



HANDBUCH

## Funktionale Sicherheit

M-LB-(Ex-)5000-System  
Überspannungsschutz-Barrieren



**SIL 3**





Es gelten die Allgemeinen Lieferbedingungen für Erzeugnisse und Leistungen der Elektroindustrie, herausgegeben vom Zentralverband Elektroindustrie (ZVEI) e.V. in ihrer neusten Fassung sowie die Ergänzungsklausel: "Erweiterter Eigentumsvorbehalt".



<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>4</b>
1.1	Inhalt des Dokuments	4
1.2	Sicherheitsinformationen	5
1.3	Verwendete Symbole	6
<b>2</b>	<b>Produktbeschreibung</b>	<b>7</b>
2.1	Funktion	7
2.2	Schnittstellen	8
2.3	Kennzeichnung	8
2.4	Normen und Richtlinien für Funktionale Sicherheit	8
<b>3</b>	<b>Planung</b>	<b>9</b>
3.1	Systemstruktur	9
3.2	Annahmen	10
3.3	Sicherheitsfunktion und sicherer Zustand	11
3.4	Sicherheitskennwerte	13
3.5	Gebrauchsdauer	14
<b>4</b>	<b>Montage und Installation</b>	<b>15</b>
4.1	Konfiguration	15
<b>5</b>	<b>Betrieb</b>	<b>16</b>
5.1	Wiederholungsprüfung	16
<b>6</b>	<b>Wartung und Reparatur</b>	<b>18</b>
<b>7</b>	<b>Anwendungsbeispiele</b>	<b>19</b>
<b>8</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>24</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Inhalt des Dokuments

Dieses Dokument enthält Informationen zur Verwendung des Geräts in Anwendungen für funktionale Sicherheit. Diese Informationen benötigen Sie für den Einsatz Ihres Produkts in den zutreffenden Phasen des Produktlebenszyklus. Dazu können zählen:

- Produktidentifizierung
- Lieferung, Transport und Lagerung
- Montage und Installation
- Inbetriebnahme und Betrieb
- Instandhaltung und Reparatur
- Störungsbeseitigung
- Demontage
- Entsorgung



### **Hinweis!**

Dieses Dokument ersetzt nicht die Betriebsanleitung.



### **Hinweis!**

Entnehmen Sie die vollständigen Informationen zum Produkt der Betriebsanleitung und der weiteren Dokumentation im Internet unter [www.pepperl-fuchs.com](http://www.pepperl-fuchs.com).

Die Dokumentation besteht aus folgenden Teilen:

- Vorliegendes Dokument
- Betriebsanleitung
- Handbuch
- Datenblatt

Zusätzlich kann die Dokumentation aus folgenden Teilen bestehen, falls zutreffend:

- EU-Baumusterprüfbescheinigung
- EU-Konformitätserklärung
- Konformitätsbescheinigung
- Zertifikate
- Control Drawings
- FMEDA-Report
- Assessment-Report
- Weitere Dokumente

Weitere Informationen zu Produkten mit funktionaler Sicherheit von Pepperl+Fuchs finden Sie im Internet unter [www.pepperl-fuchs.com/sil](http://www.pepperl-fuchs.com/sil).

## 1.2 Sicherheitsinformationen

### Zielgruppe, Personal

Die Verantwortung hinsichtlich Planung, Montage, Inbetriebnahme, Betrieb, Instandhaltung und Demontage liegt beim Anlagenbetreiber.

Nur Fachpersonal darf die Montage, Inbetriebnahme, Betrieb, Instandhaltung und Demontage des Produkts durchführen. Das Fachpersonal muss die Betriebsanleitung und die weitere Dokumentation gelesen und verstanden haben.

### Bestimmungsgemäße Verwendung

Das Gerät ist nur für eine sachgerechte und bestimmungsgemäße Verwendung zugelassen. Bei Zuwiderhandlung erlischt jegliche Garantie und Herstellerverantwortung.

Das Gerät wurde nach den einschlägigen Sicherheitsstandards entwickelt, hergestellt und geprüft.

Verwenden Sie das Gerät nur

- für die beschriebene Anwendung
- unter den angegebenen Umgebungsbedingungen
- mit Geräten, die für die Sicherheitsanwendung geeignet sind

### Bestimmungswidrige Verwendung

Der Schutz von Personal und Anlage ist nicht gewährleistet, wenn das Gerät nicht entsprechend seiner bestimmungsgemäßen Verwendung eingesetzt wird.



## 1.3 Verwendete Symbole

Dieses Dokument enthält Symbole zur Kennzeichnung von Warnhinweisen und von informativen Hinweisen.

### Warnhinweise

Sie finden Warnhinweise immer dann, wenn von Ihren Handlungen Gefahren ausgehen können. Beachten Sie unbedingt diese Warnhinweise zu Ihrer persönlichen Sicherheit sowie zur Vermeidung von Sachschäden.

Je nach Risikostufe werden die Warnhinweise in absteigender Reihenfolge wie folgt dargestellt:



#### ***Gefahr!***

Dieses Symbol warnt Sie vor einer unmittelbar drohenden Gefahr.

Falls Sie diesen Warnhinweis nicht beachten, drohen Personenschäden bis hin zum Tod.



#### ***Warnung!***

Dieses Symbol warnt Sie vor einer möglichen Störung oder Gefahr.

Falls Sie diesen Warnhinweis nicht beachten, können Personenschäden oder schwerste Sachschäden drohen.



#### ***Vorsicht!***

Dieses Symbol warnt Sie vor einer möglichen Störung.

Falls Sie diesen Warnhinweis nicht beachten, kann das Produkt oder daran angeschlossene Systeme und Anlagen gestört werden oder vollständig ausfallen.

### Informative Hinweise



#### ***Hinweis!***

Dieses Symbol macht auf eine wichtige Information aufmerksam.



#### **Handlungsanweisung**

Dieses Symbol markiert eine Handlungsanweisung. Sie werden zu einer Handlung oder Handlungsfolge aufgefordert.

## 2 Produktbeschreibung

### 2.1 Funktion

In diesem Handbuch werden ausschließlich Sicherheitsfunktion und sicherer Zustand der Überspannungsschutz-Barriere als Teil des Überspannungsschutz-Systems beschrieben. Die Überspannungsschutz-Barriere besteht aus einem Schutzmodul und einem Basismodul.



#### **Gefahr!**

Lebensgefahr durch falschen Einsatz des Geräts

Der Schutz des Sicherheitskreises gegen Überspannung ist **nicht die Sicherheitsfunktion** der Überspannungsschutz-Barriere.

Die Überspannungsschutz-Barriere schützt Anwendungen und Geräte gegen Überspannung durch Blitzschlag oder Schaltvorgänge.

Die Aussage zur Sicherheitsfunktion der Überspannungsschutz-Barriere beschreibt ausschließlich den Effekt auf Sicherheitskreise, in die die Barriere eingebaut wird. Die Barriere verhält sich in den Sicherheitskreisen wie ein einfaches Durchgangselement.

#### **Überspannungsschutz-Barriere ohne Statusanzeige**

Die Überspannungsschutz-Barriere ohne Statusanzeige besteht aus einem Schutzmodul M-LB-(Ex-)51\*\* und einem Basismodul M-LB-(Ex-)50\*\*(.SP).

Das Schutzmodul begrenzt induzierte Überspannungen unterschiedlicher Ursachen, wie z. B. Blitzschlag oder Schaltvorgänge. Die Begrenzung wird erreicht, indem der Strom gegen Erde abgeleitet wird und die Spannung im Signalkreis während der Dauer des Überspannungsstoßes begrenzt wird.

Das Gerät wird auf das Basismodul gesteckt und bildet zusammen mit dem Basismodul die Überspannungsschutz-Barriere.

Das Gerät kann über einen Verriegelungshebel werkzeugfrei gewechselt werden.

#### **Überspannungsschutz-Barriere mit Statusanzeige**

Die Überspannungsschutz-Barriere mit Statusanzeige besteht aus einem Schutzmodul M-LB-(Ex-)52\*\* und einem Basismodul M-LB-(Ex-)50\*\*(.SP).

Das Schutzmodul begrenzt induzierte Überspannungen unterschiedlicher Ursachen, wie z. B. Blitzschlag oder Schaltvorgänge. Die Begrenzung wird erreicht, indem der Strom gegen Erde abgeleitet wird und die Spannung im Signalkreis während der Dauer des Überspannungsstoßes begrenzt wird.

Das Gerät besitzt LEDs für die Statusanzeige. Bei Bedarf wird dieser Status über einen Statusmeldeausgang an das zugehörige Funktionsmodul übertragen.

Diese Statusanzeige ist nicht sicherheitsrelevant.

Das Gerät wird auf das Basismodul gesteckt und bildet zusammen mit dem Basismodul die Überspannungsschutz-Barriere.

Das Gerät kann über einen Verriegelungshebel werkzeugfrei gewechselt werden.



## 2.2 Schnittstellen

Das Gerät besitzt die folgenden Schnittstellen.

- Sicherheitsrelevante Schnittstellen: geschützte Signalleitungen
- Nicht sicherheitsrelevante Schnittstellen: Fehlermeldeausgang



### **Hinweis!**

Informationen zu den entsprechenden Anschlüssen finden Sie im Datenblatt.

## 2.3 Kennzeichnung

Pepperl+Fuchs GmbH Lilienthalstraße 200, 68307 Mannheim, Deutschland	
Internet: <a href="http://www.pepperl-fuchs.com">www.pepperl-fuchs.com</a>	
Schutzmodule M-LB-(Ex-)51**, M-LB-(Ex-)52** Basismodule M-LB-(Ex-)50**(.SP)	Bis SIL 3

Die mit \* markierten Stellen sind Platzhalter für Varianten des Geräts.

## 2.4 Normen und Richtlinien für Funktionale Sicherheit

### Gerätespezifische Normen und Richtlinien

Funktionale Sicherheit	IEC/EN 61508, Teil 1 – 7, Ausgabe 2010: Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme (Hersteller)
------------------------	---

### Systemspezifische Normen und Richtlinien

Funktionale Sicherheit	IEC/EN 61511, Teil 1 – 3, Ausgabe 2003: Funktionale Sicherheit – Sicherheitstechnische Systeme für die Prozessindustrie (Anwender)
------------------------	--



## 3 Planung

### 3.1 Systemstruktur

#### 3.1.1 Low Demand Mode (Betriebsart mit niedriger Anforderungsrate)

Für Anwendungen, bei denen zwei separate Steuer- oder Regelkreise für den normalen Betrieb und für den sicherheitstechnischen Betrieb realisiert werden, wird in der Regel eine Anforderungsrate für den Sicherheitskreis von weniger als einmal im Jahr angenommen.

Prüfen Sie die folgenden relevanten Sicherheitsparameter:

- den  $PFD_{avg}$ -Wert (Average Probability of dangerous Failure on Demand (mittlere Wahrscheinlichkeit eines gefahrbringenden Ausfalls bei Anforderung)) und den  $T_1$ -Wert (Wiederholungsprüfungs-Intervall, das den  $PFD_{avg}$ -Wert direkt beeinflusst)
- den SFF-Wert (Safe Failure Fraction (Anteil sicherer Ausfälle))
- die HFT-Architektur (Hardware Fault Tolerance (Hardware-Fehlertoleranz))

#### 3.1.2 High Demand oder Continuous Mode (Betriebsart mit hoher Anforderungsrate oder kontinuierlicher Anforderung)

Für Anwendungen, bei denen nur ein Sicherheitskreis realisiert wird, der den normalen Betrieb und den sicherheitsgerichteten Betrieb kombiniert, wird in der Regel eine Anforderungsrate für diesen Sicherheitskreis von mehr als einmal im Jahr angenommen.

Prüfen Sie die folgenden relevanten Sicherheitsparameter:

- den PFH-Wert (Probability of dangerous Failure per Hour (Wahrscheinlichkeit eines gefahrbringenden Ausfalls pro Stunde))
- die Fehlerreaktionszeit des Sicherheitssystems
- den SFF-Wert (Safe Failure Fraction (Anteil sicherer Ausfälle))
- die HFT-Architektur (Hardware Fault Tolerance (Hardware-Fehlertoleranz))

#### 3.1.3 Anteil sicherer Ausfälle (SFF, Safe Failure Fraction)

Der Anteil sicherer Ausfälle beschreibt das Verhältnis von sicheren Ausfällen und erkannten gefährlichen Ausfällen zur Gesamtausfallrate.

$$SFF = (\lambda_s + \lambda_{dd}) / (\lambda_s + \lambda_{dd} + \lambda_{du})$$

Der Anteil sicherer Ausfälle ist nach IEC/EN 61508 nur für Elemente oder (Teil-)Systeme in einem vollständigen Sicherheitskreis relevant. Das betrachtete Gerät ist immer Teil eines Sicherheitskreises, gilt aber nicht als vollständiges Element oder Teilsystem.

Für die Berechnung des SIL-Levels eines Sicherheitskreises ist es erforderlich, den Anteil sicherer Ausfälle der Elemente, der Teilsysteme und des gesamten Systems zu bewerten und nicht nur die eines einzelnen Geräts.

Trotzdem wird der SFF-Wert des Geräts in diesem Dokument zur Referenz angegeben.

## 3.2 Annahmen

Während der FMEDA wurden folgende Annahmen getroffen:

- Das Gerät wird unter durchschnittlichen industriellen Umgebungsbedingungen eingesetzt, die vergleichbar sind mit der Klassifizierung "Stationär montiert" nach MIL-HDBK-217F. Alternativ dürfen im Industriebereich typische Betriebsbedingungen vergleichbar mit IEC/EN 60654-1 Klasse C mit einer Durchschnittstemperatur von 40 °C über einen langen Zeitraum angenommen werden. Für eine Durchschnittstemperatur von 60 °C müssen die Ausfallraten mit dem auf Erfahrungswerten basierenden Faktor 2,5 multipliziert werden. Ein ähnlicher Faktor muss verwendet werden, falls häufige Temperaturschwankungen zu erwarten sind.
- Der Regelkreis gilt entweder als isoliert von Masse (außer Komponenten innerhalb des Schutzmoduls) oder eine der geschützten Leitungen ist direkt mit Masse verbunden. In beiden Fällen führt ein Ausfallmodus zu einer sicheren Reaktion oder er hat keine Auswirkung, so dass der schlimmste Fall als Versagen ohne Auswirkung angenommen wird.
- Die Ausfallrate basiert auf dem Siemens-Standard SN29500.
- Die Ausfallraten sind konstant, Verschleiß wird nicht berücksichtigt.
- Der Regelkreis hat die Hardware-Fehlertoleranz **0** und ist ein Gerät des Typs **A**. Ein SFF-Wert ist für dieses Gerät nicht angegeben, da der Wert wie im folgenden Abschnitt beschrieben im Zusammenhang mit dem angeschlossenen Feldgerät berechnet werden muss.
- Die Geräte M-LB-(Ex-)5\*13 und M-LB-(Ex-)5\*14 bestehen nicht die Prüfung der Störfestigkeit gegen leitungsgeführte Störgrößen (10 V nach IEC/EN 61000-4-6). Die Geräte M-LB-(Ex-)5\*13, M-LB-(Ex-)5\*14, M-LB-(Ex-)5\*43 und M-LB-(Ex-)5\*44 bestehen nicht die Prüfung der Störfestigkeit gegen leitungsgeführte asymmetrische Störgrößen im Fall von Kurzzeitstörgrößen (100 V nach IEC/EN 61000-4-16).

Ursache ist, dass die Grenzwerte der Schutzelemente für die Anwendung niedriger liegen als die von den Normen geforderten Prüfgrenzen. Der Anwender muss entscheiden, ob die Geräte für die Anwendung geeignet sind oder ob Geräte mit höheren Spannungsgrenzen eingesetzt werden müssen.

### Anwendung

Die Überspannungsschutz-Barriere und das angeschlossene Gerät (Feldgerät, Trennbaustein oder Aktor) müssen zusammen betrachtet werden. Das  $PFD_{avg}$ /PFH-Budget der einzelnen Gerätekategorien im gesamten Sicherheitskreis beträgt für:

- Aktor (Ventil) 40 %
- Transmitter (Sensor) 25 %
- Trennbaustein 10 %

In der Übersicht für den SIL2- oder SIL3-Sicherheitskreise bedeutet das:

Gerätekategorie	SIL2		SIL3	
	PFH	$PFD_{avg}$	PFH	$PFD_{avg}$
Gesamt	$10^{-6}$	$10^{-2}$	$10^{-7}$	$10^{-3}$
Aktor (40 %)	$4 \times 10^{-7}$	$4 \times 10^{-3}$	$4 \times 10^{-8}$	$4 \times 10^{-4}$
Transmitter (25 %)	$2,5 \times 10^{-7}$	$2,5 \times 10^{-3}$	$2,5 \times 10^{-8}$	$2,5 \times 10^{-4}$
Trennbaustein (10 %)	$10^{-7}$	$10^{-3}$	$10^{-8}$	$10^{-4}$

Tabelle 3.1 Übersicht  $PFD_{avg}$ /PFH-Budget

### 3.3 Sicherheitsfunktion und sicherer Zustand

Die Sicherheitsfunktion der Überspannungsschutz-Barrieren hängt vom angeschlossenen Signalkreis ab. Bewertet wurde die Beeinflussung von sicherheitsrelevanten Signalen, die die Geräte weiterleiten (z. B. 4 mA ... 20 mA-Analogsignal).

Beachten Sie die PFH-/PFD<sub>avg</sub>-Werte im Handbuch Funktionale Sicherheit und die angegebenen Berechnungsregeln. Die Geräte erfüllen die Anforderungen für SIL 3 und können zur Weiterleitung von sicherheitsrelevanten Signalen in Anwendungen bis SIL 3 eingesetzt werden.

Die Überspannungsschutz-Barrieren begrenzen induzierte Überspannungen unterschiedlicher Ursachen, wie z. B. Blitzschlag oder Schaltvorgänge. Diese Schutzfunktion selbst ist nicht die Sicherheitsfunktion der Geräts.

#### Sicherer Zustand

Der sichere Zustand ist abhängig vom Anwendungsfall. Es werden 6 Anwendungsfälle unterschieden:

- Binäreingang (NAMUR-Signal)  
Leitungsbruch und Kurzschluss sind außerhalb des Bereichs und werden als sichere Ausfälle gezählt.
- Binärausgang (sicherheitsgerichtetes Abschalten – DTS)  
Leitungsbruch und Kurzschluss unterbrechen die Energieübertragung zum Feld und werden als sichere Ausfälle gezählt.
- Analogeingang (4 mA ... 20 mA)  
Leitungsbruch und Kurzschluss sind außerhalb des Bereichs und werden als sichere Ausfälle gezählt.
- Analogausgang (4 mA ... 20 mA)  
Leitungsbruch und Kurzschluss unterbrechen die Energieübertragung zum Feld und werden als sichere Ausfälle gezählt.
- Widerstandsthermometer (RTD)  
Messstrom = 200 µA (z. B. KFD2-UT2-1)  
-  $R \leq 3137 \Omega$  (Pt1000 bei 600 °C)  
-  $R \geq 60 \Omega$  (Pt100 bei -100 °C)  
Leitungswiderstand = 35 Ω (1000 m total und 0,5 mm<sup>2</sup> Cu)  
Leitungsbruch und Kurzschluss sind außerhalb des Bereichs und werden als sichere Ausfälle gezählt.
- Thermoelement (TC)  
-  $U \leq 80 \text{ mV}$  (Typ E bei 1000 K)  
-  $U \geq -10 \text{ mV}$  (Typ E bei -270 K)  
Leitungsbruch und Kurzschluss führen zu plausiblen Temperaturmessungen und wurden als gefährlich unerkannt eingestuft. Es gelten spezielle Werte, siehe Tabelle 3.2. Falls Sie einen Messumformer mit Leitungsfehlererkennung verwenden, gelten die Werte für normale 2-Draht-Anwendungen.

Für die Auswertung wurden alle Abweichungen des Eingangssignals als gefährlich unentdeckt eingestuft, wenn die Abweichungen

- den spezifizierten Leckstrom überschreiten oder
- den Leitungswiderstand um mehr als 0,5 Ω vergrößern.

Der Anwender muss den gültigen Bereich für die Signale in der Anwendung beachten und entsprechend reagieren, wenn dieser Bereich verlassen wird.

Die in der folgenden Tabelle angegebenen Werte sind für 2-Draht-, 3-Draht- oder 4-Draht-Anwendungen berechnet, da Feldgeräte in der Regel mit mehr als einer Leitung verbunden werden. Addieren Sie für die Berechnung die Zahlen aus der jeweiligen Spalte zu den Zahlen des Sicherheitskreises. Sie sind bereits für die jeweilige Anwendung zusammengefasst.

### Sicherheitsfunktion

Die Sicherheitsfunktion der Überspannungsschutz-Barriere besteht darin, sich wie ein Stück Kupferdraht zu verhalten, indem die Barriere das Prozesssignal durchlässt, ohne das Signal zu verändern.

### Reaktionszeit

Die Reaktionszeit ist  $< 1$  ms.



**Hinweis!**

Der Fehlermeldeausgang ist nicht sicherheitsrelevant.



**Hinweis!**

Weitere Informationen finden Sie in den entsprechenden Datenblättern.

### 3.4 Sicherheitskennwerte

#### 1oo1-Struktur

Parameter	Kennwerte			
Beurteilungstyp	vollständige Beurteilung			
Gerätetyp	A			
Betriebsart	Low Demand Mode oder High Demand Mode			
Sicherheitsfunktion <sup>1</sup>	Durchleitung des Signals			
HFT	0			
SIL <sup>2</sup>	3			
Geräte	M-LB-(Ex-)51**, M-LB-(Ex-)52**, M-LB-(Ex-)50**( .SP)			
	2-Draht	2-Draht (TC)	3-Draht	4-Draht
$\lambda_s$	16,8 FIT	0 FIT	14,9 FIT	19,8 FIT
$\lambda_{du}$	1,1 FIT	17,8 FIT	8,4 FIT	15,2 FIT
$\lambda_{dd}$	0 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT
$\lambda_{no\ effect}$	17,3 FIT	17,3 FIT	46 FIT	57,3 FIT
$\lambda_{total\ (safety\ function)}$	17,8 FIT	17,8 FIT	23,3 FIT	35 FIT
MTBF <sup>3</sup>	3247 Jahre	3252 Jahre	1646 Jahre	1236 Jahre
PFH	$1,05 \times 10^{-9}$ 1/h	$1,78 \times 10^{-8}$ 1/h	$8,44 \times 10^{-9}$ 1/h	$1,52 \times 10^{-8}$ 1/h
PFD <sub>avg</sub> für T <sub>1</sub> = 1 Jahr	$4,60 \times 10^{-6}$ 1/h	$1,69 \times 10^{-4}$ 1/h	$9,35 \times 10^{-5}$ 1/h	$1,44 \times 10^{-4}$ 1/h
PFD <sub>avg</sub> für T <sub>1</sub> = 2 Jahre	$9,20 \times 10^{-6}$ 1/h	$3,38 \times 10^{-4}$ 1/h	$1,87 \times 10^{-4}$ 1/h	$2,89 \times 10^{-4}$ 1/h
PFD <sub>avg</sub> für T <sub>1</sub> = 5 Jahre	$2,30 \times 10^{-5}$ 1/h	$8,46 \times 10^{-4}$ 1/h	$4,68 \times 10^{-4}$ 1/h	$7,22 \times 10^{-4}$ 1/h
PFD <sub>avg</sub> für T <sub>1</sub> = 10 Jahre	$4,60 \times 10^{-5}$ 1/h	$1,69 \times 10^{-3}$ 1/h	$9,35 \times 10^{-4}$ 1/h	$1,44 \times 10^{-3}$ 1/h
PTC	100 %	87 %	83 %	87 %
Reaktionszeit <sup>4</sup>	< 1 ms			

Tabelle 3.2

<sup>1</sup> Der sichere Zustand der Überspannungsschutz-Barriere hängt vom Anwendungsfall ab.

<sup>2</sup> Der maximale Sicherheitsintegritätslevel des Sicherheitskreises, in dem das Gerät verwendet wird, hängt von den Leistungswerten des gesamten Sicherheitskreises oder der Elemente des Sicherheitskreises ab. Siehe Kapitel 7.

<sup>3</sup> nach SN29500. Dieser Wert enthält Ausfälle, die nicht Teil der Sicherheitsfunktion sind/MTTR = 24 h.

<sup>4</sup> Zeit zwischen Fehlererkennung und Fehlerreaktion

Die Sicherheitskennwerte wie PFD, PFH, SFF, HFT und T<sub>1</sub> wurden dem FMEDA-Bericht entnommen. Beachten Sie, dass PFD und T<sub>1</sub> voneinander abhängig sind.

Die Funktion der Geräte muss innerhalb des Wiederholungsprüfungs-Intervalls (T<sub>1</sub>) überprüft werden.

### 3.5 Gebrauchsdauer

Obwohl, basierend auf einer probabilistischen Schätzung, eine konstante Ausfallrate angenommen wird, gilt diese nur unter der Voraussetzung, dass die Gebrauchsdauer der Bauteile nicht überschritten wird. Das Ergebnis dieser probabilistischen Schätzung ist nur bis zum Erreichen der Gebrauchsdauer gültig, da die Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls danach signifikant zunimmt. Diese Gebrauchsdauer hängt in hohem Maße vom Bauteil selbst und dessen Betriebsbedingungen ab – insbesondere von der Temperatur. Beispielsweise können Elektrolyt-Kondensatoren sehr empfindlich auf die Betriebstemperatur reagieren.

Diese Annahme einer konstanten Ausfallrate basiert auf dem Verlauf einer Badewannenkurve, welcher für elektronische Bauteile typisch ist.

Daher ist es verständlich, dass diese Ausfallberechnung nur für Bauteile gilt, die diesen konstanten Bereich aufweisen, und dass die Gültigkeit der Berechnung auf die Gebrauchsdauer jedes Bauteils beschränkt ist.

Es wird angenommen, dass frühe Ausfälle zum Großteil während der Installation festgestellt werden und dass daher eine konstante Ausfallrate während der Gebrauchsdauer gilt.

Jedoch sollte sich nach IEC/EN 61508-2 die Annahme einer Gebrauchsdauer an allgemeingültigen Erfahrungswerten orientieren. Die Erfahrung zeigt, dass die Gebrauchsdauer oft in einem Bereich zwischen acht und zwölf Jahren liegt.

Nach DIN EN 61508-2:2011 Anmerkung N3 können geeignete Maßnahmen des Herstellers und des Anlagenbetreibers die Gebrauchsdauer verlängern.

Unserer Erfahrung nach kann die Gebrauchsdauer eines Produkts von Pepperl+Fuchs länger sein, wenn die Umgebungsbedingungen eine lange Gebrauchsdauer unterstützen, z. B. wenn die Umgebungstemperatur deutlich unter 60 °C liegt.

Beachten Sie, dass sich die Gebrauchsdauer auf die (konstante) Ausfallrate des Geräts bezieht. Die tatsächliche Lebensdauer kann höher sein.

## 4 **Montage und Installation**



### Gerät montieren und installieren

1. Beachten Sie die Sicherheitshinweise in der Betriebsanleitung.
2. Beachten Sie die Informationen im Handbuch.
3. Beachten Sie die Anforderungen an den Sicherheitskreis.
4. Schließen Sie das Gerät ausschließlich an Geräte an, die für die Sicherheitsanwendung geeignet sind.
5. Prüfen Sie die Sicherheitsfunktion, um das erwartete Verhalten des Ausgangs sicherzustellen.

### 4.1 **Konfiguration**

Eine Konfiguration des Geräts ist weder erforderlich noch möglich.

## 5 Betrieb



### **Gefahr!**

Lebensgefahr durch fehlende Sicherheitsfunktion

Wenn der Sicherheitskreis außer Betrieb genommen wird, ist die Sicherheitsfunktion nicht mehr gewährleistet.

- Deaktivieren Sie nicht das Gerät.
- Umgehen Sie nicht die Sicherheitsfunktion.
- Reparieren, verändern oder manipulieren Sie nicht das Gerät.



### Gerät betreiben

1. Beachten Sie die Sicherheitshinweise in der Betriebsanleitung.
2. Beachten Sie die Informationen im Handbuch.
3. Verwenden Sie das Gerät ausschließlich mit Geräten, die für die Sicherheitsanwendung geeignet sind.
4. Beheben Sie alle auftretenden sicheren Ausfälle innerhalb von 24 Stunden. Treffen Sie Maßnahmen, um die Sicherheitsfunktion zu erhalten, während das Gerät repariert wird.

## 5.1 Wiederholungsprüfung

Führen Sie eine Wiederholungsprüfung nach IEC/EN 61508-2 durch, um potenziell gefährliche Ausfälle zu entdecken, die sonst nicht erkannt werden.

Prüfen Sie die Funktion des Teilsystems in periodischen Zeitabständen in Abhängigkeit von der angewendeten  $PFD_{avg}$  in Übereinstimmung mit den Sicherheitskennwerten.  
Siehe Kapitel 3.4.

Der Anlagenbetreiber ist verantwortlich, die Art der Wiederholungsprüfung und den Zeitabstand zwischen den Wiederholungsprüfungen zu definieren.

Benötigte Ausrüstung:

- 2 Digitalmultimeter mit einer Genauigkeit von 0,1 %
- Variable Versorgung 0 V DC ... 50 V DC und Strombegrenzung



### Ablauf der Wiederholungsprüfung

1. Nehmen Sie den gesamten Sicherheitskreis außer Betrieb. Schützen Sie die Anwendung durch andere Maßnahmen.
2. Bauen Sie einen Testaufbau auf, siehe Abbildungen unten.
3. Testen Sie das Gerät in der Anwendung, in der das Gerät verwendet wird.
4. Setzen Sie das Gerät nach der Prüfung auf die ursprünglichen Einstellungen für die Anwendung zurück.



### Leckstrommessung

Gerät	Schritt	Messung	Erwartetes Ergebnis
M-LB-(Ex-)5*42	1	30 V zwischen den Anschlussklemmen 3 und 4	Leckstrom kleiner 3 $\mu$ A
M-LB-(Ex-)5*44	1 2 3	30 V zwischen den Anschlussklemmen 3 und 4 30 V zwischen den Anschlussklemme 3 und Masse 30 V zwischen den Anschlussklemme 4 und Masse	Leckstrom kleiner 6 $\mu$ A
M-LB-(Ex-)5*12	1	1 V zwischen den Anschlussklemmen 3 und 4	Leckstrom kleiner 5 $\mu$ A
M-LB-(Ex-)5*14	1 2 3	1 V zwischen den Anschlussklemmen 3 und 4 1 V zwischen den Anschlussklemme 3 und Masse 1 V zwischen den Anschlussklemme 4 und Masse	Leckstrom kleiner 5 $\mu$ A
M-LB-(Ex-)5*41	1	15 V zwischen den Anschlussklemmen 3 und 4	Leckstrom kleiner 3 $\mu$ A
M-LB-(Ex-)5*43	1 2	15 V zwischen den Anschlussklemmen 3 und 4 15 V zwischen den Anschlussklemme 3 und Masse	Leckstrom kleiner 6 $\mu$ A
M-LB-(Ex-)5*11	1	1 V zwischen den Anschlussklemmen 3(+) und 4(-)	Leckstrom kleiner 5 $\mu$ A
M-LB-(Ex-)5*13	1 2	1 V zwischen den Anschlussklemmen 3(+) und 4(-) 1 V zwischen den Anschlussklemme 3(+) und Masse(-)	Leckstrom kleiner 5 $\mu$ A

Tabelle 5.1

### Widerstandsmessung

Gerät	Schritt	Messung	Erwartetes Ergebnis
M-LB-(Ex-)5**1 M-LB-(Ex-)5**2	1	Widerstand zwischen den Anschlussklemmen 1 und 4	Widerstand kleiner 0,5 $\Omega$
M-LB-(Ex-)5**3 M-LB-(Ex-)5**4	1 2	Widerstand zwischen den Anschlussklemmen 1 und 4 Widerstand zwischen den Anschlussklemmen 2 und 3	Widerstand kleiner 0,5 $\Omega$

Tabelle 5.2

## 6 Wartung und Reparatur



### **Gefahr!**

Lebensgefahr durch fehlende Sicherheitsfunktion

Wenn der Sicherheitskreis außer Betrieb genommen wird, ist die Sicherheitsfunktion nicht mehr gewährleistet.

- Deaktivieren Sie nicht das Gerät.
- Umgehen Sie nicht die Sicherheitsfunktion.
- Reparieren, verändern oder manipulieren Sie nicht das Gerät.



### Gerät warten, reparieren oder austauschen

Im Fall einer Wartung, Reparatur oder eines Austausches des Geräts gehen Sie wie folgt vor:

1. Erstellen Sie geeignete Wartungspläne für die regelmäßige Wartung des Sicherheitskreises.
2. Stellen Sie die korrekte Funktion der Sicherheitskreises sicher, während das Gerät gewartet, repariert oder ausgetauscht wird.  
Wenn der Sicherheitskreis ohne das Gerät nicht funktioniert, schalten Sie die Anwendung ab. Schalten Sie die Anwendung nicht wieder ohne die entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen ein.  
Sichern Sie die Anwendung gegen versehentliches Wiedereinschalten.
3. Reparieren Sie kein defektes Gerät. Lassen Sie das Gerät immer durch den Hersteller reparieren.
4. Ersetzen Sie ein defektes Gerät nur durch ein Gerät des gleichen Typs.

## 7 Anwendungsbeispiele

In diesem Kapitel wird gezeigt, wie eine Überspannungsschutz-Barriere in einen Sicherheitskreis integriert wird.

### Integration einer Überspannungsschutz-Barriere in einen Sicherheitskreis

Um die sicherheitsrelevanten Werte eines Sicherheitskreises mit niedriger Anforderungsrate zu definieren und zu berechnen, müssen Sie vorher die folgenden Basisparameter bestimmen:

1. die Signalcharakteristik des Sicherheitskreises: analog oder binär,
2. die Signalrichtung Sicherheitskreises aus der Perspektive der sicherheitsgerichteten speicherprogrammierbaren Steuerung (SSPS): Eingang oder Ausgang,
3. der sichere Zustand des Feldgeräts, welchem die Überspannungsschutz-Barriere zugewiesen werden soll,
4. die Betriebsart: Low Demand Mode, High Demand Mode oder Continuous Mode
5. die benötigte SIL-Einstufung des Sicherheitskreises.

Nachdem Sie den Sicherheitskreis definiert haben, ordnen Sie dem Feldgerät eine Überspannungsschutz-Barriere zu. Erstellen Sie eine prinzipielle Übersicht, wie unten gezeigt.

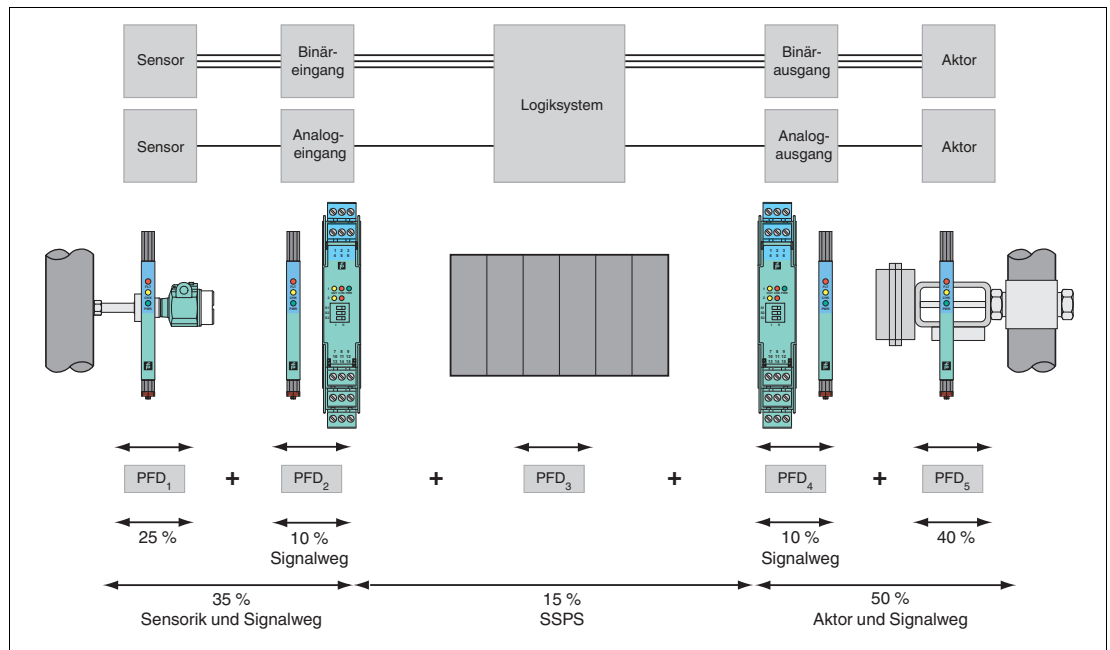


Abbildung 7.1 Beispiel eines vollständigen Sicherheitskreises mit zugeordneten Überspannungsschutz-Barrieren

Grundsätzlich müssen die Leistungswerte der Überspannungsschutz-Barrieren zu den Leistungswerten des Feldgeräts oder der sicherheitsgerichtete speicherprogrammierbare Steuerung (SSPS) addiert werden. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Überspannungsschutz-Barriere ein Bestandteil dieses Geräts ist. Überprüfen Sie mit diesen neuen Werten, ob die notwendige SIL-Einstufung erreicht werden kann.

Im folgenden Abschnitt finden Sie Beispiele für die verschiedenen Anwendungsfälle.

## Beispiel 1 - Binäreingang - Signale nach NAMUR NE 22

Falls Sie einen Standard-Schaltverstärker von Pepperl+Fuchs verwenden, ist es möglich, einen Sicherheitskreis mit niedriger Anforderungsrate mit binärem Eingangssignal mit SIL 2 nach NAMUR NE 22 zu implementieren. Eine Beispielkonfiguration wäre Schaltverstärker KCD2-SR-Ex1.LB mit Überspannungsschutz-Barriere M-LB -Ex-5\*\*\*.

Basisparameter:

1. Signalcharakteristik des Sicherheitskreises: 2-Draht-Anwendung
2. Signalrichtung Sicherheitskreises aus der Perspektive der sicherheitsgerichteten speicherprogrammierbaren Steuerung (SSPS): Eingang
3. sicherer Zustand des Feldgeräts, welchem die Überspannungsschutz-Barriere zugewiesen werden soll: spannungsfrei
4. benötigte SIL-Einstufung des Sicherheitskreises: SIL 2

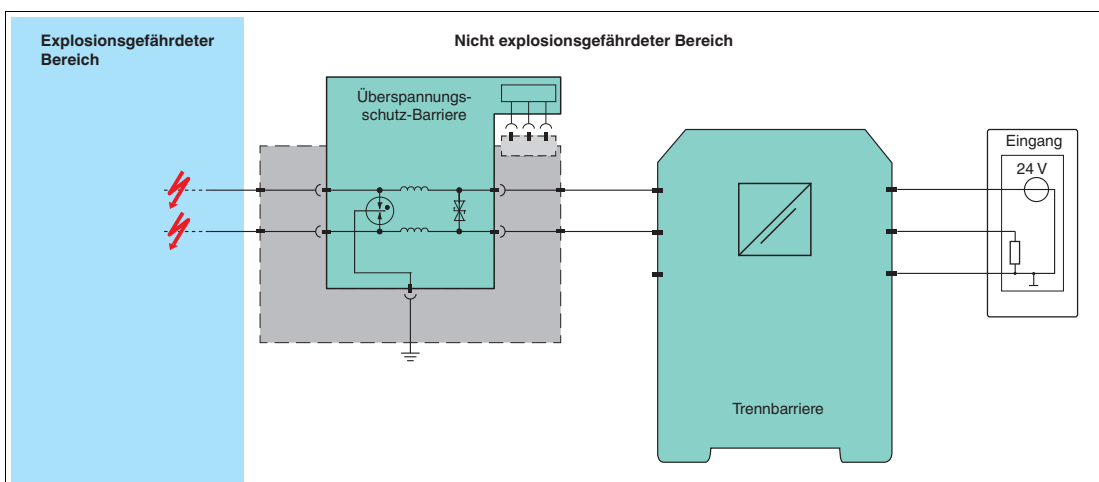


Abbildung 7.2 Beispielkonfiguration bestehend aus Überspannungsschutz-Barriere und Trennbarriere

### Berechnung der SIL-Einstufung des Sicherheitskreises

- Der SFF-Wert des Sicherheitskreises ist wie für Typ-A-Komponenten gefordert > 60 %.
- Optimalerweise beansprucht die Kombination aus Überspannungsschutz-Barriere und Trennbarriere 10 % des  $PFD_{avg}$ -Gesamtwertes von maximal  $1 \times 10^{-2}$ . Das entspricht einem  $PFD_{avg}$ -Wert von maximal  $< 1 \times 10^{-3}$ .

Die Trennbarriere KCD2-SR-Ex1.LB hat die folgenden Leistungswerte:

$\lambda_{total}$	254 FIT
$PFD_{avg}$ für $T_1 = 1$ Jahr	$2,05 \times 10^{-4}$
SFF	81,5 %

Tabelle 7.1

Verwenden Sie für die Berechnung von  $\lambda_{du}$  der Trennbarriere die  $PFD_{avg}$ -Formel nach IEC 61508:

- $PFD_{avg} = 1/2 \times \lambda_{du} \times T_1$
- $\lambda_{du} = 2 \times PFD_{avg} / T_1 = 2 \times 2,05 \times 10^{-4} / 8760 [h] = 47 \text{ FIT}$

Die dazu passende Überspannungsschutz-Barriere M-LB-Ex-5\*\*\* hat die folgenden Leistungswerte:

$\lambda_{\text{total}}$	17,8 FIT
$\lambda_{\text{du}}$	1,1 FIT

Tabelle 7.2

Der nächste Schritt besteht darin, die Überspannungsschutz-Barriere der Trennbarriere zuzuordnen, indem Sie die Gesamtausfallraten beider Komponenten addieren.

- $\sum \lambda_{\text{total}} = \lambda_{\text{Trennbarriere}} + \dots + \lambda_{\text{Überspannungsschutz-Barriere}}$
- $\sum \lambda_{\text{total}} = 254 \text{ FIT} + 17,8 \text{ FIT} \approx 272 \text{ FIT}$

Das gleiche gilt für die gefährlichen unentdeckten Ausfallraten beider Geräte.

- $\sum \lambda_{\text{du}} = \lambda_{\text{du/Trennbarriere}} + \dots + \lambda_{\text{du/Überspannungsschutz-Barriere}}$
- $\sum \lambda_{\text{du}} = 47 \text{ FIT} + 1,1 \text{ FIT} \approx 48 \text{ FIT}$

Verwenden Sie diese Werte für die Berechnung von SFF und  $\text{PFD}_{\text{avg}}$  für die Kombination aus beiden Geräten.

- $\text{SFF} = 1 - (\lambda_{\text{du}} / \lambda_{\text{total}})$
- $\text{SFF} = 1 - (48 \text{ FIT} / 272 \text{ FIT}) = 82 \%$
- $\text{PFD}_{\text{avg}_1\text{y}} = 1/2 \times \lambda_{\text{du}} \times 8760 \text{ [h]} \text{ (5)}$
- $\text{PFD}_{\text{avg}_1\text{y}} = 1/2 \times 48 \text{ FIT} \times 8760 \text{ [h]} = 2,10 \times 10^{-4}$

Die folgende Tabelle fasst die Ergebnisse der Berechnungen zusammen:

$\lambda_{\text{total}}$	272 FIT
$\lambda_{\text{du}}$	48 FIT
$\text{PFD}_{\text{avg}}$ für $T_1 = 1 \text{ Jahr}$	$2,10 \times 10^{-4}$
SFF	82 %

Tabelle 7.3

Die Anforderungen an einen SIL 2-Sicherheitskreis für diese spezielle Kombination sind vollständig erfüllt.

## Beispiel 2 - Binärausgang – Ventilsteuerbausteine

Die Geräte von Pepperl+Fuchs mit Binärausgang werden in 2 Gruppen eingeteilt – schleifengespeiste Geräte und busgespeiste Geräte.

Die Berechnung für beide Gruppen ist identisch, mit der Ausnahme, dass die Werte des Ventilsteuerbausteins unterschiedlich sein können. Die Berechnungsmethode ist identisch mit der Methode im vorherigen Beispiel.

Basisparameter:

1. Signalcharakteristik des Sicherheitskreises: 2-Draht-Anwendung
2. Signalrichtung Sicherheitskreises aus der Perspektive der sicherheitsgerichteten speicherprogrammierbaren Steuerung (SSPS): Ausgang
3. sicherer Zustand des Feldgeräts, welchem die Überspannungsschutz-Barriere zugewiesen werden soll: spannungsfrei
4. benötigte SIL-Einstufung des Sicherheitskreises: SIL 2

Die Trennbarriere hat die folgenden Leistungswerte:

$\lambda_{total}$	714 FIT
$\lambda_{du}$	10,3 FIT
PFD <sub>avg</sub> für T <sub>1</sub> = 1 Jahr	4,51 x 10 <sup>-5</sup>
SFF	98,5 %

Tabelle 7.4

Die dazu passende Überspannungsschutz-Barriere M-LB-Ex-5\*\*\* hat die folgenden Leistungswerte:

$\lambda_{total}$	17,8 FIT
$\lambda_{du}$	1,1 FIT

Tabelle 7.5

Verwenden Sie diese Werte für die Berechnung von SFF und PFD<sub>avg</sub> für die Kombination aus beiden Geräten. Verwenden Sie die PFD<sub>avg</sub>-Formel nach IEC 61508, siehe oben.

Die folgende Tabelle fasst die Ergebnisse der Berechnungen zusammen:

$\lambda_{total}$	732 FIT
$\lambda_{du}$	11,4 FIT
PFD <sub>avg</sub> für T <sub>1</sub> = 1 Jahr	4,99 x 10 <sup>-5</sup>
SFF	98,6 %

Tabelle 7.6

Die Anforderungen an einen SIL 2-Sicherheitskreis für diese spezielle Kombination sind vollständig erfüllt.

### Beispiel 3 - Analogeingang – 4 mA ... 20 mA-Signale

Basisparameter:

1. Signalcharakteristik des Sicherheitskreises: analoge 2-Draht-Anwendung
2. Signalrichtung Sicherheitskreises aus der Perspektive der sicherheitsgerichteten speicherprogrammierbaren Steuerung (SSPS): Eingang
3. sicherer Zustand des Feldgeräts, welchem die Überspannungsschutz-Barriere zugewiesen werden soll: Ausgangssignal < 4 mA bzw. > 20 mA
4. benötigte SIL-Einstufung des Sicherheitskreises: SIL 3

Die Trennbarriere KCD2-STC-Ex1 hat die folgenden Leistungswerte:

$\lambda_{total}$	348 FIT
$\lambda_{du}$	67 FIT
PFD <sub>avg</sub> für T <sub>1</sub> = 1 Jahr	2,93 x 10 <sup>-4</sup>
SFF	80,8 %

Tabelle 7.7

Die dazu passende Überspannungsschutz-Barriere M-LB-Ex-5\*\*\* hat die folgenden Leistungswerte:

$\lambda_{total}$	17,8 FIT
$\lambda_{du}$	1,1 FIT

Tabelle 7.8

Verwenden Sie diese Werte für die Berechnung von SFF und PFD<sub>avg</sub> für die Kombination aus beiden Geräten. Verwenden Sie die PFD<sub>avg</sub>-Formel nach IEC 61508, siehe oben.

Die folgende Tabelle fasst die Ergebnisse der Berechnungen zusammen:

$\lambda_{total}$	366 FIT
$\lambda_{du}$	68 FIT
PFD <sub>avg</sub> für T <sub>1</sub> = 1 Jahr	2,98 x 10 <sup>-4</sup>
SFF	81,4 %

Tabelle 7.9

Die Anforderungen an einen SIL 3-Sicherheitskreis für diese spezielle Kombination sind vollständig erfüllt.

## 8 Abkürzungsverzeichnis

<b>PLS</b>	Prozessleitsystem
<b>ESD</b>	Emergency <b>Shut</b> down (Notabschaltung)
<b>FIT</b>	Failure In Time (Ausfälle pro Zeit) in $10^{-9}$ 1/h
<b>FMEDA</b>	Failure <b>M</b> ode, <b>E</b> ffects, and <b>D</b> iagnostics <b>A</b> nalysis (Ausfallarten-, Ausfalleinfluss- und -Ausfallaufdeckungsanalyse)
$\lambda_s$	Wahrscheinlichkeit eines sicheren Ausfalls
$\lambda_d$	Wahrscheinlichkeit eines gefährbringenden Ausfalls
$\lambda_{no\ effect}$	Wahrscheinlichkeit von Ausfällen von Elementen im Sicherheitsregelkreis, die keine Auswirkung auf die Sicherheitsfunktion haben Der Ausfall ohne Auswirkung wird in der Berechnung von SFF nicht berücksichtigt.
$\lambda_{not\ part}$	Wahrscheinlichkeit von Ausfällen von Elementen, die nicht zum Sicherheitsregelkreis gehören
$\lambda_{total\ (safety\ function)}$	Sicherheitsfunktion
<b>HFT</b>	Hardware <b>F</b> ault <b>T</b> olerance (Hardware-Fehlertoleranz)
<b>MTBF</b>	Mean Time <b>B</b> etween <b>F</b> ailures (mittlere Betriebsdauer zwischen Ausfällen)
<b>MTTF<sub>d</sub></b>	Mean Time <b>T</b> o dangerous <b>F</b> ailures (mittlere Zeit bis zum Auftreten eines gefährbringenden Ausfalls)
<b>MTTR</b>	Mean Time <b>T</b> o <b>R</b> estoration (mittlere Dauer bis zur Wiederherstellung)
<b>PFD<sub>avg</sub></b>	Average <b>P</b> robability of <b>F</b> ailure on <b>D</b> emand (mittlere Wahrscheinlichkeit eines gefährbringenden Ausfalls bei Anforderung)
<b>PFH</b>	Average frequency of dangerous failure (mittlere Häufigkeit eines gefährbringenden Ausfalls je Stunde)
<b>PTC</b>	Proof <b>T</b> est <b>C</b> overage (Anteil der aufdeckbaren Ausfälle)
<b>SC</b>	Systematic <b>C</b> apability (systematische Eignung)
<b>SFF</b>	Safe <b>F</b> ailure <b>F</b> raction (Anteil sicherer Ausfälle)
<b>SIF</b>	Safety Instrumented <b>F</b> unction (sicherheitstechnische Funktion)
<b>SIL</b>	Safety Integrity <b>L</b> evel (Sicherheits-Integritätslevel)
<b>SIS</b>	Safety Instrumented <b>S</b> ystem (sicherheitstechnisches System)
<b>T<sub>1</sub></b>	Proof Test Interval (Wiederholungsprüfungs-Intervall)





# PROZESSAUTOMATION – PROTECTING YOUR PROCESS



## Zentrale weltweit

Pepperl+Fuchs GmbH  
68307 Mannheim · Germany  
Tel. +49 621 776-0  
E-mail: [info@de.pepperl-fuchs.com](mailto:info@de.pepperl-fuchs.com)

Ihren Ansprechpartner vor Ort finden  
Sie unter [www.pepperl-fuchs.com/contact](http://www.pepperl-fuchs.com/contact)

[www.pepperl-fuchs.com](http://www.pepperl-fuchs.com)

Änderungen vorbehalten  
Copyright PEPPERL+FUCHS • Printed in Germany

 **PEPPERL+FUCHS**  
*PROTECTING YOUR PROCESS*

DOCT-5661A  
03/2018