

**Funktionale Sicherheit**

**Schaltverstärker**

**KFD2-SH-Ex1(.T)(.OP),  
KHA6-SH-Ex1**

**Handbuch**



**CE SIL 3 PL d**

---

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

**Weltweit**

Pepperl+Fuchs-Gruppe

Lilienthalstr. 200

68307 Mannheim

Deutschland

Telefon: +49 621 776 - 0

E-Mail: [info@de.pepperl-fuchs.com](mailto:info@de.pepperl-fuchs.com)

<https://www.pepperl-fuchs.com>

---

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>5</b>
1.1	Inhalt des Dokuments .....	5
1.2	Sicherheitsinformationen .....	6
1.3	Verwendete Symbole .....	7
<b>2</b>	<b>Produktbeschreibung</b> .....	<b>8</b>
2.1	Funktion .....	8
2.2	Schnittstellen .....	9
2.3	Kennzeichnung .....	9
2.4	Normen und Richtlinien für Funktionale Sicherheit .....	9
<b>3</b>	<b>Planung</b> .....	<b>10</b>
3.1	Systemstruktur .....	10
3.2	Annahmen .....	11
3.3	Sicherheitsfunktion und sicherer Zustand .....	12
3.4	Sicherheitskennwerte .....	13
3.5	Gebrauchsdauer .....	16
<b>4</b>	<b>Montage und Installation</b> .....	<b>18</b>
4.1	Konfiguration .....	18
<b>5</b>	<b>Betrieb</b> .....	<b>19</b>
5.1	Wiederholungsprüfung .....	19
<b>6</b>	<b>Liste der bewerteten Sensoren</b> .....	<b>22</b>
<b>7</b>	<b>Wartung und Reparatur</b> .....	<b>23</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).

---



### Hinweis!

Sie finden spezifische Geräteinformationen wie z. B. das Baujahr, indem Sie den QR-Code auf dem Gerät scannen. Alternativ geben Sie die Seriennummer in der Seriennummersuche unter [www.pepperl-fuchs.com](http://www.pepperl-fuchs.com) ein.

---

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, können 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

#### Allgemein

Das Gerät ist ein Sicherheitsbauteil nach Maschinenrichtlinie 2006/42/EG.

Diese Trennbarriere eignet sich für eigensichere Anwendungen.

Das Gerät überträgt binäre Signale von SN/S1N-Sicherheitssensoren oder zugelassenen mechanischen Kontakten aus dem explosionsgefährdeten Bereich in den nicht explosionsgefährdeten Bereich.

Anders als bei einem Näherungssensor der Serie SN/S1N muss bei einem mechanischen Kontakt ein 10 k $\Omega$ -Widerstand über den Kontakt gelegt werden, zusätzlich zu einem 1,5 k $\Omega$ -Widerstand in Serie.

Der Steuerstromkreis wird kontinuierlich auf Leitungsunterbrechung (LB) und Leitungskurzschluss (LK) überwacht.

Im Fehlerfall wird der Fehlermeldeausgang aktiviert, während die Ausgänge I und II abfallen.

Für Sicherheitsanwendungen bis SIL 3 muss Ausgang I verwendet werden.

Für Sicherheitsanwendungen bis SIL 2 können Ausgang I und Ausgang II verwendet werden.

Das Gerät ist für die Montage auf einer 35-mm-Hutschiene nach EN 60715 konzipiert.

#### KFD2-SH-Ex1, KHA6-SH-Ex1

Der Eingang steuert 1 Relaiskontaktausgang mit 3 Schließerkontakten (einen in Serie zu den beiden Ausgangsrelais für die Sicherheitsfunktion), 1 Relaiskontaktausgang mit 1 Schließerkontakt und 1 passiven Transistorausgang (Fehlermeldeausgang).

#### KFD2-SH-Ex1.T

Der Eingang steuert 1 aktiven Spannungsausgang und 1 Relaiskontaktausgang mit Schließerkontakt.

#### KFD2-SH-Ex1.T.OP

Der Eingang steuert 1 aktiven Spannungsausgang und 1 Relaiskontaktausgang mit Schließerkontakt.

Das Gerät kann nur über das Power Rail versorgt werden.



## 2.2 Schnittstellen

Das Gerät besitzt die folgenden Schnittstellen.

- Sicherheitsrelevante Schnittstellen: Eingang, Ausgang I, Ausgang II
- Nicht sicherheitsrelevante Schnittstellen: Fehlermeldeausgang, Stromversorgung



### Hinweis!

Informationen zu den entsprechenden Anschlüssen finden Sie im Datenblatt.

## 2.3 Kennzeichnung

Pepperl+Fuchs-Gruppe Lilienthalstraße 200, 68307 Mannheim, Deutschland
---

Internet: <a href="http://www.pepperl-fuchs.com">www.pepperl-fuchs.com</a>
--

KFD2-SH-Ex1, KFD2-SH-Ex1.T, KFD2-SH-Ex1.T.OP, KHA6-SH-Ex1
---

Bis SIL 3 Bis PL d
-----------------------

## 2.4 Normen und Richtlinien für Funktionale Sicherheit

### Gerätespezifische Normen und Richtlinien

Funktionale Sicherheit	IEC/EN 61508, Teil 1 – 2, Ausgabe 2010: Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme (Hersteller)
------------------------	---

Maschinenrichtlinie 2006/42/EG	EN/ISO 13849-1:2023: Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze IEC/EN 62061:2021: Sicherheit von Maschinen – Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener Steuerungssysteme
-----------------------------------	--

### Systemspezifische Normen und Richtlinien

Funktionale Sicherheit	IEC 61511-1:2016+COR1:2016+A1:2017 EN 61511-1:2017+A1:2017 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<sub>avg</sub>-Wert (Average Probability of dangerous Failure on Demand (mittlere Wahrscheinlichkeit eines gefahrbringenden Ausfalls bei Anforderung)) und den T<sub>1</sub>-Wert (Wiederholungsprüfungs-Intervall, das den PFD<sub>avg</sub>-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 sicherheitsbezogenen 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:

- Der Fehlermeldeausgang, der Leitungsbruch oder Leitungskurzschluss in den Feldstromkreisen meldet, wird bei der FMEDA und in den Berechnungen nicht berücksichtigt.
- Verwenden Sie bei den Geräten KFD2-SH-Ex1 und KHA6-SH-Ex1 an Ausgang I die 3 redundanten Relaiskontakte, um die notwendige Redundanz sicherzustellen.
- Die Ausfallrate basiert auf dem Siemens-Standard SN 29500.
- Die Ausfallraten sind konstant, Verschleiß wird nicht berücksichtigt.
- Die Ausfallraten der externen Stromversorgung sind nicht enthalten.
- Das sicherheitsbezogene Gerät gilt als Gerät des Typs **A** mit einer Hardware-Fehlertoleranz von **0**.
- Beachten Sie die Einschränkungen der Gebrauchsdauer der Ausgangsrelais.
- 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.

### Anwendungen nach IEC/EN 61508

Wenn Sie Ausgang I des Geräts benutzen, können Sie SIL 3 nach IEC 61508 erreichen.

- Um einen SIL-Sicherheitskreis für den definierten SIL aufzubauen, wird beispielhaft angenommen, dass dieses Gerät 10 % des verfügbaren Budgets für  $PFD_{avg}/PFH$  nutzt.
- Für eine SIL 3-Anwendung im Low Demand Mode sollte der  $PFD_{avg}$ -Gesamtwert der SIF (**S**afety **I**nstrumented **F**unction) unter  $10^{-3}$  liegen. Der maximal zulässige  $PFD_{avg}$ -Wert wäre somit  $10^{-4}$ .
- Für eine SIL 3-Anwendung im High Demand Mode sollte der PFH-Gesamtwert der SIF unter  $10^{-7}$  pro Stunde liegen. Der maximal zulässige PFH-Wert wäre somit  $10^{-8}$  pro Stunde.
- Da der Sicherheitskreis über eine Hardware-Fehlertoleranz von **0** verfügt und es sich um ein Gerät des Typs **A** handelt, muss der SFF-Wert nach Tabelle 2 in IEC/EN 61508-2 für SIL 3-(Teil-)Systeme über 90 % liegen.

Wenn Sie Ausgang I oder Ausgang II des Geräts benutzen, können Sie SIL 2 nach IEC 61508 erreichen.

- Um einen SIL-Sicherheitskreis für den definierten SIL aufzubauen, wird beispielhaft angenommen, dass dieses Gerät 10 % des verfügbaren Budgets für  $PFD_{avg}/PFH$  nutzt.
- Für eine SIL 2-Anwendung im Low Demand Mode sollte der  $PFD_{avg}$ -Gesamtwert der SIF (**S**afety **I**nstrumented **F**unction) unter  $10^{-2}$  liegen. Der maximal zulässige  $PFD_{avg}$ -Wert wäre somit  $10^{-3}$ .
- Für eine SIL 2-Anwendung im High Demand Mode sollte der PFH-Gesamtwert der SIF unter  $10^{-6}$  liegen. Der maximal zulässige PFH-Wert wäre somit  $10^{-7}$  pro Stunde.
- Da der Sicherheitskreis über eine Hardware-Fehlertoleranz von **0** verfügt und es sich um ein Gerät des Typs **A** handelt, muss der SFF-Wert nach Tabelle 2 in IEC/EN 61508-2 für SIL 2-(Teil-)Systeme über 60 % liegen.

### Anwendungen nach IEC/EN 62061 und EN/ISO 13849-1

- Wenn Sie Ausgang I des Gerätes benutzen, können Sie das Gerät in Sicherheitsfunktionen bis PL d verwenden.
- Das Gerät wurde für die Verwendung in Sicherheitsfunktionen nach EN/ISO 13849-1 qualifiziert. Das Gerät erfüllt die Anforderungen von PL d und ist für Anwendungen in Kategorie 3 ausgelegt. Beachten Sie die Regeln in dieser Norm beim Aufbau von Sicherheitsfunktionen.

## 3.3 Sicherheitsfunktion und sicherer Zustand

### Sicherer Zustand

Der sichere Zustand des Ausgangs ist der spannungsfreie Zustand. Dieser Zustand wird erreicht, wenn sich der Eingang im niedrigen Zustand befindet.

### Sicherheitsfunktion

#### K\*\*\*-SH-Ex1

Das Gerät besitzt zwei Ausgänge, die für die Sicherheitsfunktion benutzt werden können. Ausgang I ist ein Relaisausgang, der für Anwendungen bis SIL 3 oder PL d ausgelegt ist. Ausgang II ist ein zusätzlicher Relaisausgang, der für Anwendungen bis SIL 2 ausgelegt ist.

#### KFD2-SH-Ex1.T(.OP)

Das Gerät besitzt zwei Ausgänge, die für die Sicherheitsfunktion benutzt werden können. Ausgang I ist ein elektronischer Ausgang, der für Anwendungen bis SIL 3 oder PL d ausgelegt ist. Ausgang II kann in Anwendungen bis SIL 2 verwendet werden.

### Leitungsfehlerüberwachung

Der Eingangsstromkreis aller Varianten wird überwacht. Die zugehörige Sicherheitsfunktion ist so definiert, dass die Ausgänge im niedrigen/spannungsfreien Zustand (sicherer Zustand) sind, wenn ein Leitungsfehler oder ein Kurzschluss des Sensors erkannt wird.

### Reaktionszeit

Die Reaktionszeit für alle Sicherheitsfunktionen ist < 30 ms.

---

### Hinweis!

Der Fehlermeldeausgang ist nicht sicherheitsrelevant.

---



### 3.4 Sicherheitskennwerte

#### KHA6-SH-Ex1

Parameter	Kennwerte	
Beurteilungstyp und Dokumentation	Vollständige Beurteilung	
Gerätetyp	A	
Betriebsart	Low Demand Mode oder High Demand Mode	
HFT	0 <sup>1</sup>	0
SIL	3	2
SC	3	3
Sicherheitsfunktion	Ausgang I ist spannungsfrei, wenn sich der Eingang im niedrigen Zustand befindet	Ausgang II ist spannungsfrei, wenn sich der Eingang im niedrigen Zustand befindet
$\lambda_s$	266 FIT	179 FIT
$\lambda_{du}$	0,6 FIT	51,9 FIT
$\lambda_{dd}$	76,8 FIT	50,4 FIT
$\lambda_{no\ effect}^2$	190 FIT	143 FIT
$\lambda_{total}$ (safety function)	289 FIT	280 FIT
SFF	99,8 %	81 %
MTBF <sup>3</sup>	214 Jahre	269 Jahre
MTTF <sub>d</sub>	1477 Jahre	–
DC <sub>d</sub>	99,2 % (hoch)	–
B10 <sub>d</sub>	250000	–
Kategorie (ISO 13849-1)	3	–
PL	d	–
PFH	$6,47 \times 10^{-10}$ 1/h	$5,19 \times 10^{-8}$ 1/h
PFD <sub>avg</sub> für T <sub>1</sub> = 1 Jahr	$2,83 \times 10^{-6}$	$2,27 \times 10^{-4}$
PFD <sub>avg</sub> für T <sub>1</sub> = 2 Jahre	$5,67 \times 10^{-6}$	$4,55 \times 10^{-4}$
PFD <sub>avg</sub> für T <sub>1</sub> = 5 Jahre	$1,42 \times 10^{-5}$	$1,14 \times 10^{-3}$
Reaktionszeit <sup>4</sup>	< 30 ms	< 30 ms

Tabelle 3.1

<sup>1</sup> Die redundanten Relais können als Elemente mit Hardwarefehler toleranz betrachtet werden. Für diese Berechnung wurden die redundanten Relais als Diagnose für das Relais mit einem DC-Wert von 99 % berücksichtigt, um Fehler mit gemeinsamer Ursache zu vermeiden.

<sup>2</sup> **Angekündigte Ausfälle** beeinflussen nicht direkt die Sicherheitsfunktion und werden daher dem Wert  $\lambda_{no\ effect}$  hinzugefügt.

<sup>3</sup> nach SN29500. Dieser Wert enthält die Ausfallraten der Gerätekomponenten, die Teil der Sicherheitsfunktion des Gerätes sind.

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

**KFD2-SH-Ex1**

Parameter	Kennwerte	
Beurteilungstyp und Dokumentation	Vollständige Beurteilung	
Gerätetyp	A	
Betriebsart	Low Demand Mode oder High Demand Mode	
HFT	0 <sup>1</sup>	0
SIL	3	2
SC	3	3
Sicherheitsfunktion	Ausgang I ist spannungsfrei, wenn sich der Eingang im niedrigen Zustand befindet	Ausgang II ist spannungsfrei, wenn sich der Eingang im niedrigen Zustand befindet
$\lambda_s$	237 FIT	203 FIT
$\lambda_{du}$	0.6 FIT	51.9 FIT
$\lambda_{dd}$	50.5 FIT	36.6 FIT
$\lambda_{no\ effect}$ <sup>2</sup>	215 FIT	156 FIT
$\lambda_{total}$ (safety function)	288 FIT	291 FIT
SFF	99,8 %	82 %
MTBF <sup>3</sup>	204 Jahre	254 Jahre
MTTF <sub>d</sub>	2240 Jahre	–
DC <sub>d</sub>	98,7 % (mittel)	–
B10 <sub>d</sub>	250000	–
Kategorie (ISO 13849-1)	3	–
PL	d	–
PFH	$6,47 \times 10^{-10}$ 1/h	$5,19 \times 10^{-8}$ 1/h
PFD <sub>avg</sub> für T <sub>1</sub> = 1 Jahr	$2,83 \times 10^{-6}$	$2,27 \times 10^{-4}$
PFD <sub>avg</sub> für T <sub>1</sub> = 2 Jahre	$5,67 \times 10^{-6}$	$4,55 \times 10^{-4}$
PFD <sub>avg</sub> für T <sub>1</sub> = 5 Jahre	$1,42 \times 10^{-5}$	$1,14 \times 10^{-3}$
Reaktionszeit <sup>4</sup>	< 30 ms	< 30 ms

Tabelle 3.2

<sup>1</sup> Die redundanten Relais können als Elemente mit Hardwarefehler toleranz betrachtet werden. Für diese Berechnung wurden die redundanten Relais als Diagnose für das Relais mit einem DC-Wert von 99 % berücksichtigt, um Fehler mit gemeinsamer Ursache zu vermeiden.

<sup>2</sup> **Angekündigte Ausfälle** beeinflussen nicht direkt die Sicherheitsfunktion und werden daher dem Wert  $\lambda_{no\ effect}$  hinzugefügt.

<sup>3</sup> nach SN29500. Dieser Wert enthält die Ausfallraten der Gerätekomponenten, die Teil der Sicherheitsfunktion des Gerätes sind.

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

**KFD2-SH-Ex1.T(OP)**

Parameter	Kennwerte	
Beurteilungstyp und Dokumentation	Vollständige Beurteilung	
Gerätetyp	A	
Betriebsart	Low Demand Mode oder High Demand Mode	
HFT	0	
SIL	3	2
SC	3	3
Sicherheitsfunktion	Ausgang I ist spannungsfrei, wenn sich der Eingang im niedrigen Zustand befindet	Ausgang II ist spannungsfrei, wenn sich der Eingang im niedrigen Zustand befindet
$\lambda_s$	181 FIT	194 FIT
$\lambda_{du}$	1.4 FIT	51.6 FIT
$\lambda_{dd}$	38.4 FIT	38.4 FIT
$\lambda_{no\ effect}^1$	195 FIT	130 FIT
$\lambda_{total}$ (safety function)	218 FIT	282 FIT
SFF	99,4 %	81 %
MTBF <sup>2</sup>	275 Jahre	276 Jahre
MTTF <sub>d</sub>	2860 Jahre	–
DC <sub>d</sub>	96,5 % (mittel)	–
B10 <sub>d</sub>	–	–
Kategorie (ISO 13849-1)	3	–
PL	d	–
PFH	$1,38 \times 10^{-9}$ 1/h	$5,16 \times 10^{-8}$ 1/h
PFD <sub>avg</sub> für T <sub>1</sub> = 1 Jahr	$6,04 \times 10^{-6}$	$2,26 \times 10^{-4}$
PFD <sub>avg</sub> für T <sub>1</sub> = 2 Jahre	$1,21 \times 10^{-5}$	$4,52 \times 10^{-4}$
PFD <sub>avg</sub> für T <sub>1</sub> = 5 Jahre	$3,02 \times 10^{-5}$	$1,13 \times 10^{-3}$
Reaktionszeit <sup>3</sup>	< 30 ms	< 30 ms

Tabelle 3.3

- <sup>1</sup> **Angekündigte Ausfälle** beeinflussen nicht direkt die Sicherheitsfunktion und werden daher dem Wert  $\lambda_{no\ effect}$  hinzugefügt.
- <sup>2</sup> nach SN29500. Dieser Wert enthält die Ausfallraten der Gerätekomponenten, die Teil der Sicherheitsfunktion des Gerätes sind.
- <sup>3</sup> Zeit zwischen Fehlererkennung und Fehlerreaktion.

Die charakteristischen Sicherheitskennwerte wie PFD, PFH, SFF, HFT und T<sub>1</sub> wurden dem FMEDA-Bericht und der Bewertungsdokumentation des Ausstellers entnommen. Bitte beachten Sie, dass PFD und T<sub>1</sub> voneinander abhängig sind. Die Funktion der Geräte muss innerhalb des Proof-Test-Intervalls (Intervall der Wiederholungsprüfung (T<sub>1</sub>)) überprüft werden.

Die Sicherheitskennwerte MTTF<sub>d</sub>, DC<sub>d</sub>, Kategorie und PL der Maschinenrichtlinie wurden dem Beurteilungsbericht und dem Zertifikat entnommen.

### 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 8 und 12 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 der maximalen Umgebungstemperatur liegt.

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



**Maximale Schaltleistung der Ausgangskontakte KFD2-SH-Ex1**

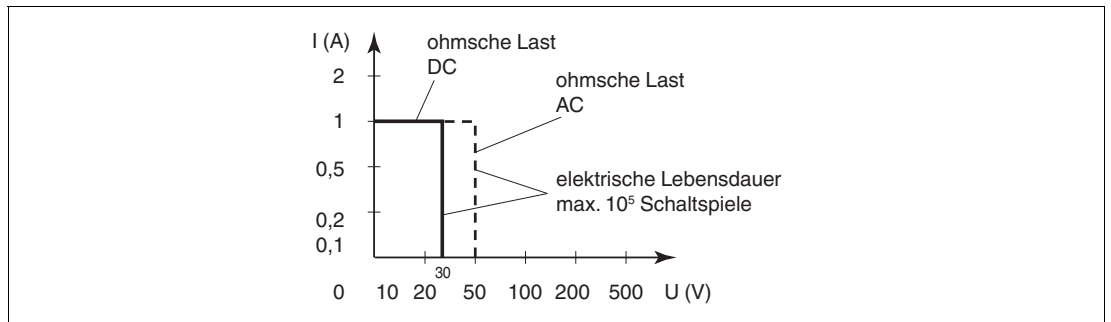


Abbildung 3.1

**Maximale Schaltleistung der Ausgangskontakte KHA6-SH-Ex1**

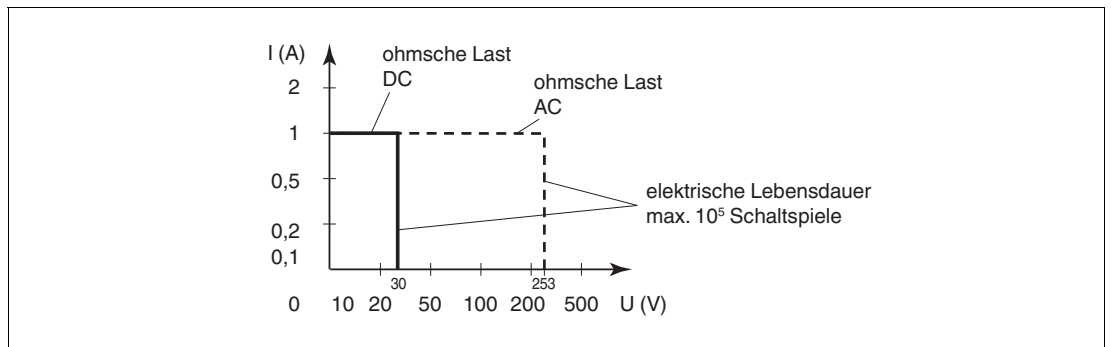


Abbildung 3.2

**Maximale Schaltleistung der Ausgangskontakte KFD2-SH-Ex1.T(OP)**

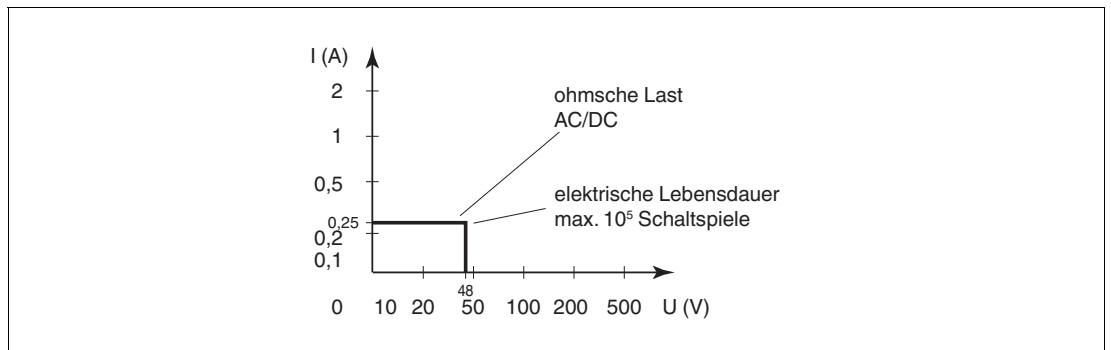


Abbildung 3.3

Die maximale Anzahl der Schaltzyklen hängt von der elektrischen Last ab und kann höher sein, wenn reduzierte Ströme und Spannungen angelegt werden.

## 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 8 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:

- Digitalmultimeter mit einer Genauigkeit besser 0,1 %  
Für den Proof-Test (Wiederholungsprüfung) muss auf der eigensicheren Seite der Geräte ein spezielles Digitalmultimeter für eigensichere Stromkreise verwendet werden.  
Eigensichere Stromkreise, die mit nicht eigensicheren Stromkreisen betrieben wurden, dürfen danach nicht mehr als eigensichere Stromkreise eingesetzt werden.
- Netzteil mit einer Nennspannung von 24 V DC.
- Potentiometer 4.7 k $\Omega$ .
- Widerstand 220  $\Omega$ /150 k $\Omega$ .
- Widerstand 1,3 k $\Omega$ /0,5 W (nur .T(.OP)-Variante).
- Widerstand 1 k $\Omega$ /1 W.



## Ablauf der Wiederholungsprüfung

1. Bauen Sie einen Testaufbau auf, siehe Abbildung unten.
2. Simulieren Sie den Status des Sensors
  - durch ein Potentiometer mit 4,7 k $\Omega$  (Schwelle für Normalbetrieb),
  - durch einen Widerstand mit 220  $\Omega$  (Leitungskurzschlusserkennung) und
  - durch einen Widerstand mit 150 k $\Omega$  (Leitungsbruchererkennung)
3. Schließen Sie eine Last von 1,33 k $\Omega$  an den Spannungsausgang des .T(.OP)-Gerätes an.
4. Versorgen Sie den Relaiskontaktausgang extern mit 24 V DC.  
Schließen Sie einen 1 k $\Omega$ -Widerstand als Last an den Relaiskontaktausgang an.  
Prüfen Sie mit einem Multimeter den Status (An).
5. Für die Variante mit Dreifach-Relais, prüfen Sie jedes einzelne Relais mit einem Multimeter, wenn der Aus-Status erreicht ist.
  - ↳ Die Eingangsschwelle muss zwischen 2,1 mA und 2,8 mA liegen.  
Die Hysterese muss zwischen 170  $\mu$ A und 250  $\mu$ A liegen (gemessen mit Multimeter am Eingang und Potentiometer).  
  
Wenn der Eingangsstrom die Schwelle überschreitet,
    - muss der Spannungsausgang aktiviert sein, die Spannung liegt höher als 20 V DC (nur .T(.OP)-Geräte),
    - muss der Relaiskontaktausgang geschlossen sein (ca. 24 mA über 1 k $\Omega$ ),
    - die gelbe LED muss leuchten.
6. Für die funktionale Sicherheit ist es wichtig, dass der Spannungsausgang **definitiv aus** ist (kleiner als 1 V DC) und jeder einzelne Relaiskontaktausgang **definitiv offen** ist (hohe Impedanz), wenn der Eingang unter dem unteren Schwellenwert liegt (typ. 2,5 mA) oder über dem oberen Schwellenwert liegt (typ. 6 mA).
7. Schließen Sie Widerstand R<sub>SC</sub> (220  $\Omega$ ) oder Widerstand R<sub>LB</sub> (150 k $\Omega$ ) am den Eingang an.
  - ↳ Die LED muss den Fehler anzeigen, der Spannungsausgang ist aus, die Relaiskontaktausgänge sind hochimpedant (> 100 k $\Omega$ ).

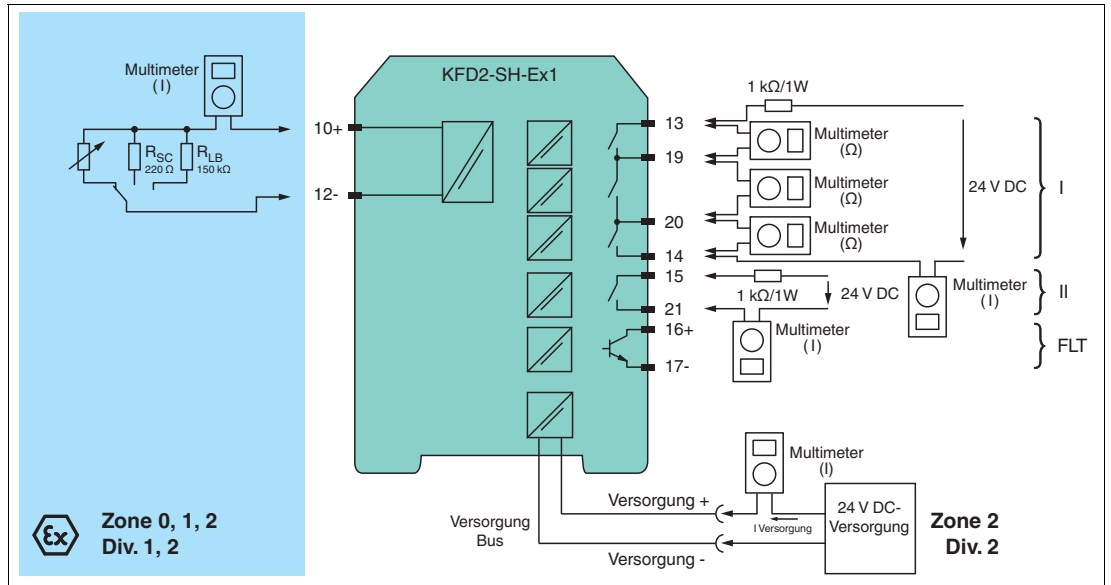


Abbildung 5.1 Aufbau Wiederholungsprüfung für KFD2-SH-Ex1, KHA6-SH-Ex1

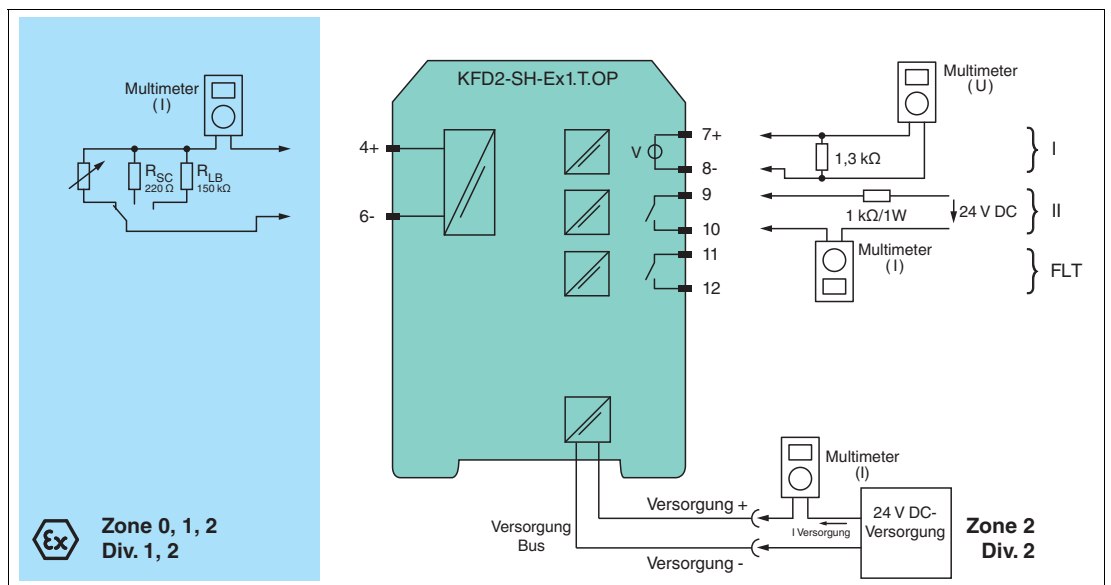


Abbildung 5.2 Aufbau Wiederholungsprüfung für KFD2-SH-Ex1.T(OP)

## 6 Liste der bewerteten Sensoren

Folgende Sensoren wurden für die Verwendung in Verbindung mit PL d und SIL 3 bewertet:

NJ2-11-SN
NJ2-11-SN-G
NJ2-11-SN-G-..M <sup>1</sup>
NJ2-12GK-SN
NJ2-12GK-SN-..M <sup>1</sup>
NJ4-12GK-SN
NJ4-12GK-SN-..M <sup>1</sup>
NJ3-18GK-S1N
NJ3-18GK-S1N-..M <sup>1</sup>
NJ5-18GK-SN
NJ5-18GK-SN-..M <sup>1</sup>
NJ8-18GK-SN
NJ8-18GK-SN-..M <sup>1</sup>
NJ6-22-SN
NJ6-22-SN-G
NJ6-22-SN-G-..M <sup>1</sup>
NJ5-30GK-S1N
NJ5-30GK-S1N-..M <sup>1</sup>
NJ10-30GK-SN
NJ10-30GK-SN-..M <sup>1</sup>
NJ15-30GK-SN
NJ15-30GK-SN-..M <sup>1</sup>
NJ6S1+U1+N1
NJ15S+U1+N
NJ20S+U1+N
NJ40-FP-SN-P1
SJ2-SN
SJ2-S1N
SJ3,5-SN
SJ3,5-SN-Y89604
SJ3,5-S1N
NCN3-F25-SN4-V1
PL2-F25-SN4-K
PL3-F25-SN4-K

Tabelle 6.1

<sup>1</sup> -..M steht für unterschiedliche Kabellängen in Metern (m).

Zusätzlich können mechanische Kontakte verwendet werden. Siehe Kapitel 2.1.

## 7 **Wartung und Reparatur**



### **Gefahr!**

Lebensgefahr durch fehlende Sicherheitsfunktion

Veränderungen am Gerät oder ein Defekt des Geräts können zum Ausfall des Geräts führen. Die Funktion des Geräts und des Sicherheitskreises ist nicht mehr gewährleistet.

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. Während das Gerät gewartet, repariert oder ausgetauscht wird, funktioniert die Sicherheitsfunktion nicht.  
Treffen Sie geeignete Maßnahmen, um Personal und Betriebsmittel zu schützen, während die Sicherheitsfunktion nicht verfügbar ist.  
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 das Gerät im Fall eines Defekts immer durch ein Originalgerät.



### **Geräteausfall melden**

Falls Sie das Gerät in einem Sicherheitskreis nach IEC/EN 61508 verwenden, ist es erforderlich, den Gerätehersteller über mögliche systematische Ausfälle zu informieren.

Melden Sie alle Ausfälle der Sicherheitsfunktion, die auf eine Funktionseinschränkung oder einen Funktionsverlust des Gerätes zurückzuführen sind – speziell bei möglichen gefahrbringenden Ausfällen.

Kontaktieren Sie in diesem Fall Ihren lokalen Vertriebspartner oder die technische Vertriebsunterstützung (Serviceline) von Pepperl+Fuchs.

Es ist nicht notwendig, Ausfälle der Sicherheitsfunktion zu melden, die auf äußere Einflüsse oder Beschädigungen zurückzuführen sind.

## 8 Abkürzungsverzeichnis

<b>B<sub>10d</sub></b>	Anzahl der Schaltzyklen bis 10 % des einzelnen Bauteiles ausgefallen sind
<b>Category</b>	Kategorie nach to EN/ISO 13849-1
<b>DC<sub>d</sub></b>	<b>D</b> iagnostic <b>C</b> overage of dangerous faults (Diagnosedeckungsgrad zum Aufdecken gefährlicher Fehler)
<b>DCS</b>	<b>D</b> istributed <b>C</b> ontrol <b>S</b> ystem (Prozessleitsystem)
<b>ESD</b>	<b>E</b> mergency <b>S</b> hutdown (Notabschaltung)
<b>FIT</b>	<b>F</b> ailure <b>I</b> n <b>T</b> ime (Ausfallhäufigkeit) in 10 <sup>-9</sup> 1/h
<b>FMEDA</b>	<b>F</b> ailure <b>M</b> ode, <b>E</b> ffects and <b>D</b> iagnosics <b>A</b> nalysis (Fehlermöglichkeits, -einfluss- und -aufdeckungsanalyse)
$\lambda_s$	Wahrscheinlichkeit eines ungefährlichen Ausfalls
$\lambda_{dd}$	Wahrscheinlichkeit eines gefahrbringenden erkannten Ausfalls
$\lambda_{du}$	Wahrscheinlichkeit eines gefahrbringenden unerkannten Ausfalls
$\lambda_{no\ effect}$	Wahrscheinlichkeit von Ausfällen von Komponenten im Sicherheitspfad, die keine Auswirkung auf die Sicherheitsfunktion haben
$\lambda_{not\ part}$	Wahrscheinlichkeit von Ausfällen von Komponenten, die nicht zum Sicherheitspfad gehören
$\lambda_{total\ (safety\ function)}$	Sicherheitsfunktion
<b>HFT</b>	<b>H</b> ardware <b>F</b> ault <b>T</b> olerance (Hardwarefehlertoleranz)
<b>MTBF</b>	<b>M</b> ean <b>T</b> ime <b>B</b> etween <b>F</b> ailures (mittlere Betriebsdauer zwischen Ausfällen)
<b>MTTF<sub>d</sub></b>	<b>M</b> ean <b>T</b> ime <b>T</b> o dangerous <b>F</b> ailures (mittlere Zeit bis zum Auftreten eines gefahrbringenden Fehlers)
<b>MTTR</b>	<b>M</b> ean <b>T</b> ime <b>T</b> o <b>R</b> epair (mittlere Reparaturzeit)
<b>PF<sub>D</sub>avg</b>	<b>A</b> verage <b>P</b> robability of <b>F</b> ailure on <b>D</b> emand (mittlere Versagenswahrscheinlichkeit bei Anforderung)
<b>PFH</b>	<b>P</b> robability of dangerous <b>F</b> ailure per <b>H</b> our (Wahrscheinlichkeit eines gefahrbringenden Ausfalls pro Stunde)
<b>PL</b>	<b>P</b> erformance <b>L</b> evel (Leistungsgrad nach EN/ISO 13849-1)
<b>PTC</b>	<b>P</b> roof <b>T</b> est <b>C</b> overage (Anteil der aufdeckbaren Ausfälle)
<b>SC</b>	<b>S</b> ystematic <b>C</b> apability (systematische Eignung)
<b>SFF</b>	<b>S</b> afe <b>F</b> ailure <b>F</b> raction (Anteil sicherer Ausfälle)
<b>SIF</b>	<b>S</b> afety <b>I</b> nstrumented <b>F</b> unction (sicherheitstechnische Funktion)
<b>SIL</b>	<b>S</b> afety <b>I</b> ntegrity <b>L</b> evel (Sicherheitsintegritätslevel)
<b>SIS</b>	<b>S</b> afety <b>I</b> nstrumented <b>S</b> ystem (sicherheitstechnisches System)
<b>T<sub>1</sub></b>	<b>P</b> roof <b>T</b> est <b>I</b> nterval (Intervall für die Wiederholungsprüfung)
<b>FLT</b>	<b>F</b> ault (Fehler)
<b>LB</b>	<b>L</b> ead <b>B</b> reakage (Leitungsbruch)
<b>LFD</b>	<b>L</b> ine <b>F</b> ault <b>D</b> etection (Leitungsfehlerüberwachung)
<b>SC</b>	<b>S</b> hort <b>C</b> ircuit (Kurzschluss)





# Your automation, our passion.

## Explosionsschutz

- Eigensichere Barrieren
- Signaltrenner
- Feldbusinfrastruktur FieldConnex®
- Remote-I/O-Systeme
- Elektrisches Ex-Equipment
- Überdruckkapselungssysteme
- Bedien- und Beobachtungssysteme
- Mobile Computing und Kommunikation
- HART Interface Solutions
- Überspannungsschutz
- Wireless Solutions
- Füllstandsmesstechnik

## Industrielle Sensoren

- Näherungsschalter
- Optoelektronische Sensoren
- Bildverarbeitung
- Ultraschallsensoren
- Drehgeber
- Positioniersysteme
- Neigungs- und Beschleunigungssensoren
- Feldbusmodule
- AS-Interface
- Identifikationssysteme
- Anzeigen und Signalverarbeitung
- Connectivity

### Pepperl+Fuchs Qualität

Informieren Sie sich über unsere Qualitätspolitik:

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

