

LUBW: Sicherheitstechnischer Erfahrungsaustausch
Karlsruhe, 15./16.06.2010

Thema:

Vorgehen bei der Klassifizierung von MSR-Einrichtungen
 und SIL-Einstufung von Schutzeinrichtungen nach VDI/VDE 2180

Referent: Dr. Winfried Reiling, INGUS



□ Vortragsgliederung

1. Anlagensicherheit / Störfallvorsorge

2. Kurzübersicht Normen

- insbesondere VDI/VDE 2180

**3. Klassifizierung und SIL-Einstufung /
 Vorgehen gemäß VDI/VDE 2180**

- Schutzkonzepte
- Klassifizierung von PLT-Einrichtungen
- SIL-Einstufung mittels Risikograph

Vorsorge vor (Industrie-)Unfällen mit gefährlichen Stoffen:

- das Auftreten von gefährlichen Ereignissen verhindern bzw.
- deren Auswirkungen für Mensch und Umwelt begrenzen.

§ 4 StörfallV: Anforderungen zur Verhinderung von Störfällen

- ausreichende Warn-, Alarm- und Sicherheitseinrichtungen
- zuverlässige Messeinrichtungen und Steuer- oder Regeleinrichtungen
- soweit sicherheitstechnisch geboten:
 - jeweils mehrfach vorhanden,
 - verschiedenartig und
 - voneinander unabhängig



Bildquelle: www.infosis.bam.de

→ Grundpflicht nach StörfallV

„Vollzugshilfe zur Störfall-Verordnung vom März 2004“ Hrsg. BMU

- u.a. Hinweise zu den geforderten Angaben im Sicherheitsbericht
- Kap. 9.2.4: Sicherheitsrelevante Anlagenteile
- Anhang 1, Nr. 1.4: Prozessleittechnik (PLT)
- Verweis auf die VDI/VDE 2180 (1998)

→ Hilfreiche 76 Seiten



□ Vortragsgliederung

1. Anlagensicherheit / Störfallvorsorge

2. Kurzübersicht Normen
- insbesondere VDI/VDE 2180

3. Klassifizierung und SIL-Einstufung /
Vorgehen gemäß VDI/VDE 2180

- Schutzkonzepte
- Klassifizierung von PLT-Einrichtungen
- SIL-Einstufung mittels Risikograph

Internationale Sicherheitsnormen mit Bezug zur VDI/VDE 2180

IEC 61508

- seit 2002/2003 als DIN EN 61508 (VDE 0803) Teil 1-7 („Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/ elektronischer/ programmierbarer elektronischer Systeme“) (E/E/PE-Systeme)
- Norm ist technologieunabhängig und schwerpunktmäßig an die Hersteller entsprechender Systeme gerichtet

→ **Herstellernorm/Grundnorm**

IEC 61511

- seit Mai 2005 als DIN EN 61511 (VDE 0810) Teil 1-3 („Funktionale Sicherheit – Sicherheitstechnische Systeme für die Prozessindustrie“)
- Norm ist anwendungsspezifisch für den Bereich der verfahrenstechnischen Anlagen und schwerpunktmäßig an die Anwender solcher Systeme gerichtet

→ **spezifische Anwendernorm**

Kurzübersicht Normen



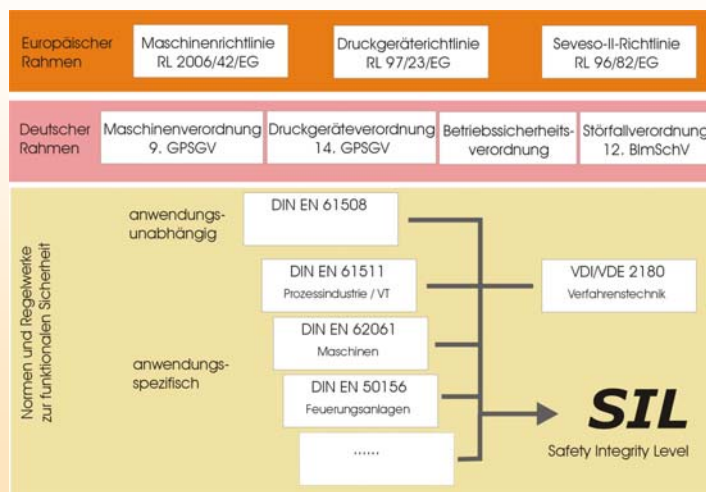
□ VDI/VDE 2180 - 2007 ff

- ist gegenüber dem Verweisstand der BMU-Vollzugshilfe überarbeitet (Bl. 1-3: 2007-04; Bl. 4: 2010-07; Bl. 5: 2010-05)
- berücksichtigt für die Sicherheit von Prozessleittechnik wichtige internationale Normen in deutscher Fassung
- stellt den aktuellen Stand der Sicherheitstechnik bezüglich sicherheitsgerichteter Prozessleittechnik für verfahrenstechnische Anlagen dar
- kann auch weiterhin Anwendern und Behörden als wesentlicher Leitfaden bei der Umsetzung der Anforderungen in die Praxis dienen

Kurzübersicht Normen



□ Normen- und Regelwerksübersicht



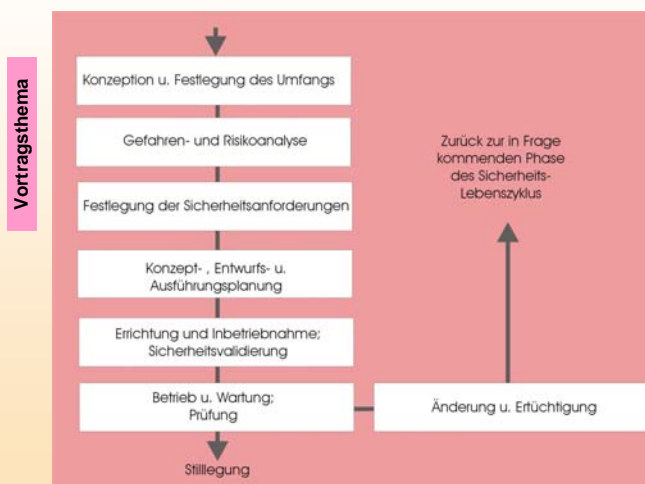
Einige deutsche Normen, z.B. DIN V 19250 u. 19251 u. DIN V VDE 081 wurden zurückgezogen

□ Vortragsgliederung

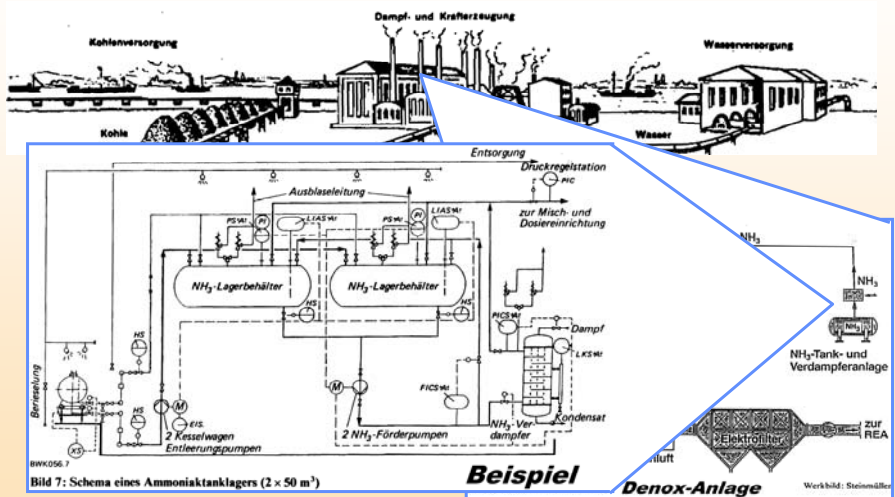
1. Anlagensicherheit / Störfallvorsorge
2. Kurzübersicht Normen
 - insbesondere VDI/VDE 2180
3. Klassifizierung und SIL-Einstufung / Vorgehen gemäß VDI/VDE 2180
 - Schutzkonzepte
 - Klassifizierung von PLT-Einrichtungen
 - SIL-Einstufung mittels Risikograph

□ Vorbemerkung: Sicherheits-Lebenszyklus für ein Schutzsystem

vgl. DIN EN 50156 Teil 1



Beispiel: Ammoniaklagerung u. -verwendung im Kraftwerk



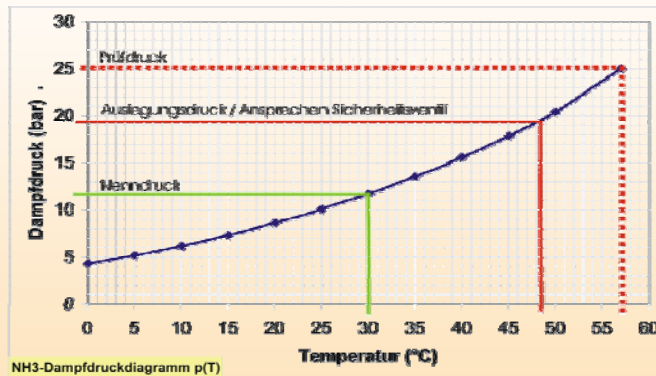
Bildquellen: BWK Bd. 39 (1987) Nr. 3 S. 99 ff

Schutzkonzepte

- Generell ist die Hierarchie von Schutzmaßnahmen einzuhalten:
 1. Inhärent sichere Verfahren
(Konstruktion, z.B. druckfest)
 2. Nicht-PLT-Schutzmaßnahmen
(bauliche o. technische M. wie Einhausungen, Rückhalteräume, Sicherheitsventile,...)
 3. PLT-Schutzeinrichtungen
(wenn o.g. M. nicht ausreichend, nicht geeignet, nicht wirtschaftlich)
- Anwendung möglichst einfacher, überschaubarer und unmittelbar wirkender Maßnahmen führt in der Regel zu sicheren und gleichzeitig wirtschaftlichen Lösungen
- Vorrang: Gesetze, Verordnungen, Techn. Regelwerk, Normen, UVV

Klassifizierung und SIL-Einstufung

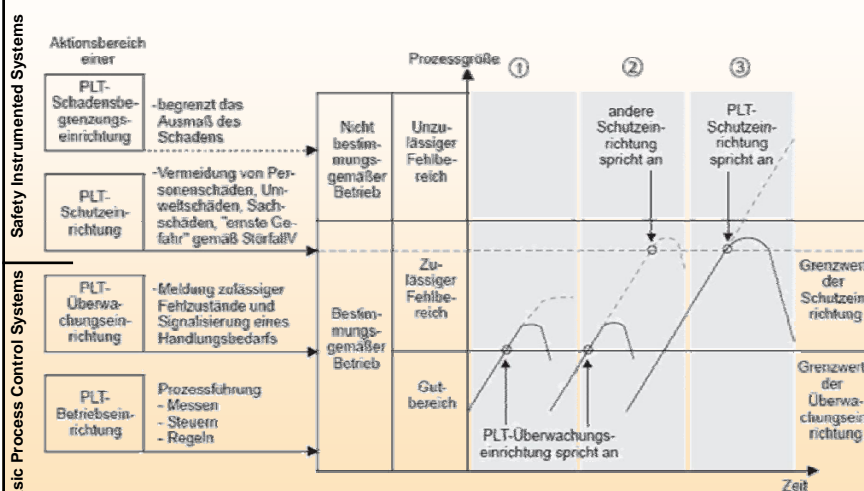
Beispiel: Ammoniakdampfdruckdiagramm



Schutzkonzept unter Beachtung der Ammoniak-Dampfdruckkurve

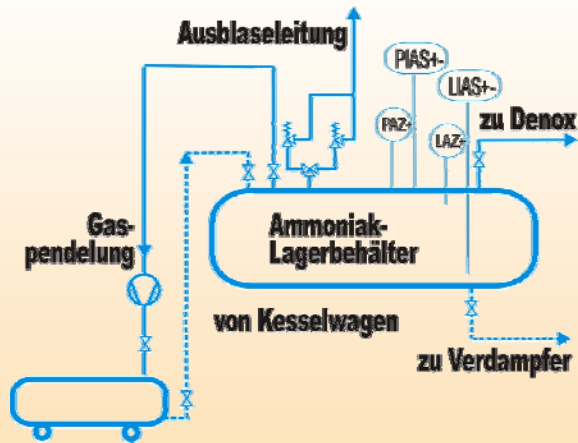
Klassifizierung und SIL-Einstufung

Klassifizierung und Wirkungsweise von PLT-Einrichtungen



Quelle: VDS 2556 resp. DIN V 19250

□ Beispiel: Ammoniaklagerbehälter (vereinfacht)



□ Randbedingungen zur Klassifizierung und SIL-Einstufung

- Iterativer Prozess mit folgenden Teilaufgaben
 - Gefahren- und Risikoanalyse
 - Ermittlung Schutzfunktionen und Zuverlässigkeitsanforderungen
- Neben Expertenwissen betreffend Anlage, Prozess und Stoffeigenschaften ist insbesondere Methodenkompetenz gefordert
- Methodenkompetenz
 - Gefährdungsanalyse (Identifizierung von Gefährdungspotentialen)
 - abgestufte Bewertung des abzudeckenden Risikos
 - Zuordnung von Schutzmaßnahmen zum abzudeckenden Risiko sowie zur abgestuften Festlegung ihrer Zuverlässigkeit

→ SIL-Assessment bzw. Sicherheitsgespräch

□ SIL-Assessment bzw. Sicherheitsgespräch

Inhalte / Ziel

- Konzept u. Festlegung des Umfangs
- Gefahren- und Risikoanalyse
- SIL-Festlegung mittels Risikograph
- Entscheidung über PLT-Einsatz, -Aufgabenstellung und -Ausführung



Erforderliche Unterlagen u. Informationen

- Anlagen-, Verfahrens- und Stoffbeschreibung
- R+I-Schemata
- Logikpläne, Grenzwertlisten
- Aufstellungspläne
- Vorort-Kenntnisse

□ SIL-Assessment bzw. Sicherheitsgespräch

Beteiligte - interdisziplinäre Zusammensetzung

- Prozessleittechnik, Elektrotechnik (häufig initiativ)
- Verfahrens- und Prozesstechnik
- Sicherheitstechnik (intern o. extern)
- Betrieb



Empfehlungen zur Vorgehensweise

- Leitung durch Moderator / Förderer ausgezeichnet durch sicherheitstechn. Kenntnisse, Methodenkompetenz, Unabhängigkeit
- Abgrenzung, Gefahrenanalyse und Bestimmung der sicherheitstechnischen Funktionen zu Beginn
- Dokumentation der Ergebnisse mit kurzer Begründung

Gefahrenanalyse

- Identifizieren der Gefahren, bei deren Wirksamwerden Personen-, Umweltschäden o. größere Sachschäden möglich sind, beispielsweise mittels HAZOP-Analyse (PAAG-Verfahren).

Beispiel:

I.2 Entladestation/Lagerung
I.2.6 Funktionsstörungen der MSR-Einrichtungen

Komponente	mögliche Auswirkungen	Maßnahmen/Bemerkungen
.....		
Druckmessung Ammoniakbehälter PISA PZA	Überdruck führt im Anforderungsfall nicht zu einer Abschaltung der Kompressoren Entlastung über Sicherheitsventil (gasförmige Ableitung über Ausblasemast)	redundant ausgeführte Druckmessung zusätzliche Temperaturmessung Sicherheitsventil mit Berstscheibe und drucküberwachtem Zwischenraum mit Alarmierung
.....		

☐ Sicherheitstechnische Funktionen (SIF)

Als Ergebnis der Gefahrenanalyse wird eine Vorauswahl für sicherheitstechnische Funktionen (SIF) ermittelt

- Durchführung der Risikoanalyse für SIF
- für nicht sicherheitstechnische Funktionen Ende der Betrachtung

Beispiel:

Nr.	Bezeichnung der sicherheitstechnischen Funktion	SIL	PLT-Schutzeinrichtung
1	Not-Aus (bei Ammoniakfreisetzung)		
2	Gaswarnanlage		
3	Schutz vor unzulässigem Behälterüberdruck		
4	Schutz v. Überfüllung Lagerbehälter		
5	Flüssigkeitssensor n. Kompressor		
6	Druckbegrenzung nach Kompressor		
7	Verdampferschutz		
8	Füllstand Absorptionsbehälter		

Klassifizierung und SIL-Einstufung

Risikoanalyse

➤ Risiko: Produkt von Schadensausmaß und Ereigniswahrscheinlichkeit

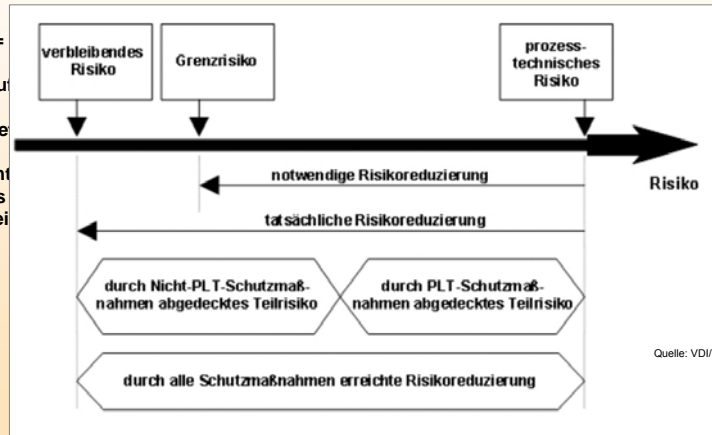
$$R = S \times EW$$

➤ EW =

➤ A: Au

➤ G: Ge

➤ E: Ein
des
Erei

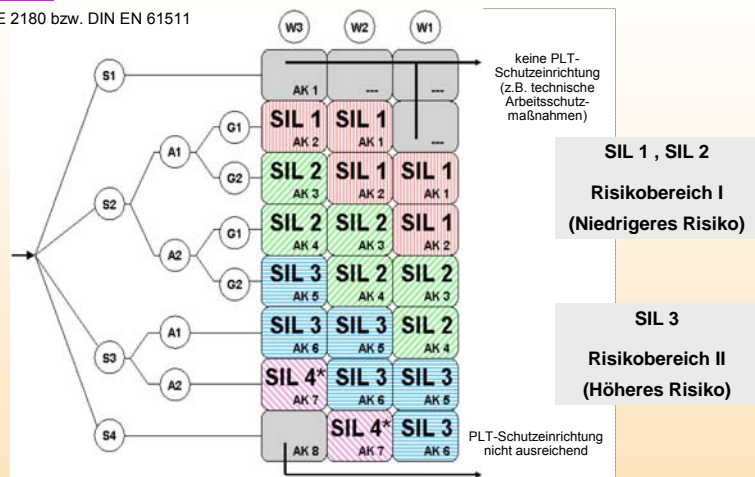


Quelle: VDI/VDE 2180 Bl. 1; Bild 4

Klassifizierung und SIL-Einstufung

Risikograph

vgl. VDI/VDE 2180 bzw. DIN EN 61511



➔ SIL-Einstufung (Safety Integrity Level / Sicherheits-Integritätslevel)

(AK: Anforderungsklasse gemäß zurückgezogener DIN V 19250)

□ Parameter des Risikograph

vgl. VDI/VDE 2180 bzw. DIN EN 61511

S: Schadensausmaß

- S1** leichte Verletzung einer Person oder kleinere schädliche Umwelteinflüsse (z. B. nicht nach StörfallIV)
- S2** schwere, irreversible Verletzung einer oder mehrerer Personen oder Tod einer Person oder vorübergehende größere schädliche Umwelteinflüsse (z. B. nach StörfallIV)
- S3** Tod mehrerer Personen oder lang andauernde größere schädliche Umwelteinflüsse (z. B. nach StörfallIV)
- S4** katastrophale Auswirkungen, sehr viele Tote

□ Parameter des Risikograph

vgl. VDI/VDE 2180 bzw. DIN EN 61511

A: Aufenthaltsdauer

- A1** selten bis öfter
- A2** häufig bis dauernd

G: Gefahrenabwendung

- G1** möglich unter bestimmten Bedingungen
- G2** kaum möglich

W: Eintrittswahrscheinlichkeit des unerwünschten Ereignisses

- W1** sehr gering
- W2** gering
- W3** relativ hoch

$$R = S \times EW$$


$$A \times G \times W$$

Klassifizierung und SIL-Einstufung

Beispiel: Schutz vor unzulässigem Behälterüberdruck

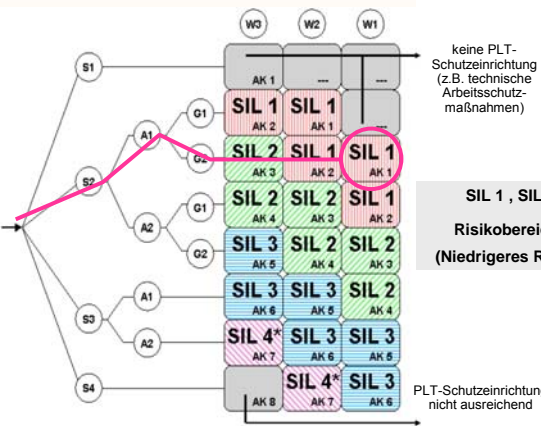
Sicherheitstechnische Funktion: Schutz vor unzulässigem Behälterüberdruck			
		<input checked="" type="checkbox"/> ereignisverhindernd	<input type="checkbox"/> auswirkungsbegrenzend
Beschreibung der Funktion sowie der Gefahr einschl. Ursache / Wirkung		Nennndruck Lagerbehälter ca. 11,7 bar (ca. 30°C), Ansprechen Sicherheitsventil bei 19,3 bar (ca. 48,5°C) (Auslegungsdruck), 25 bar (ca. 57°C) (Prüfdruck). Durch Erdrückung der Lagerbehälter steigt Temperatur im Behälter vernünftigerweise nicht über 30°C (entspricht ca. 11,7 bar). Unzulässige Druckerhöhung Lagerbehälter unwahrscheinlich aber nicht gänzlich ausgeschlossen (Pump- oder Kompressorförderung). → Ansprechen eines Sicherheitsventils. Behälterbersten wird verhindert. Austritt gewisser Mengen Ammoniak über Sicherheitsventil. Die Ableitung erfolgt gasförmig über Ausblasemast, so dass keine großen Brand- u. Explosionsgefahren sowie Vergiftungsgefahr entstehen. PLT-Funktion: Abschalten von druckerzeugenden Komponenten bevor Sicherheitsventil anspricht.	
Betroffene MSR-Technik (zusätzlich zur SPS)	A/S	Bezeichnung	KKS-Nummer
	S	Drucksensor mit Alarm-/ Schalfunktion (PAZ+)	s. Liste
S: Sensoren / A: Aktoren	A	Pumpen- o. Kompressorschalter	s. Liste
Begründung für Risikoparameter S, A, G, W			
S2	Bei Austritt von gasförmigem Ammoniak sind schwere irreversible Verletzungen mindestens einer Person nicht ausgeschlossen. (hier konservativ, da Freisetzung über Ausblasemast)		
A1	Personal bei Kontrollgang / Entladung vor Ort; im Ammoniaklager u. der direkten Nachbarschaft gibt es keine ständigen Arbeitsplätze.		
G2	Das Ereignis ist kaum abwendbar.		
W1	Die Anlagen unterliegen besonderen Anforderungen. Großer Druck-, Temperaturabstand zum Ansprechen Sicherheitsventil. Erdgedeckter Behälter		

Klassifizierung und SIL-Einstufung

Beispiel: Schutz vor unzulässigem Behälterüberdruck

Risikograph nach VDI/VDE 2180

Risikoparameter	
S: Schadensausmaß	
S1	leichte Verletzung einer Person; kleinere sozialische Umweltauswirkungen (z.B. nicht nach Störfall) <input type="checkbox"/>
S2	schwere, irreversible Verletzung einer o. mehrerer Personen o. Tod einer Person; vorübergehende größere schädliche Umweltauswirkungen (z.B. nach Störfall) <input checked="" type="checkbox"/>
S3	Tod mehrerer Personen; lang andauernde größere schädliche Umweltauswirkungen (z.B. nach Störfall) <input type="checkbox"/>
S4	katastrophale Auswirkungen; sehr viele Tote. <input type="checkbox"/>
A: Aufenthaltsdauer	
A1	selten bis öfter <input checked="" type="checkbox"/>
A2	häufig bis dauernd <input type="checkbox"/>
G: Gefahrenabwendung	
G1	möglichst unter bestimmten Bedingungen <input type="checkbox"/>
G2	kaum möglich <input checked="" type="checkbox"/>
W: Eintrittswahrscheinlichkeit	
W1	sehr gering <input checked="" type="checkbox"/>
W2	gering <input type="checkbox"/>
W3	relativ hoch <input type="checkbox"/>



keine PLT-Schutzeinrichtung (z.B. technische Arbeitsschutzmaßnahmen)

SIL 1, SIL 2
Risikobereich I (Niedrigeres Risiko)

PLT-Schutzeinrichtung nicht ausreichend

resultierendes SIL: 1

Festlegung von Anforderungen

➤ Jede PLT-Schutzeinrichtung ist mindestens nach SIL 1 auszulegen.

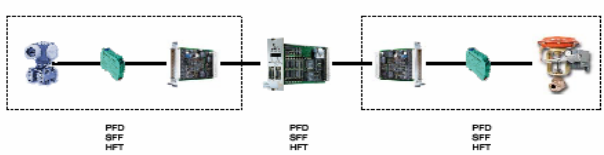
➤ Die Anforderungen an die jeweilige PLT-Schutzeinrichtung bezüglich ihres Fehlerverhaltens sind in DIN EN 61511 beschrieben (s. Tab.)

➤ Alternativen möglich (gemäß VDI/VDE 2180 Bl. 1 Kap. 8)

➤ Anforderung gilt für die gesamte Schutzeinrichtung
Sensor/Transmitter – Steuerung – Transmitter/Aktor

SIL	Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Ausfalls (Unverfügbarkeit U)	Verfügbarkeit $V = 1 - U$
1	$\geq 10^{-2}$ bis $< 10^{-1}$	0,9 ... 0,99
2	$\geq 10^{-3}$ bis $< 10^{-2}$	0,99 ... 0,999
3	$\geq 10^{-4}$ bis $< 10^{-3}$	0,999 ... 0,9999
4	$\geq 10^{-5}$ bis $< 10^{-4}$	0,9999 ... 0,99999

Quelle: VDI/VDE 2180 Bl. 1 Kap. 8, Tab. 1



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

INGUS
 Ingenieurbüro für
 UMWELTSCHUTZ UND SICHERHEIT
 DR. WINFRIED REILING

Gründlestr. 9
 D-75236 Kämpfelbach

Tel.: 0 72 32 / 31 51- 40
 Fax: 0 72 32 / 31 51- 44
 Email: info@ingus-reiling.de
 Internet: www.ingus-reiling.de

amtlich bekannt gegebener Sachverständiger nach §29a BImSchG für sicherheitstechnische Prüfungen