

Funktionale Sicherheit



Sicherheitslebenszyklus



Realisierung – Anforderung an die System-Architektur

SFF		HFT		
Typ A	Typ B	0	1	2
-	< 60 %	nicht erlaubt	SIL 1	SIL 2
< 60 %	60 % ... < 90 %	SIL 1	SIL 2	SIL 3
60 % ... < 90 %	90 % ... < 99 %	SIL 2	SIL 3	SIL 4
≥ 90 %	≥ 99 %	SIL 3	SIL 4	SIL 4

Quelle: IEC 61508:2010

SIL	PFD _{average}
SIL 1	≥ 10 ⁻² ... < 10 ⁻¹
SIL 2	≥ 10 ⁻³ ... < 10 ⁻²
SIL 3	≥ 10 ⁻⁴ ... < 10 ⁻³
SIL 4	≥ 10 ⁻⁵ ... < 10 ⁻⁴

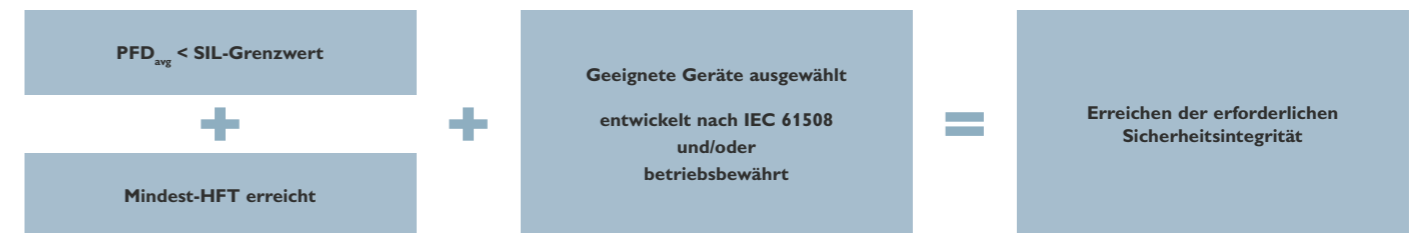
Quelle: IEC 61508:2010

SIL	Mindest-Hardware-Fehlertoleranz (HFT)
1	0
2 (Betriebsart mit niedriger Anforderungsrate)	0
2 (Betriebsart mit hoher Anforderungsrate)	1
3	1
4	2

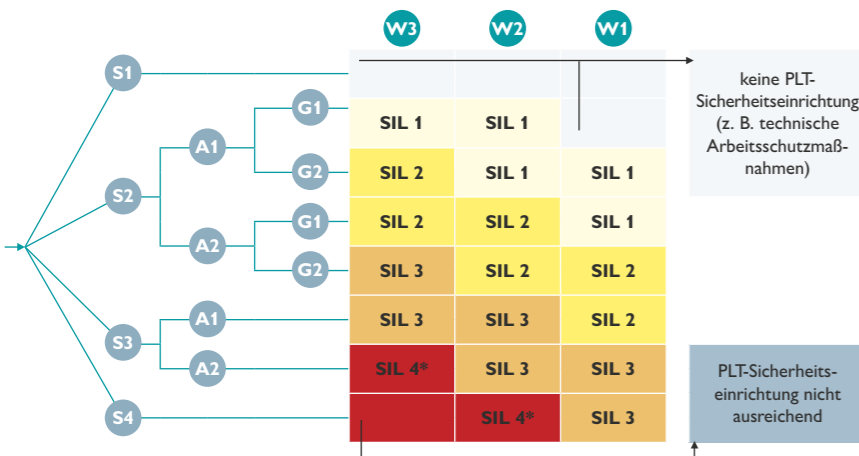
Quelle: IEC 61511:2016

HFT	PFD _{avg}	Formel basierend auf λ _{DU}	Formel basierend auf PFD _{100t}	Anlagen-sicherheit	Anlagenver-fügbarkeit
0	PFD _{100t} ≈	$\frac{1}{2} \lambda_{DU} \cdot T_1$	-	0	0
1	PFD _{100t} ≈	$\frac{\lambda_{DU}^2 \cdot T_1^2}{3} + \beta \cdot \frac{1}{2} \lambda_{DU} \cdot T_1$	$\frac{4}{3} \cdot PFD_{100t}^2 + \beta \cdot PFD_{100t}$	+	-
2	PFD _{100t} ≈	$\frac{\lambda_{DU}^3 \cdot T_1^3}{4} + \beta \cdot \frac{1}{2} \lambda_{DU} \cdot T_1$	$2 \cdot PFD_{100t}^3 + \beta \cdot PFD_{100t}$	++	-
0	PFD _{200t} ≈	$\lambda_{DU} \cdot T_1$	$2 \cdot PFD_{100t}$	-	+
1	PFD _{200t} ≈	$\lambda_{DU}^2 \cdot T_1^2 + \beta \cdot \frac{1}{2} \lambda_{DU} \cdot T_1$	$4 \cdot PFD_{100t}^2 + \beta \cdot PFD_{100t}$	+	+

Quelle: VDI/VDE 2180 Blatt 4:2010



Risiko quantifizieren – Risikograph



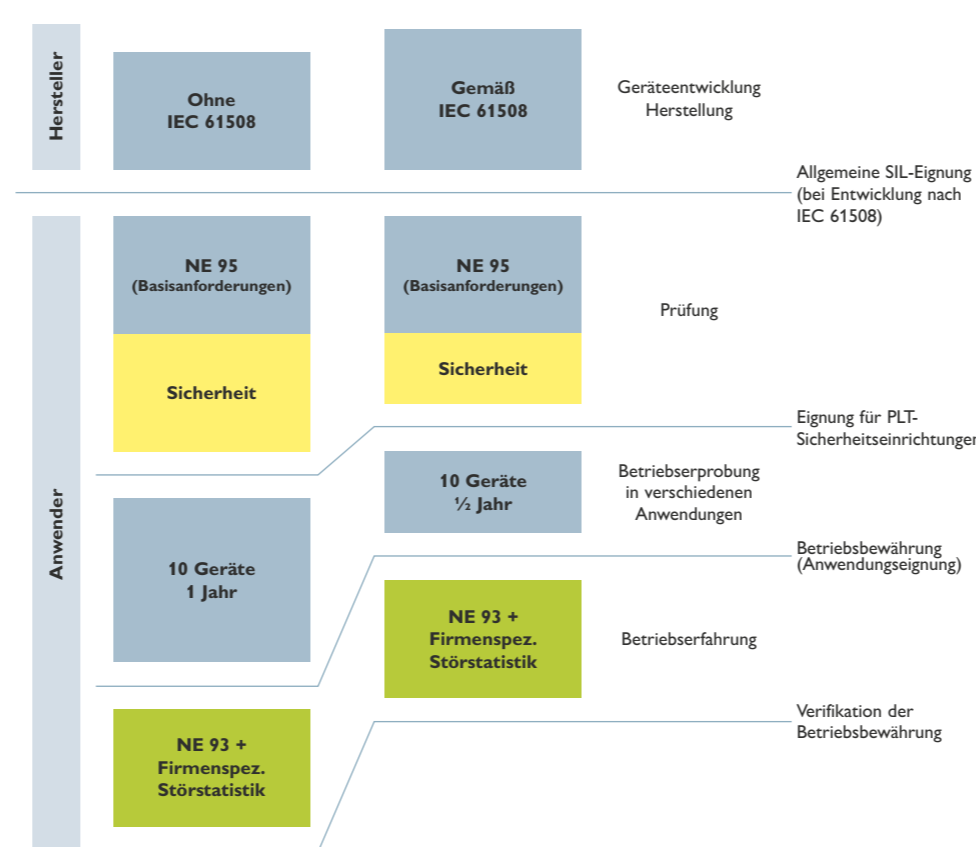
- Schadensmaß S:**
- S1: leichte Verletzung einer Person; kleinere schädliche Umwelteinflüsse
 - S2: Schwere irreversible Verletzung einer oder mehrerer Personen oder Tod einer Person; vorübergehende größere schädliche Umwelteinflüsse
 - S3: Tod mehrerer Personen; lang andauernde größere schädliche Umwelteinflüsse
 - S4: Katastrophale Auswirkungen, sehr viele Tote

- Aufenthaltsdauer A:**
- A1: selten bis öfter
 - A2: häufig bis dauernd
- Gefahrenabwendung G:**
- G1: möglich unter bestimmten Bedingungen
 - G2: kaum möglich
- Eintrittswahrscheinlichkeit W:**
- W1: sehr gering
 - W2: gering
 - W3: relativ hoch

* Anmerkung 1: SIL 4 ist wegen des erforderlichen überproportionalen Aufwands möglichst zu vermeiden!

Quelle: VDI/VDE 2180 Blatt 1:2007

Nachweis der Betriebsbewährtheit nach NE 130



Quelle: NE130:2011

Glossar

BPCS	Betriebs- und Überwachungseinrichtungen	SIL	Sicherheits-Integritätslevel
DC	Diagnosedeckungsgrad	SIS	Sicherheitstechnisches System
HFT	Hardware Fehlertoleranz	SRS	Spezifikation der Sicherheitsanforderungen
MRT	Mittlere Reparaturzeit	SFF	Anteil ungefährlicher Fehler
MTTR	Mittlere Zeit bis zur Wiederherstellung	T1	Intervall der Wiederholungsprüfung
PFD	Versagenswahrscheinlichkeit bei Anforderung	β	Anteil von Fehlern gemeinsamer Ursache
SIF	Sicherheitstechnische Funktion	λ	Fehlerrate eines Bauteils

Wir unterstützen Sie bei der Umsetzung

- Beratung
- Moderation
- Seminare & Workshops
- Engineering
- Produkte

Kontakt Competence Center Safety

Sprechen Sie uns gerne jederzeit über die kostenfreie 24h-Safety-Hotline an oder schreiben Sie uns Ihr Anliegen. Unsere kompetenten Ansprechpartner stehen Ihnen mit fundiertem technologischen Know-how zur Seite.

Telefon: +49 5281 946 2777
E-Mail: safety-service@phoenixcontact.com

Mehr Informationen zu diesem Thema finden Sie auch in unserer Broschüre „Dienstleistungen für die Prozessindustrie – Funktionale Sicherheit“.

Explosionsschutz



Stets an Ihrer Seite
Wir stehen Ihnen mit unseren Produkten, Systemen und Lösungen als zuverlässiger Partner stets zur Seite.

Kontakt
Internet: www.phoenixcontact.com

Mehr Informationen zu diesem Thema finden Sie auch in unserer Broschüre „Explosionsschutz – Theorie und Praxis“.

ATEX/IECEX **IECEX IBE 16.0004 X**

EG-Baumusterprüfbescheinigung/IECEX Certificate of Conformity						
IECEX-zertifiziertes Ex-Gerät	Land	Benannte Stelle/IECEX body	ATEX	IECEX	Jahr	„Atmosphäre EXplosible“ RICHTLINIE 2014/34/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES
	D	PTB	PTB	0102 PTB		Bescheinigungsnummer
	D	DEKRA EXAM	BVS	0158 BVS		
	D	TÜV Nord	TÜV	0044 TUN		
	D	IBExU	IBExU	0637 IBE		
	NL	DEKRA Certification B.V.	DEKRA	0344 DEK		

Zusatzbedingungen	
Bedingungen	Kennzeichnung
Gerät oder Schutzsystem, einsetzbar ohne Einschränkungen	-
Gerät oder Schutzsystem mit besonderen Einsatzbedingungen	X
Ex-Bauteil, nur verwendbar als Basis für die Bescheinigung eines Gerätes oder Schutzsystems	U

IBExU 16 ATEX 1044 X

C 0344 Ex II 3(1)G Ex nA [Ex ia Ga] IIC T4*Gc

Fertigungsüberwachung durch eine benannte Stelle
Ex-Kennzeichen nach Richtlinie 2014/34/EU

Ex-Kennzeichnung nach Norm (Beispiel)			
Zugehöriges Betriebsmittel []	Einsatz außerhalb des explosionsgefährdeten Bereiches mit Wirkung in den Ex-Bereich	EN 60079-0 IEC 60079-0	[Ex ia Ga] IIC
Betriebsmittel	Einsatz innerhalb des explosionsgefährdeten Bereiches	alternativ	[Ex ia] IIC
			Ex ia IIC T6 Ga
		alternativ	Ex ia IIC T6

Gasgruppe/Zündenergie		
Kennzeichnung	Typisches Gas	Zündenergie/μJ
I	Methan	280
II A	Propan	> 180
II B	Ethylen	60 ... 180
II C	Wasserstoff	< 60

Staubgruppe	
Kennzeichnung	Stäube
III A	Brennbare Flusen
III B	Nichtleitfähiger Staub
III C	Leitfähiger Staub

Temperaturklassen und Gruppen			
Gruppe II	Gruppe I	Temperatur	Bedingungen
T1 ≤ 450 °C	Schlagwettergefährdete Grubenbaue (Kohlebergbau)	+150 °C	mit Ablagerung von Kohlestaub am Betriebsmittel
T2 ≤ 300 °C		+450 °C	ohne Ablagerung von Kohlestaub am Betriebsmittel
T3 ≤ 200 °C			
T4 ≤ 135 °C			
T5 ≤ 100 °C			
T6 ≤ 85 °C			

Bedingungen in explosionsgefährdeten Bereichen (Ex-Bereichen)					
Brennbare Stoffe	Temporäres Verhalten des brennbaren Stoffes im explosionsgefährdeten Bereich	Einteilung der explosionsgefährdeten Bereiche	Erforderliche Kennzeichnung des eingesetzten Betriebsmittels nach ... 2014/34/EU	EN 60079-0 IEC 60079-0	Geräteschutz-niveau (EPL)
Gase Nebel Dämpfe	Ständig, lange Zeiträume, häufig	Zone 0	II	1G, (1)G	Ga
	Gelegentlich	Zone 1	II	2G, (2)G	Gb
	Normalerweise nicht, nur kurzzeitig	Zone 2	II	3G, (3)G	Gc
Staub	Ständig, lange Zeiträume, häufig	Zone 20	II	1D, (1)D	Da
	Gelegentlich	Zone 21	II	2D, (2)D	Db
	Normalerweise nicht, nur kurzzeitig	Zone 22	II	3D, (3)D	Dc
Methan	Ständig	Kohle-Bergbau	I	M1	Ma
Kohlestaub	Häufig	Kohle-Bergbau	I	M2	Mb

Erklärung	
1G	Einsatz in dem festgelegten Bereich
(1)G	Einsatz außerhalb des explosionsgefährdeten Bereiches mit Wirkung bis in den beschriebenen Bereich

* Bei Betriebsmitteln für staubexplosionsgefährdete Bereiche wird hier die maximale Oberflächentemperatur des Betriebsmittels z. B. T +120 °C angegeben.

Zündschutzart

Zündschutzarten für elektrische Betriebsmittel in gasexplosionsgefährdeten Bereichen	Schutzprinzip	CENELEC	IEC	Einsatz in Zone	UL	Class, Zone	Anwendung		
da, db, dc	Druckfeste Kapselung	EN 60079-1	IEC 60079-1	0, 1, 2	UL 60079-1	Class I, Zone 1	Schalt-, Befehls- und Meldegeräte, Steuerungen, Motoren, Leistungselektronik		
px, py, pz	Überdruckkapselung	EN 60079-2	IEC 60079-2	1, 2	UL 60079-2	Class I, Zone 1	Schalt- und Steuerschränke, Motoren, Mess- und Analysegeräte, Rechner		
q	Sandkapselung	EN 60079-5	IEC 60079-5	1, 2	UL 60079-5	Class I, Zone 1	Transformatoren, Relais, Kondensatoren		
o	Ölkapselung	EN 60079-6	IEC 60079-6	1, 2	UL 60079-6	Class I, Zone 1	Transformatoren, Relais, Anlaufsteuerungen, Schaltgeräte		
eb, ec	Erhöhte Sicherheit	EN 60079-7	IEC 60079-7	1, 2	UL 60079-7	Class I, Zone 1	Abzweig- und Verbindungskästen, Gehäuse, Motoren, Klemmen, elektrische Geräte		
ia, ib, ic	Eigensicherheit	Eigensichere Systeme	Energiebegrenzung	EN 60079-11	IEC 60079-11	0, 1, 2	UL 60079-11	Class I, Zone 0	
				EN 60079-25	IEC 60079-25	0, 1, 2	UL 60079-25		
				EN 60079-27	IEC 60079-27	1, 2		Mess-, Steuerungs- und Regeltechnik, Sensoren, Aktoren, Instrumentierung	
nA	Eigensichere Felbussys. (FISCO) Nicht funkende Feldbussys. (FNICO) Nicht funkendes Betriebsmittel	EN 60079-15	IEC 60079-15	2	UL 60079-15	Class I, Zone 2	Elektrische Betriebsmittel für normale industrielle Anwendungen		
nC	Funkendes Betriebsmittel	EN 60079-15	IEC 60079-15	2	UL 60079-15	Class I, Zone 2	Elektrische Betriebsmittel für normale industrielle Anwendungen		
nR	Schwadensicheres Gehäuse	EN 60079-15	IEC 60079-15	2	UL 60079-15	Class I, Zone 2	Elektrische Betriebsmittel für normale industrielle Anwendungen		
ma, mb, mc	Vergusskapselung	EN 60079-18	IEC 60079-18	0, 1, 2	UL 60079-18	Zone 0	Spulen von Relais und Motoren, Elektronik, Magnetventile, Anschlusssysteme, Optoelektronische Geräte		
op	op is – inhärent sichere optische Strahlung op pr – geschützte optische Strahlung op sh – optisches Systeme mit Verriegelung	EN 60079-28	IEC 60079-28	0 bzw. 1 bzw. 2 1 bzw. 2 0 bzw. 1 bzw. 2					
Zündschutzarten für elektrische Betriebsmittel in Bereichen mit brennbarem Staub		Schutzprinzip		CENELEC	IEC	Einsatz in Zone	UL	Class, Zone	Anwendung
ta, tb, tc	Schutz durch Gehäuse	EN 60079-31	IEC 60079-31	20 21 22	UL 60079-31	Class II, Zone 21 oder 22	Schalt-, Befehls- und Meldegeräte, Leuchten, Abzweig- und Verbindungskästen, Gehäuse		
pxb, pyb, pzc	Überdruckkapselung	EN 60079-2	IEC 60079-2	21 21 22	UL 60079-2	Class II, Zone 21	Schalt- und Steuerschränke, Motoren, Mess- und Analysegeräte		
ia, ib, ic	Eigensicherheit	EN 60079-11	IEC 60079-11	20 21 22	UL 60079-11	Zone 20	Mess-, Steuerungs- und Regeltechnik, Sensoren, Aktoren, Instrumentierung		
ma, mb, mc	Vergusskapselung	EN 60079-18	IEC 60079-18	20 21 22	UL 60079-18	Class II, Zone 20 oder 21	Spulen und Relais der Motoren, Elektronik und Anschluss-Systeme		

Eigensicherheit, einfache elektrische Betriebsmittel		
Passive Bauelemente	Energiespeicher	Energiequellen*
PT 100	Kondensator	Thermoelement
Schalter	Spule	Photozellen
Verteilerkästen		* Anforderung U ≤ 1,5 V I ≤ 100 mA P ≤ 25 mW
Widerstände	Werte sind genau festzulegen und bei der Bestimmung der Gesamtsicherheit des Systems zu berücksichtigen.	