werden.

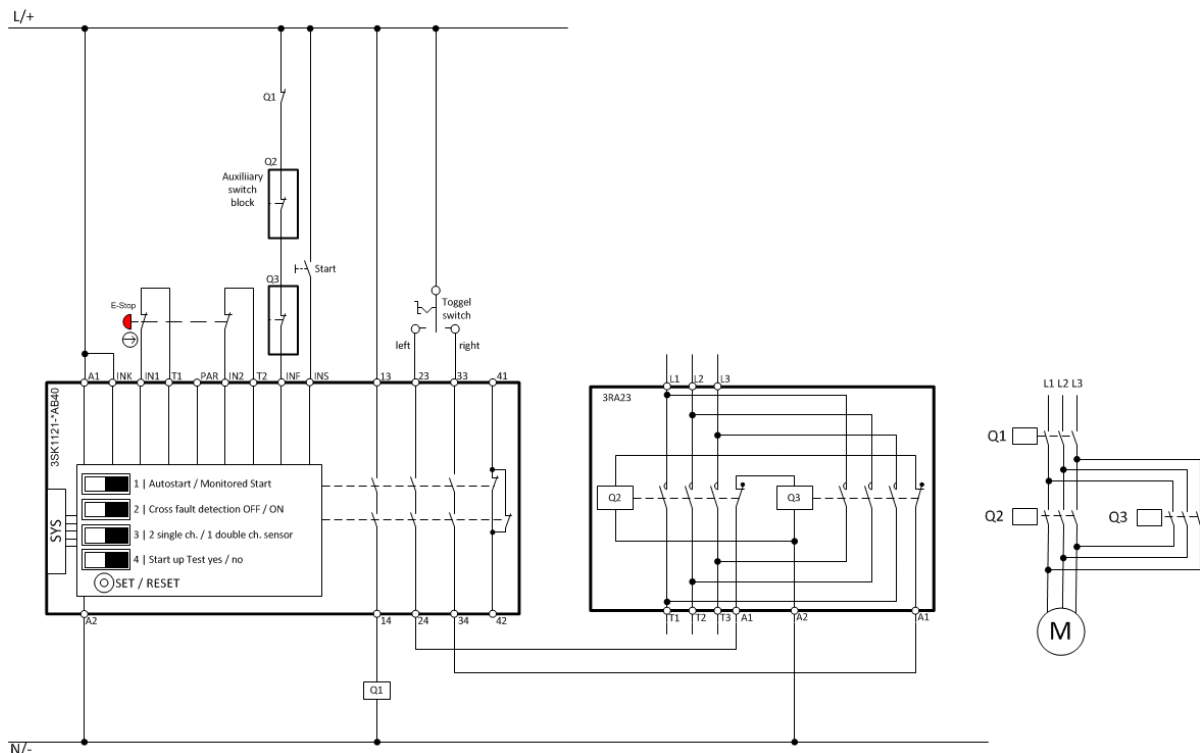


Abbildung 47: Wendekombination 3RA23 mit 3SK1 Sicherheitsschaltgerät bis SIL 3 bzw. PL e

4.2 Stern-Dreieck-Kombination

Generell können Stern-Dreieck-Kombinationen für sicherheitsgerichtetes Abschalten verwendet werden.

Unabhängig davon, welche Sicherheitsintegrität durch die Stern-Dreieck-Kombination erfüllt werden muss oder ob sie überhaupt sicherheitsgerichtet geschaltet werden muss, besteht sie aus drei SIRIUS Schützen. Abhängig vom geforderten SIL / PL ist dagegen die Anzahl der in der Sicherheitsberechnung zu berücksichtigender Schütze unterschiedlich.

Für Applikationen bis SIL 1 nach IEC 62061 bzw. PL c nach ISO 13849-1 ist es ausreichend, das Netzschütz zu betrachten und sicherheitsgerichtet zu schalten. Eine Rückführkreisüberwachung des Spiegelkontaktes ist bei SIL 1 / PL c nicht verpflichtend, wird jedoch empfohlen.

Ab SIL 2 nach IEC 62061 bzw. PL d nach ISO 13489-1 wird eine zweikanalige Architektur gefordert. Dies ist durch die Eigenschaften einer Stern-Dreieck-Kombination bereits gegeben – damit der Motor anläuft, müssen zwei Schütze schalten (entweder Netzschütz Q1 und Stern-Schütz Q2 oder Netzschütz Q1 und Dreieck-Schütz Q3). Ein zusätzliches, viertes Schütz ist demnach nicht notwendig.

Allerdings müssen stets alle drei Schütze der Kombination sicherheitstechnisch geschaltet und überwacht werden, um in jedem Schaltzustand der Stern-Dreieck-Kombination ein zweikanaliges Abschalten zu gewährleisten. Die korrekte Funktion aller drei Schütze muss mittels der Spiegelkontakte (Öffner) überwacht werden. Abhängig von der Art der Rückführkreisüberwachung (statisch oder dynamisch) kann es durch die versetzten Schaltzustände notwendig sein, die Spiegelkontakte auf separate Eingänge der Auswerteeinheit einzulesen und in unterschiedlichen Bausteinen auszuwerten. Es ist darauf zu achten, dass bei der Verschaltung der Stern-Dreieck-Kombination genügend Spiegelkontakte (Öffner) für die Rückführkreisüberwachung zur Verfügung stehen.

Bei der Berechnung der erreichten Sicherheitsintegrität ist die Betrachtung des Netzschützes (Q1) sowie eines der beiden anderen Schütze (Q2 oder Q3, exemplarisch für beide) ausreichend. Es wird also eine zweikanalige Architektur bestehend aus zwei redundanten Schützen berechnet. Ist der Schaltzyklus des Stern-Schützes (Q2) höher als der des Dreieck-Schützes (z.B., weil nicht immer in die höhere Leistungsstufe geschaltet wird) oder andersherum, ist darauf zu achten, dass das Schütz mit dem höheren Schaltzyklus betrachtet wird. Die verschleißbedingte Gebrauchsdauer muss für alle drei Schütze separat bestimmt werden.

Um Fehler gemeinsamer Ursache (CCF) zu vermeiden, müssen die Steuerleitungen zu den Schützen getrennt verlegt werden oder ähnliche Maßnahmen getroffen werden (siehe Kapitel [Leitungsverlegung](#)).

Bei nachfolgendem Schaltungsbeispiel einer Stern-Dreieck-Kombination wird die zeitliche Steuerung bzw. Umschaltung zwischen Stern- und Dreieck-Betrieb durch eine übergeordnete Standardsteuerung übernommen. Alternativ wäre die zeitliche Steuerung und Umschaltung mit einem 3SK2 Sicherheitsschaltgerät auch direkt in der Auswerteeinheit möglich.

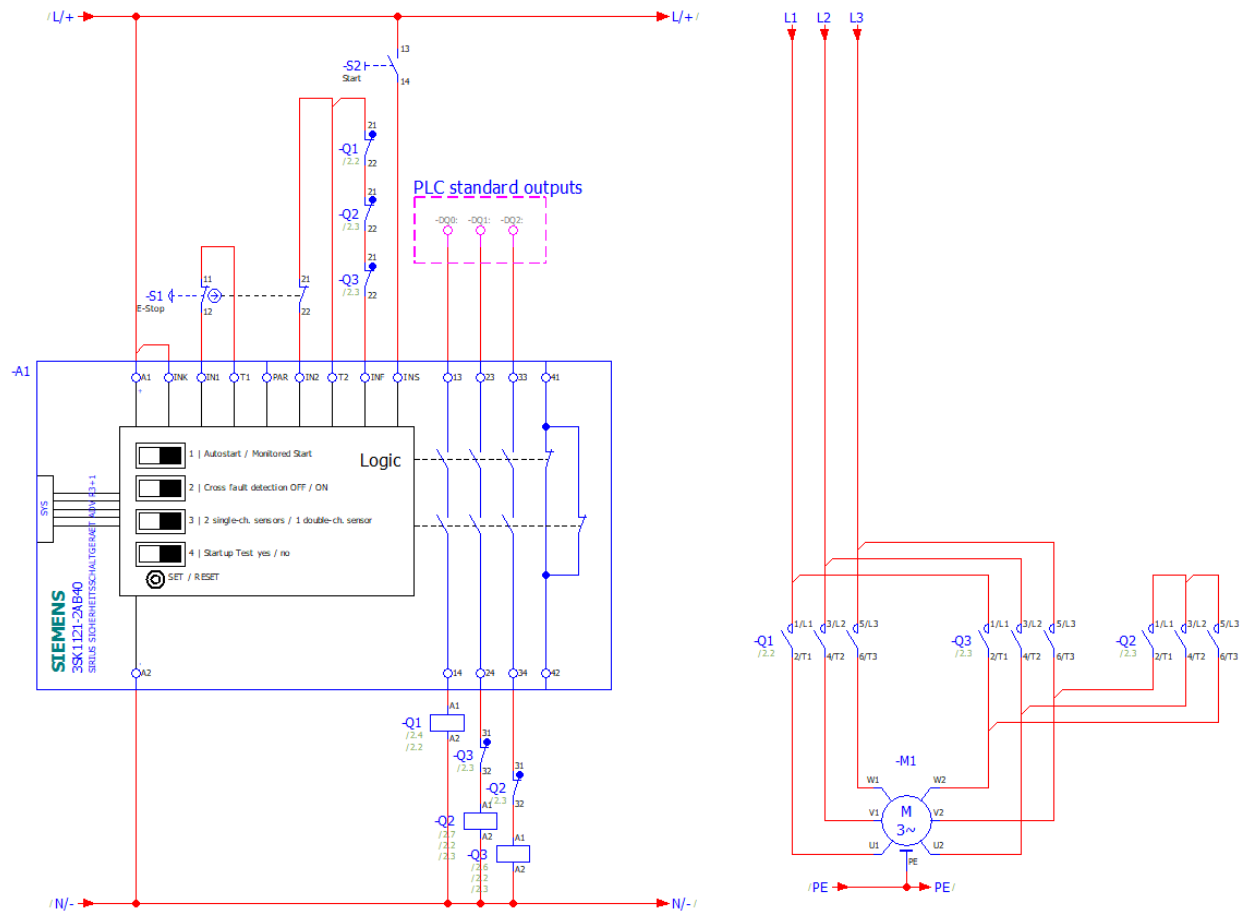


Abbildung 48: Stern-Dreieck-Kombination mit 3SK1 Sicherheitsschaltgerät bis SIL 3 bzw. PL e

Fertige Stern-Dreieck-Kombinationen sind ebenfalls für den Einsatz in sicherheitsgerichteten Anwendungen bis SIL 3 bzw. PL e geeignet. Sie sind wie folgt erhältlich:

- Stern-Dreieck-Kombinationen 3RA24: Komplett verdrahtet und geprüft, mit elektrischer und mechanischer Verriegelung, erhältlich bis 90 kW.
- Als Einzelteile für den Selbstzusammenbau (Schütze, Verdrahtungsbausteine, elektrischer Verriegelung und Funktionsmodulen). Die Umschaltpause von 50 ms ist bereits im Funktionsmodul für Stern-Dreieck integriert. Einzelteile stehen für alle SIRIUS Baugrößen bis 500 kW (Ausnahme Funktionsmodule) zur Verfügung. Die Funktionsmodule sind für Kombinationen bis zu 90 kW erhältlich.

4.3 Stern-Dreieck-Wendekombination

Generell können Stern-Dreieck-Wendekombinationen für sicherheitsgerichtetes Abschalten verwendet werden.

Unabhängig davon, welche Sicherheitsintegrität durch die Stern-Dreieck-Wendekombination erfüllt werden muss oder ob sie überhaupt sicherheitsgerichtet geschaltet werden muss, besteht sie aus vier SIRIUS Schützen. Im Unterschied zur Stern-Dreieck-Kombination wird das Netzschütz durch zwei Schütze für die

Drehrichtungsumschaltung ersetzt. Abhängig vom geforderten SIL / PL ist dagegen die Anzahl der in der Sicherheitsberechnung zu berücksichtigender Schütze unterschiedlich.

Für Applikationen bis SIL 1 nach IEC 62061 bzw. PL c nach ISO 13849-1 ist es ausreichend, die Netzschütze für Rechts- und Linkslauf (Q1 und Q2) zu betrachten. Das bedeutet, dass beide sicherheitsgerichtet zu schalten und über den Spiegelkontakt (Öffner) im Rückführkreis zu überwachen sind. Eine Rückführkreisüberwachung bei SIL 1 / PL c ist nicht verpflichtend, wird jedoch empfohlen. Bei der Berechnung der erreichten Sicherheitsintegrität wiederum ist die Betrachtung eines einzelnen Schützes exemplarisch für beide ausreichend. Ist der Schaltzyklus bei einem der beiden Schütze (Rechts- oder Linkslauf) höher, ist darauf zu achten, dass das Schütz mit dem höheren Schaltzyklus betrachtet wird. Die verschleißbedingte Gebrauchsdauer muss für beide Schütze separat bestimmt werden. Neben einzelnen SIRIUS Schützen für Q1 und Q2 kann auch die Schütz-Wendekombination 3RA23 verwendet werden. Sowohl das Stern- (Q3) als auch das Dreieck-Schütz (Q4) sind nicht Teil der Sicherheitskette.

Ab SIL 2 nach IEC 62061 bzw. PL d nach ISO 13489-1 wird eine zweikanalige Architektur gefordert. Dies ist durch die Eigenschaften einer Stern-Dreieck-Wendekombination bereits gegeben – damit der Motor anläuft, müssen zwei Schütze schalten (stets eines der beiden Netzschütz Q1 oder Q2 sowie entweder das Stern-Schütz Q3 oder das Dreieck-Schütz Q4). Ein zusätzliches, fünftes Schütz ist demnach nicht notwendig.

Allerdings müssen stets alle vier Schütze der Kombination sicherheitstechnisch geschaltet und überwacht werden, um in jedem Schaltzustand der Stern-Dreieck-Wendekombination ein zweikanaliges Abschalten zu gewährleisten. Die korrekte Funktion aller vier Schütze muss mittels der Spiegelkontakte (Öffner) überwacht werden. Abhängig von der Art der Rückführkreisüberwachung (statisch oder dynamisch) kann es durch die versetzten Schaltzustände notwendig sein, die Spiegelkontakte auf separate Eingänge der Auswerteeinheit einzulesen und in unterschiedlichen Bausteinen auszuwerten. Es ist darauf zu achten, dass bei der Verschaltung der Stern-Dreieck-Wendekombination genügend Spiegelkontakte (Öffner) für die Rückführkreisüberwachung zur Verfügung stehen.

Bei der Berechnung der erreichten Sicherheitsintegrität ist die Betrachtung eines der Netzschütze (Q1 oder Q2, exemplarisch für beide) sowie eines der beiden anderen Schütze (Q3 oder Q4, exemplarisch für beide) ausreichend. Es wird also eine zweikanalige Architektur bestehend aus zwei redundanten Schützen berechnet. Ist der Schaltzyklus bei einem der beiden Wendeschütze (Rechts- oder Linkslauf) höher, ist darauf zu achten, dass das Schütz mit dem höheren Schaltzyklus betrachtet wird. Ist der Schaltzyklus des Stern-Schützes (Q3) höher als der des Dreieck-Schützes (z.B., weil nicht immer in die höhere Leistungsstufe geschaltet wird) oder andersherum, ist darauf zu achten, dass auch hier das Schütz mit dem höheren Schaltzyklus betrachtet wird. Die verschleißbedingte Gebrauchsdauer muss für alle vier Schütze separat bestimmt werden. Neben einzelnen SIRIUS Schützen für Q1 und Q2 kann auch die Schütz-Wendekombination 3RA23 verwendet werden.

Um Fehler gemeinsamer Ursache (CCF) zu vermeiden, müssen die Steuerleitungen zu den Schützen getrennt verlegt werden oder ähnliche Maßnahmen getroffen werden (siehe Kapitel [Leitungsverlegung](#)).

Bei nachfolgendem Schaltungsbeispiel einer Stern-Dreieck-Wendekombination wird die zeitliche Steuerung bzw. Umschaltung zwischen Stern- und Dreieck-Betrieb durch eine übergeordnete Standardsteuerung übernommen. Im Vergleich zum Schaltungsbeispiel des Kapitels [Stern-Dreieck-Kombination](#) wird zusätzlich

4 Kombinierte Anwendungen

eine 3SK1 Ausgangserweiterung – angeschlossen an das 3SK1 über Geräteverbinder – benötigt, um die vier Schütze ansteuern zu können. Alternativ wäre die zeitliche Steuerung und Umschaltung mit einem 3SK2 Sicherheitsschaltgerät auch direkt in der Auswerteeinheit möglich.

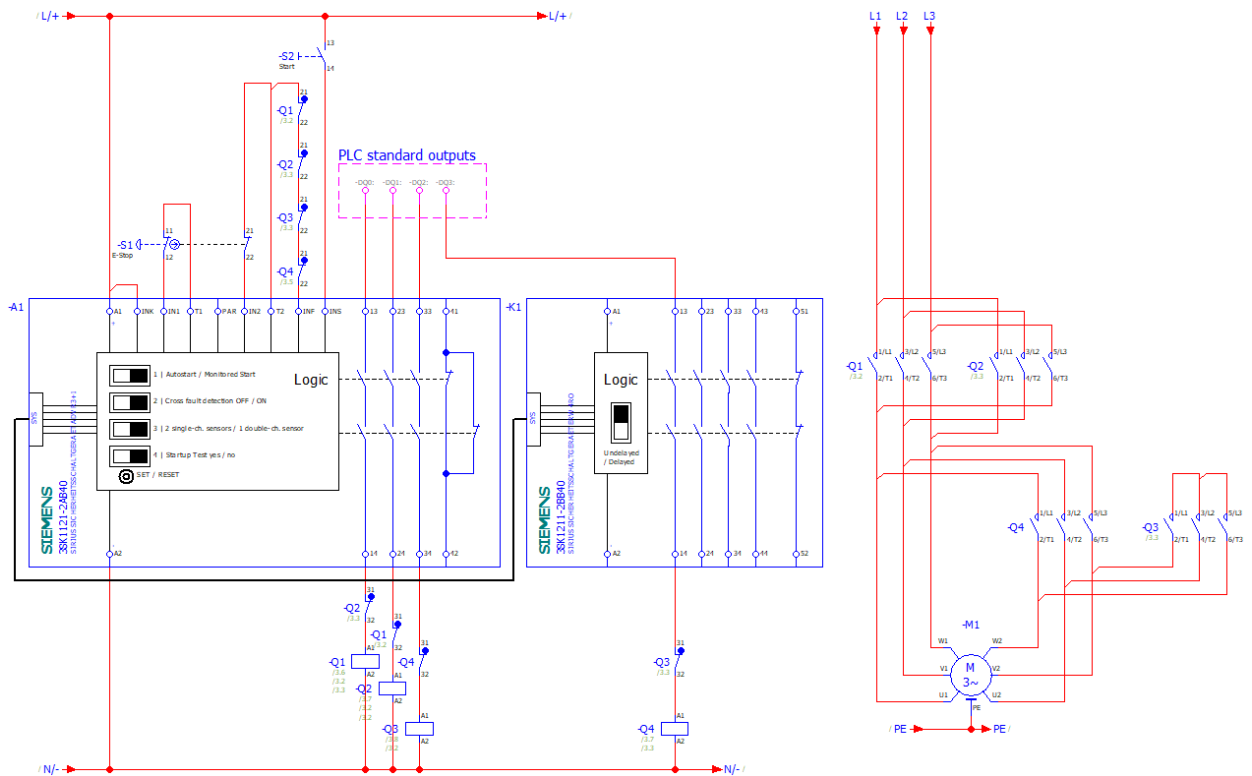


Abbildung 49: Stern-Dreieck-Wendekombination mit 3SK1 Sicherheitsschaltgerät bis SIL 3 bzw. PL e

4.4 Kombination eines Schützes mit einem Leistungsschalter

Da der Leistungsschalter keine Diagnosemöglichkeit wie z.B. Spiegelkontakte besitzt, kann er nicht als zweiter Funktionskanal in der Sicherheitsfunktion genutzt werden. Außerdem ist es impraktikabel den Leistungsschalter bei jeder Sicherheitsanforderung auszulösen, da er entweder manuell zurückgesetzt werden muss oder ein motorischer Fernantrieb zum Wiedereinschalten aus der Ferne eingesetzt werden muss. Darüber hinaus ist in der Regel die Anzahl der Schaltzyklen (B10-Wert) bei Leistungsschaltern deutlich geringer im Vergleich zu Schützen.

Es besteht allerdings die Möglichkeit, den Leistungsschalter als sogenannten "Ausgang der Testeinrichtung" zu verwenden. In Kombination mit einem Schütz entspricht dies einer Kategorie 2 nach ISO 13849-1 und kann damit bis zu PL d erreichen. Gemäß IEC 62061 kann bis zu SIL 2 erreicht werden.

Die Kategorie 2 wird umgesetzt, indem das Schütz von der Auswerteeinheit überwacht wird und im Falle eines Versagens des Schützes (Verschweißen der Hauptkontakte) eine ausreichend zeitnahe Fehlerreaktion erfolgt. Im Fehlerfall wird der Leistungsschalter mittels Unterspannungsauslöser ausgelöst. Es handelt sich demnach um eine 1-kanalige Architektur mit einer spezifizierten Fehlerreaktion.

Darüber hinaus stellen das Leistungsschütz und der Leistungsschalter bewährte Bauteile gemäß der ISO 13849-2 dar.

Der Diagnosedeckungsgrad (DC) kann mit 90 % - 99 % (mittel) angenommen werden. Dies wird nachfolgend begründet:

Die Diagnosefähigkeit des Leistungsschützes kann aufgrund seiner Spiegelkontakte mit 99 % angenommen werden. Nun muss berücksichtigt werden, dass diese Diagnosefähigkeit allein die Fehlerreaktion auslösen bzw. sogar verhindern kann. Man sollte dieser Tatsache zwingend Rechnung tragen. Es sollte daher zusätzlich eine Worst Case Betrachtung gemacht werden, indem der Diagnosedeckungsgrad von ursprünglichen 99 % auf 90 % reduziert und die damit verbundene gefahrbringende Ausfallrate entsprechend erhöht wird.

Unter bestimmten Voraussetzungen kann bei einem Leistungsschalter eine Diagnose möglich sein. Notwendig dafür ist eine dynamische Überwachung des Leistungsschalters beim Ein- und Ausschalten. Möglich ist dies durch eine F-PLC mit entsprechender Möglichkeit des Fernantriebes zum Wiedereinschalten des Leistungsschalters. Dies ist ausführlich in folgendem FAQ beschrieben:

<https://support.industry.siemens.com/cs/de/de/view/109483115>

In diesem Fall kann ein höherer Grad des Sicherheitslevels erreicht werden.

Zur Vermeidung einer unerkannten Fehleranhäufung muss der Leistungsschalter spätestens nach 6 bis 12 Monaten geprüft werden. Diese Prüfanordnung muss in der Beschreibung der Sicherheitsfunktion und der Bedienungsanleitung (der Maschine) dokumentiert werden. Ebenfalls müssen nachweislich die durchgeführten Prüfungen durch den Anwender in der Verwendungsphase dokumentiert werden.

Die eingestellte Zeitverzögerung (zwischen Abschalten des Schützes und Abschalten des Leistungsschalters, nachdem ein Versagen des Schützes durch die Auswerteeinheit erkannt wurde) hat Einfluss auf die maximale Reaktionszeit. Es ist sicherzustellen, dass auf Basis der Risikobeurteilung diese Reaktionszeit im Fehlerfall ausreichend gering ist.

Für die Architektur der Kategorie 2 berücksichtigt die Berechnung des $MTTF_D$ und des DC nur den Funktionskanal (Schütz) und nicht den Testkanal (Leistungsschalter). Der Leistungsschalter hat daher keinen Einfluss auf die sicherheitstechnische Bewertung. Es wird allerdings geprüft, ob der Leistungsschalter grundsätzlich den zu erwartenden Betriebsbeanspruchungen, z.B. der Zuverlässigkeit bezüglich des Schaltvermögens und Schaltheufigkeit, standhalten kann.

Die ISO 13849-1 empfiehlt, dass für Kategorie 2 der $MTTF_D$ des Testkanals (Leistungsschalter) größer als die Hälfte des $MTTF_D$ des Funktionskanals (Schütz) ist. Hierbei ist zu beachten, dass der $MTTF_D$ bei den Kategorien B bis 3 auf 100 Jahre begrenzt wird. Daraus folgt, dass für den Leistungsschalter ein $MTTF_D > 50$ Jahre ausreichend ist.

Zur Berechnung des $MTTF_D$ des Leistungsschalters wird derselbe Berechnungsmechanismus wie der eines Schützes verwendet. Der B10-Wert sowie der Anteil gefahrbringender Ausfälle eines SIRIUS oder SENTRON Leistungsschalters können dessen Datenblatt entnommen werden. In den technischen Daten sind diese Werte unter „Sicherheitsrelevante Kenngrößen“ zu finden. Die Werte sind außerdem in der Safety Evaluation im TIA Selection Tool hinterlegt. Darüber hinaus sind die Werte in der SN 31920 zu finden. Ein Abbild dieser Norm befindet sich außerdem im Industry Online Support unter:

<https://support.industry.siemens.com/cs/de/de/view/109739348>

Eine detaillierte Beispielrechnung der Kombination aus Schütz und Leistungsschalter sowohl nach ISO 13849-1 als auch nach IEC 62061 kann folgendem FAQ entnommen werden:

<https://support.industry.siemens.com/cs/de/de/view/40349715>

Eine mögliche Sicherheitsapplikation inklusive Schaltplan und Safety Evaluation Datei zeigt das Anwendungsbeispiel „Not-Halt-Abschaltung bis SIL 2 bzw. PL d mit einem Sicherheitsschaltgerät SIRIUS 3SK1“:

<https://support.industry.siemens.com/cs/de/de/view/38472027>

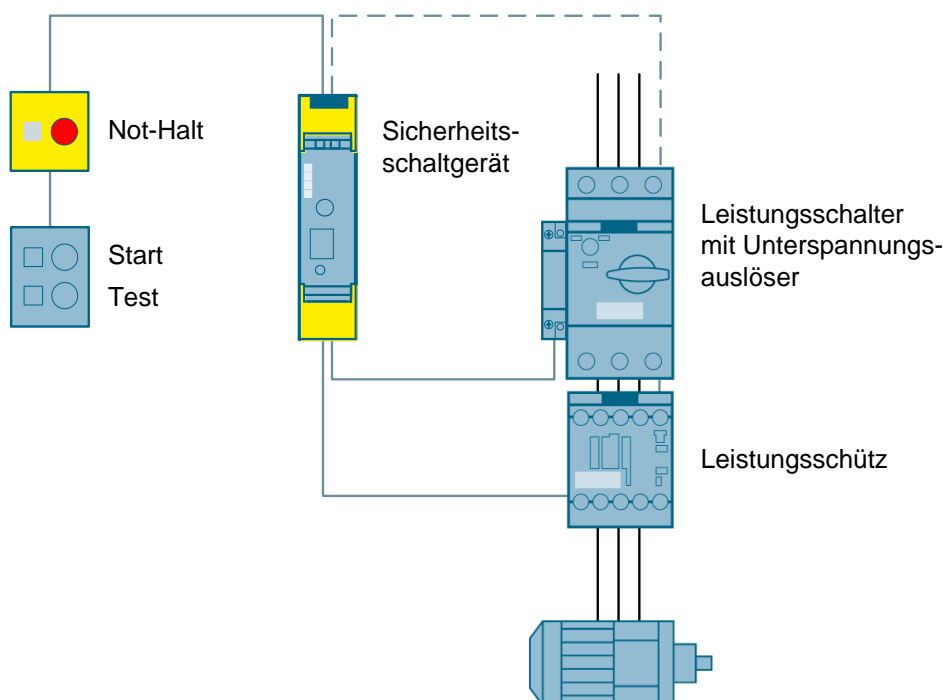


Abbildung 50: Anwendungsbeispiel: Not-Halt-Abschaltung bis SIL 2 bzw. PL d mit einem Sicherheitsschaltgerät SIRIUS 3SK1

4.5 Kombination eines Schützes mit einem Sanftstarter 3RW55 Failsafe

Beim Sanftstarter 3RW55 Failsafe handelt es sich um ein zertifiziertes Gerät des Typs 1. Er ist so ausgelegt, dass sich Safe Torque Off (STO) Applikationen bis zu SIL 1 bzw. PL c realisieren lassen, ohne dass der Anwender weitere Geräte im Abschaltpfad benutzen muss.

Der Abschaltbefehl am fehlersicheren Eingang F-DI des 3RW55 Failsafe kann von einem direkt angeschlossenen Not-Halt Befehlsgerät oder von einem sicheren Ausgang eines übergeordneten Sicherheitsschaltgeräts bzw. einer übergeordneten fehlersicheren Steuerung kommen.

Eine Auswertung des fehlersicheren Meldeausgangs F-RQ (Klemme 41/42) ist für Applikationen bis zu SIL 1 bzw. PL c nicht erforderlich. Er kann jedoch auch in diesen Fällen verwendet werden, z.B. um dem Bediener über eine Meldeleuchte einen Fehler am 3RW55 Failsafe zu signalisieren.

Ein Wiederanlauf des Motors ist erst nach Rücksetzen des F-DI Signals und Wechsel der Steuerquelle von AUS nach EIN möglich.

Um Sicherheitsapplikationen größer PL c bzw. SIL 1 mit dem 3RW55 Failsafe zu realisieren, wird ein weiterer redundanter Abschaltpfad benötigt.

In Verbindung mit einem zusätzlichen, redundanten Schütz, das zwischen Sanftstarter 3RW55 Failsafe und Motor geschaltet wird, können mit dem 3RW55 Failsafe zweikanalige STO Applikationen bis SIL 3 bzw. PL e realisiert werden.

Die Lösung für Applikationen bis SIL 2 bzw. PL d mit einem Sanftstarter 3RW55 Failsafe ist identisch zu der hier beschriebenen Lösung für Applikationen bis SIL 3 bzw. PL e.

Die Überwachung des sicheren Meldeausgangs F-RQ (Klemme 41/42) des 3RW55 Failsafe und der Hilfskontakte des Schützes erfolgt durch ein übergeordnetes Auswertegerät (z.B. Sicherheitsschaltgerät 3SK1).

Die Sicherheitsbetrachtung einer Redundanz, bestehend aus einem Gerät des Typ 1 und einem Gerät des Typs 3, ist komplex. Der Einsatz der Safety Evaluation im TIA Selection Tool bietet sich in diesem Fall besonders an, da hier eine gemischte zweikanalige Architektur angelegt werden kann. Wie dies für die Kombination eines 3RW55 Failsafe mit einem Schütz umgesetzt wird, zeigt das Applikationsbeispiel „Not-Halt-Abschaltung bis SIL 3 bzw. PL e mit einem Sanftstarter 3RW55 Failsafe und Sicherheitsschaltgerät 3SK1“:

<https://support.industry.siemens.com/cs/de/de/view/109780386>

Eine ausführliche Beschreibung der verschiedenen Möglichkeiten einen Sanftstarter 3RW in einer Sicherheitsanwendung einzusetzen, liefert der FAQ „3RW Sanftstarter: Sicheres Abschalten nach IEC 62061 (SIL) bzw. ISO 13849-1 (PL)“:

<https://support.industry.siemens.com/cs/de/de/view/67474130>

4.6 Kombination eines Schützes mit einem Frequenzumrichter

Grundsätzlich wird unterschieden zwischen Frequenzumrichtern, die keine Safety-Zertifizierung haben und somit nicht Teil der Sicherheitsapplikation sein können (siehe linker Teil der folgenden Abbildung), und solchen, die Safety bereits integriert haben (siehe rechter Teil der folgenden Abbildung).

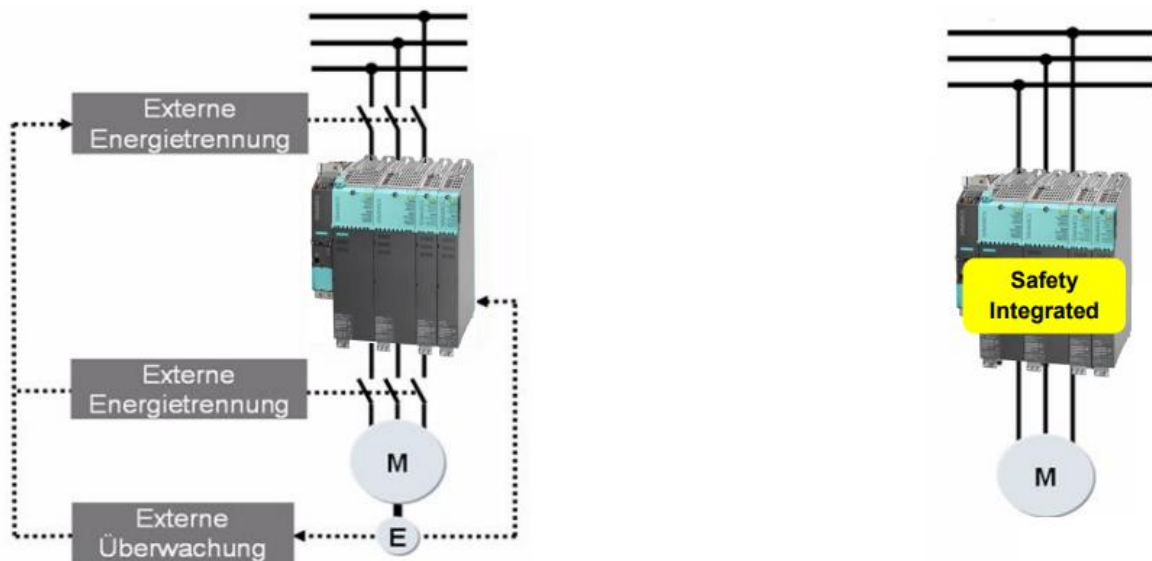


Abbildung 51: Frequenzumrichter ohne und mit integrierter Sicherheitstechnik

Kann der Frequenzumrichter selbst keinen Anteil an der Sicherheitskette leisten, können vor- und nachgeschaltet Schütze zum Einsatz kommen, die im Falle einer Sicherheitsanforderung unabhängig vom Zustand des Umrichters die Maschine sicher stillsetzen. Eine Verschaltung vor (netzseitig) bzw. hinter dem Umrichter (motorseitig) resultiert in unterschiedlichen Vor- und Nachteilen, die im Laufe dieses Kapitels erläutert werden.

Ähnlich wie der Sanftstarter 3RW sind auch Frequenzumrichter als für den Einsatz in Sicherheitsanwendungen zertifizierte Varianten verfügbar (Gerätetyp 1). Ist ein Umrichter lediglich bis SIL 1 bzw. PL c oder bis SIL 2 bzw. PL d zertifiziert, kann durch den redundanten Einsatz eines Schützes das Teilsystem Reagieren bis zu SIL 3 bzw. PL e aufgewertet werden. Nachfolgend wird dieses Szenario für einen SINAMICS Umrichter beschrieben, der eine Zertifizierung bis SIL 2 bzw. PL d besitzt.

Von der sicheren Auswerteeinheit (im folgenden Beispiel eine F-PLC) wird – z. B. nach Ansprechen eines Sicherheitssensors (in den folgenden Abbildungen nicht dargestellt) – der Antrieb stillgesetzt. Hierzu wird über einen sicheren Ausgang der Auswerteeinheit am SINAMICS Umrichter die antriebsintegrierte Sicherheitsfunktion Safe Torque Off (STO), ggf. mit vorangehender Schnellbremsfunktion (SS1), ausgelöst. Ein Rücklesen der Zustandsrückmeldung in die Sicherheitssteuerung ist nicht erforderlich, weil die Diagnose intern realisiert ist (kreuzweiser Datenvergleich der beiden Abschaltpfade und bei Aufdecken eines Fehlers Einleiten einer Fehlerreaktion, die in den sicheren Zustand führt). Allerdings ist eine regelmäßige Zwangsdynamisierung (z. B. alle 8 Stunden) durch Anwahl der Funktion erforderlich.

Als zweiter unabhängiger Abschaltkanal wird ein Leistungsschütz zusätzlich zur SINAMICS Sicherheitsfunktion vorgesehen. Dessen zwangsgeführter Hilfskontakt (Spiegelkontakt, Öffner) wird in die Auswerteeinheit zurückgelesen. Um Fehler im zweiten Kanal zu erkennen, kontrolliert die Auswerteeinheit, ob nach An- und Abwahl der Sicherheitsfunktion die Rückmeldung korrekte Pegel annimmt.

Mit Aktivieren von STO am SINAMICS wird eine Impulssperre im motorseitigen Wechselrichter ausgelöst und damit der Strom unmittelbar elektronisch abgeschaltet. Damit das Schütz stromlos und damit mit weniger Verschleiß schaltet, ist es sinnvoll, dass die sichere Auswerteeinheit die Abschaltung des

Schützes kurz verzögert. Allerdings muss das Schütz als zweiter unabhängiger Abschaltpfad bei Versagen des ersten Kanals (Umrichter) den Laststrom schalten können und ist daher entsprechend auszulegen. Die Verzögerungszeit des Schützes ist bei der Ermittlung der Reaktionszeit der Sicherheitsfunktion zu berücksichtigen.

Das als zweiter unabhängiger Abschaltkanal eingesetzte Leistungsschütz kann entweder vor (netzseitig) oder hinter dem Umrichter (motorseitig) zum Einsatz kommen.

Variante 1: Leistungsschütz in der Netzeinspeisung des Umrichters

In der Variante 1 ist das Leistungsschütz in der Netzseite eines SINAMICS Power Module vorgesehen.

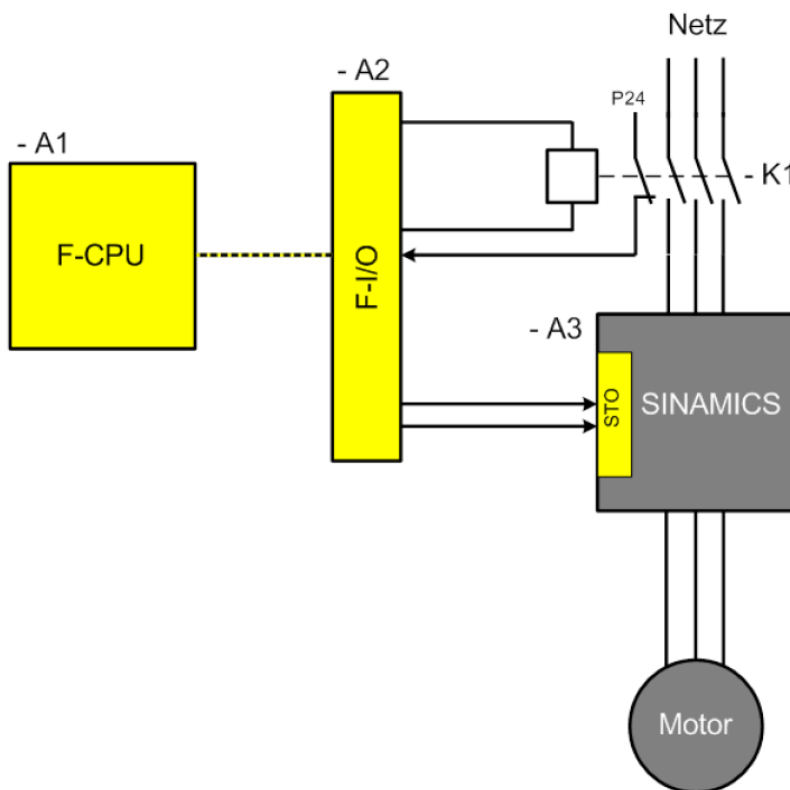


Abbildung 52: Leistungsschütz in der Netzeinspeisung des Umrichters

Vorteil:

- Das Schütz kann für ohmsche Last (AC1) ausgelegt werden.

Nachteile:

- Durch die im Spannungszwischenkreis gespeicherte Energie kann auch nach Abschalten des Netzschützes bei Versagen der antriebsintegrierten Sicherheitsfunktion noch eine Restbewegung stattfinden. Das muss bei der Risikobewertung berücksichtigt werden.
- Das Schütz muss für den thermischen Dauerstrom des Antriebs bzw. der Antriebe ausgelegt werden.

- Nach dem Abschalten werden die Zwischenkreiskondensatoren entladen. Daher muss vor dem Wiedereinschalten des Antriebs die Vorladezeit des Umrichters abgewartet werden.
- Diese Variante ist in der Regel nur für Einzelantriebe geeignet. Bei einem Mehrmotorenantrieb mit gemeinsamer Einspeisung würde mit dem netzseitigen Schütz die Energieversorgung aller angeschlossenen Antriebe gemeinsam abgeschaltet werden.

Variante 2: Leistungsschutz auf der Ausgangsseite zwischen Motor und Umrichter

Die Variante 2 beschreibt einen SINAMICS S120 Mehrachsverband mit ausgangsseitigen Schützen.

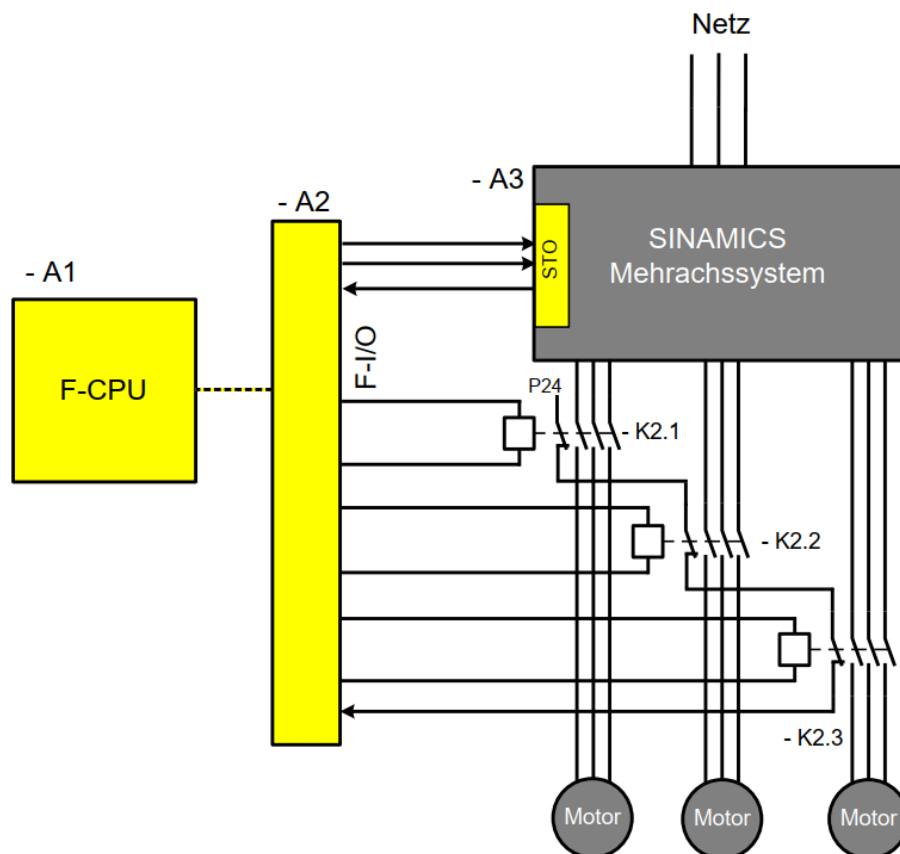


Abbildung 53: Leistungsschutz an der Ausgangsseite des Umrichters

Vorteile:

- Für Einzel- und Mehrmotorenkonstellationen geeignet, da jeder Antrieb einzeln abgeschaltet werden kann.
- Der Zwischenkreis bleibt am Netz und damit vorgeladen, d.h. keine thermische Belastung der beteiligten Bauelemente und kein Zeitverzug beim Wiedereinschalten.

Nachteile:

- Das Schütz muss im Worst Case einen Gleichstrom mit induktiver Last (Motorwicklung) schalten können. Bei sehr kleiner Drehzahl bzw. bei

Drehzahlsollwert 0 prägt der Umrichter einen Strom mit sehr kleiner Frequenz ein, der für das Schütz wie ein Gleichstrom wirkt.

- Das Schütz muss für den thermischen Dauerstrom des Antriebs ausgelegt werden.

Der Einsatz eines Frequenzumrichters mit Kurzschlusschützes zur Vermeidung eines unerwarteten Anlaufs wird im IFA-Report „Sichere Antriebssteuerungen mit Frequenzumrichtern“ im Beispiel 12 (Seite 92ff) beschrieben:

<https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/3500>

4.7 **Kombination eines Schützes mit einem nicht-sicherheitsgerichteten Gerät**

Kommen Geräte im Hauptstromkreis zum Einsatz, die entweder aufgrund ihrer Eigenschaften (z.B. nicht rein elektromechanischer Aufbau) oder der zu hohen Schaltspielzahl nicht Teil der Sicherheitsapplikation sein können, kann durch den Einsatz von einem oder mehreren Schützen dennoch die geforderte Sicherheitsintegrität gewährleistet werden. In einem solchen Fall ergeben sich keinerlei Auswirkungen der nicht-sicherheitsgerichteten Geräte auf die Sicherheitsfunktion. Es werden lediglich die im Falle einer Sicherheitsanforderung zur Abschaltung eingesetzten Schütze in der Sicherheitsberechnung berücksichtigt.

Ein Beispiel für die Kombination von nicht-sicherheitsgerichteten Geräten mit Schützen zur Erfüllung von bis zu SIL 3 bzw. PL e stellt das folgende Beispiel dar. Es stammt aus dem FAQ „3RW Sanftstarter: Sicheres Abschalten nach IEC 62061 (SIL) bzw. ISO 13849-1 (PL)“:

<https://support.industry.siemens.com/cs/de/de/view/67474130>

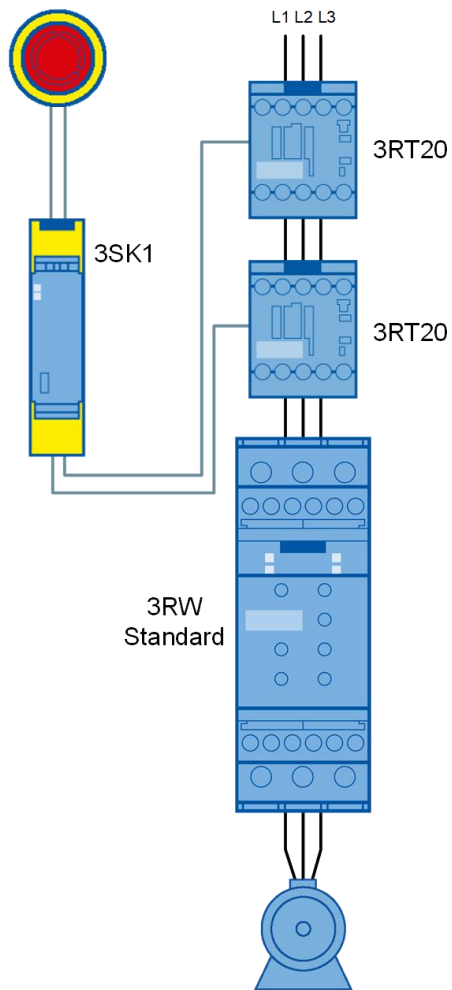


Abbildung 54: Sicheres Abschalten einer Standard-Sanftstarter-Applikation durch zwei redundante Schütze bis SIL 3 / PL e

5 Anhang

5.1 Service und Support

Industry Online Support

Sie haben Fragen oder brauchen Unterstützung?

Über den Industry Online Support greifen Sie rund um die Uhr auf das gesamte Service und Support Know-how sowie auf unsere Dienstleistungen zu.

Der Industry Online Support ist die zentrale Adresse für Informationen zu unseren Produkten, Lösungen und Services.

Produktinformationen, Handbücher, Downloads, FAQs und Anwendungsbeispiele – alle Informationen sind mit wenigen Mausklicks erreichbar:

support.industry.siemens.com

Technical Support

Der Technical Support von Siemens Industry unterstützt Sie schnell und kompetent bei allen technischen Anfragen mit einer Vielzahl maßgeschneiderter Angebote – von der Basisunterstützung bis hin zu individuellen Supportverträgen.

Anfragen an den Technical Support stellen Sie per Web-Formular:

siemens.com/SupportRequest

SITRAIN – Digital Industry Academy

Mit unseren weltweit verfügbaren Trainings für unsere Produkte und Lösungen unterstützen wir Sie praxisnah, mit innovativen Lernmethoden und mit einem kundenspezifisch abgestimmten Konzept.

Mehr zu den angebotenen Trainings und Kursen sowie deren Standorte und Termine erfahren Sie unter:

siemens.de/sitrain

Serviceangebot

Unser Serviceangebot umfasst folgendes:

- Plant Data Services
- Ersatzteilservices
- Reparaturservices
- Vor-Ort und Instandhaltungsservices
- Retrofit- und Modernisierungsservices
- Serviceprogramme und Verträge

Ausführliche Informationen zu unserem Serviceangebot finden Sie im Servicekatalog:

support.industry.siemens.com/cs/sc

Industry Online Support App

Mit der App "Siemens Industry Online Support" erhalten Sie auch unterwegs die optimale Unterstützung. Die App ist für iOS und Android verfügbar:

support.industry.siemens.com/cs/ww/de/sc/2067

5.2 Industry Mall



Die Siemens Industry Mall ist die Plattform, auf der das gesamte Produktportfolio von Siemens Industry zugänglich ist. Von der Auswahl der Produkte über die Bestellung und die Lieferverfolgung ermöglicht die Industry Mall die komplette Einkaufsabwicklung – direkt und unabhängig von Zeit und Ort:

mall.industry.siemens.com

5.3 Links und Literatur

Tabelle 5-1

Nr.	Thema
1\	Siemens Industry Online Support https://support.industry.siemens.com
2\	Link auf die Beitragsseite des Anwendungsbeispiels https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109807687
3\	EN ISO 13849-1:2015 Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 1: Allgemeine Gestaltungsgrundsätze (erarbeitet vom Technischen Komitee ISO/TC 199 „Safety of machinery“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 114 „Sicherheit von Maschinen“)
4\	EN ISO 13849-2:2012 Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 2: Validierung (erarbeitet vom Technischen Komitee ISO/TC 199 „Safety of machinery“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 114 „Sicherheit von Maschinen“)
5\	EN 62061:2005 + Cor.:2010 + A1:2013 + A2:2015 Sicherheit von Maschinen – Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer, elektronischer und programmierbarer elektronischer Steuerungssysteme (erarbeitet vom TC 44 „Safety of machinery – Electrotechnical aspects“)
6\	VDMA-Einheitsblatt 66413:2012-07 Funktionale Sicherheit – Universelle Datenbasis für sicherheitsbezogene Kennwerte von Komponenten oder Teilen von Steuerungen

5.4 Änderungsdocumentation

Tabelle 5-2

Version	Datum	Änderung
V1.0	04/2022	Erste Ausgabe
V1.1	07/2023	Berücksichtigung der neuen Version IEC 62061:2021 (Überdimensionierungsfaktor) sowie kleinere Anpassungen