

Funktionale Sicherheit
Überspannungsschutz-
Barrieren
K-LB-*.*, F*-LB-I, P-LB-*.*.*

Handbuch

SIL

IEC 61508/61511



CE **SIL 3** 

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

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

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Einleitung | 5 |
| 1.1 | Inhalt des Dokuments | 5 |
| 1.2 | Sicherheitsinformationen | 6 |
| 1.3 | Verwendete Symbole | 7 |
| 2 | Produktbeschreibung | 8 |
| 2.1 | Funktion | 8 |
| 2.2 | Schnittstellen | 9 |
| 2.3 | Kennzeichnung | 9 |
| 2.4 | Normen und Richtlinien für Funktionale Sicherheit | 9 |
| 3 | Planung | 10 |
| 3.1 | Systemstruktur | 10 |
| 3.2 | Annahmen | 11 |
| 3.3 | Sicherheitsfunktion und sicherer Zustand | 12 |
| 3.4 | Sicherheitskennwerte | 13 |
| 3.5 | Gebrauchsdauer | 19 |
| 4 | Montage und Installation | 20 |
| 4.1 | Konfiguration | 20 |
| 5 | Betrieb | 21 |
| 5.1 | Wiederholungsprüfung | 21 |
| 6 | Wartung und Reparatur | 27 |
| 7 | Anwendungsbeispiele | 28 |
| 8 | Abkürzungsverzeichnis | 35 |

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.

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.

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

Die Überspannungsschutz-Barrieren dienen als Vorschaltmodule für zugehörige elektrische Betriebsmittel. Die Überspannungsschutz-Barrieren ermöglichen den Schutz gegen Überspannungen unterschiedlicher Ursachen (z. B. Blitzschlag, Schaltvorgänge usw.). Dies wird durch Ableitung des erhöhten Transientstromes und Begrenzung der Spannung während der Dauer des Überspannungsstoßes erreicht. Unterschiedliche Module sind für den Schutz von 2 bzw. 4 Leitern vorgesehen.

Module für die Hutschiene

K-LB-*.*

Diese Überspannungsschutz-Barriere bietet eine niedrige Klemmenspannung zwischen den Leitungen und eine Klemmenspannung von 500 V zwischen den Leitungen und Erde für das zu schützende Gerät. Das Gerät kann zum Schutz von Geräten verwendet werden, die eine Isolation von **mehr als 500 V** gegen Erde aufweisen, wie z. B. eigensichere Trennbarrieren, Signaltrenner und die meisten Feldgeräte.

K-LB-*.G

Diese Überspannungsschutz-Barriere bietet eine niedrige Klemmspannung zwischen den Leitungen und eine Klemmspannung zwischen den Leitungen und Erde für das zu schützende Gerät. Das Gerät kann zum Schutz von Geräten verwendet werden, die eine Isolation von **weniger als 500 V** gegen Erde aufweisen, wie z. B. Zenerbarrieren, Standard-E/A-Karten und einige Feldgeräte.

Steckmodule

P-LB-*.**.*

Diese Überspannungsschutz-Barriere ist für den Einsatz mit Trennbausteinen des K-Systems bestimmt. Durch einfaches Einrasten des Gerätes in einen Standard-Trennbaustein werden die Trennbausteine sicher geschützt. Die Endziffern der Modellbezeichnung entsprechen der Nummerierung der geschützten Klemmen des jeweiligen Trennbausteins.

Module für die Montage im Feld

F*-LB-I

Diese Überspannungsschutz-Barriere unterstützt das zu schützende Feldgerät mit einer Durchlassspannung von 85 V und einer Isolationsspannung von 500 V. Das Gerät schützt dabei die Feldgeräte, die weniger als 500 V Isolationsspannung besitzen. Das Gerät wird über eine freie Leitung oder über die Kabelverschraubung installiert, wie sie an den meisten Prozesstransmittern zu finden sind.

2.2 Schnittstellen

Das Gerät besitzt die folgenden Schnittstellen:

- Sicherheitsrelevante Schnittstellen: Eingang und Ausgang



Hinweis!

Informationen zu den entsprechenden Anschlüssen finden Sie im Datenblatt.

2.3 Kennzeichnung

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

| |
|--|
| Internet: www.pepperl-fuchs.com |
|--|

| |
|-------------------------------|
| K-LB-*.**, F*-LB-I, P-LB-*.** |
|-------------------------------|

| |
|-----------|
| Bis SIL 3 |
|-----------|

Die Sterne ersetzen je nach Produkt eine Zeichenkombination.

2.4 Normen und Richtlinien für Funktionale Sicherheit

Gerätespezifische Normen und Richtlinien

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

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 **P**robability of dangerous **F**ailure on **D**emand (mittlere Wahrscheinlichkeit eines gefahrbringenden Ausfalls bei Anforderung)) und den T_1 -Wert (Wiederholungsprüfungs-Intervall, das den PFD_{avg} -Wert direkt beeinflusst)
- den SFF-Wert (**S**afe **F**ailure **F**raction (Anteil sicherer Ausfälle))
- die HFT-Architektur (**H**ardware **F**ault **T**olerance (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 (**P**robability of dangerous **F**ailure per **H**our (Wahrscheinlichkeit eines gefahrbringenden Ausfalls pro Stunde))
- die Fehlerreaktionszeit des Sicherheitssystems
- den SFF-Wert (**S**afe **F**ailure **F**raction (Anteil sicherer Ausfälle))
- die HFT-Architektur (**H**ardware **F**ault **T**olerance (Hardware-Fehlertoleranz))

3.2 Annahmen

Während der FMEDA wurden folgende Annahmen getroffen:

- Das Gerät wird unter durchschnittlichen industriellen Umgebungsbedingungen eingesetzt, die vergleichbar sind mit IEC/EN 60654-1 Klasse C (geschützter Einsatzort) mit Temperaturgrenzen im Bereich der Herstellerangaben und einer Durchschnittstemperatur von 40 °C über einen langen Zeitraum. Das Feuchtigkeitsniveau liegt innerhalb der Herstellerangaben.
- Die aufgeführten Ausfallraten gelten für im Industriebereich typische Betriebsbedingungen vergleichbar mit IEC/EN 60654-1 Klasse C mit einer Durchschnittstemperatur von 40 °C über einen langen Zeitraum. 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.
- Die Ausfallrate basiert auf dem Siemens-Standard SN 29500.
- 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.

Anwendungsinformation

Die Überspannungsschutz-Barriere und das angeschlossene Gerät (Feldgerät, Trennbaustein oder Aktor) müssen gemeinsam betrachtet werden. Das PFD_{avg}-/PFH -Budget der Gerätekategorien im gesamten Sicherheitskreis beträgt, siehe Abbildung 5.1:

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

In der Übersicht bedeutet das für den SIL-2/SIL-3-Sicherheitskreis:

| | SIL 2 | | SIL 3 | |
|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | PFH | PFD _{avg} | PFH | PFD _{avg} |
| Gesamt | 10 ⁻⁶ | 10 ⁻² | 10 ⁻⁷ | 10 ⁻³ |
| Aktor (40 %) | 4 x 10 ⁻⁷ | 4 x 10 ⁻³ | 4 x 10 ⁻⁸ | 4 x 10 ⁻⁴ |
| Transmitter (25 %) | 2,5 x 10 ⁻⁷ | 2,5 x 10 ⁻³ | 2,5 x 10 ⁻⁸ | 2,5 x 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 Überspannungsschutz-Barriere muss in Verbindung mit dem angeschlossenen Feldgerät betrachtet werden. Die Sicherheitsfunktion der Überspannungsschutz-Barriere wird durch die Signale und Einstellungen des angeschlossenen Gerätes (z. B. Trennbaustein, PLS-Eingang, Ausgang, Feldgerät) definiert.

Sicherheitsfunktion

Die Sicherheitsfunktion des Geräts besteht darin, sich wie ein Stück Kupferdraht zu verhalten, welches das Prozesssignal unverfälscht durchlässt. Bei einem Signal von 0/4 mA bis 20 mA beträgt der maximale zusätzliche Sicherheitskreis-Stromfehler des Gerätes maximal $\pm 1\%$ des Skalenendwertes.

Sicherer Zustand

Der sichere Zustand ist dadurch definiert, dass das Gerät das Eingangssignal unterbricht.

Reaktionszeit

Die Reaktionszeit ist < 20 ms.

3.4 Sicherheitskennwerte

Die folgenden Tabellen enthalten keine SFF-Kenngrößen, da diese Kenngrößen unter Berücksichtigung des angeschlossenen Feldgerätes berechnet werden müssen.

Module für die Hutschiene

K-LB-1.30, K-LB-2.30, K-LB-1.6, K-LB-2.6 (1oo1-Struktur)

| Parameter | Kenngrößen | | | |
|--|--|---|---|---|
| Beurteilungstyp und Dokumentation | FMEDA-Report | | | |
| Gerätetyp | A | | | |
| Betriebsart | Low Demand Mode oder High Demand Mode | | | |
| Sicherheitsfunktion ¹ | Durchleitung des Signals | | | |
| HFT | 0 | | | |
| SIL ² | 2 oder 3 | | | |
| Signaltyp ¹ | AI | AO | DI | DO |
| Sicherer Zustand ¹ | $I_{in} < 3,6 \text{ mA}$ Signalleitung unterbrochen | $I_{out} < 3,6 \text{ mA}$ Signalleitung unterbrochen | $I_{out} = 0 \text{ mA}$ $U_{out} = 0 \text{ V}$ Signalleitung unterbrochen | $I_{out} = 0 \text{ mA}$ $U_{out} = 0 \text{ V}$ Signalleitung unterbrochen |
| Erkennung von Fehlern im Sicherheitskreis ³ | < 3,6 mA und > 21 mA werden erkannt | Keine Fehlererkennung, da < 3,6 mA der sichere Zustand der Sicherheitskreises ist | LK- und LB-Erkennung des Sicherheitskreises | Keine Fehlererkennung |
| $\lambda_{sd} + \lambda_{su}$ | 0 FIT | 16,1 FIT | 8,1 FIT | 16,1 FIT |
| λ_{dd} | 16,1 FIT | 0 FIT | 8,0 FIT | 0 FIT |
| λ_{du} | 0 FIT | 0 FIT | 0 FIT | 0 FIT |
| $\lambda_{no \text{ effect}}$ | 41,1 FIT | 41,1 FIT | 41,1 FIT | 41,1 FIT |
| $\lambda_{not \text{ part}}$ | 0 FIT | 0 FIT | 0 FIT | 0 FIT |
| $\lambda_{total} \text{ (safety function)}$ | 16,1 FIT | 16,1 FIT | 16,1 FIT | 16,1 FIT |
| MTBF ⁴ | 2002 Jahre (1-kanaliges Gerät), 1001 Jahre (2-kanaliges Gerät) | | | |
| PFH | 0 1/h | 0 1/h | 0 1/h | 0 1/h |
| PFD_{avg} für $T_1 = 1 \text{ Jahr}$ | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabelle 3.2

- Der sichere Zustand der Überspannungsschutz-Barriere ist von der Anwendung abhängig.
- Der maximale Sicherheitsintegritätslevel des Sicherheitskreises, in dem das Gerät eingesetzt werden kann, hängt von den Kenngrößen des gesamten Sicherheitskreises und der angeschlossenen Feldgeräte in der Anwendung ab.
- Diese Fehlererkennung muss von der Architektur des Sicherheitskreises unterstützt werden (z. B. NAMUR-Signal – Leitungsbruch- und Kurzschlusserkennung, Stromkreis > 20 mA).
- nach SN29500. Diese Kenngröße enthält Ausfälle, die nicht Teil der Sicherheitsfunktion sind/MTTR = 8 h.

K-LB-1.30G, K-LB-2.30G, K-LB-1.6G, K-LB-2.6G (1oo1-Struktur)

| Parameter | Kenngrößen | | | |
|--|--|---|---|---|
| Beurteilungstyp und Dokumentation | FMEDA-Report | | | |
| Gerätetyp | A | | | |
| Betriebsart | Low Demand Mode oder High Demand Mode | | | |
| Sicherheitsfunktion ¹ | Durchleitung des Signals | | | |
| HFT | 0 | | | |
| SIL ² | 2 oder 3 | | | |
| Signaltyp ¹ | AI | AO | DI | DO |
| Sicherer Zustand ¹ | $I_{in} < 3,6 \text{ mA}$ Signalleitung unterbrochen | $I_{out} < 3,6 \text{ mA}$ Signalleitung unterbrochen | $I_{out} = 0 \text{ mA}$ $U_{out} = 0 \text{ V}$ Signalleitung unterbrochen | $I_{out} = 0 \text{ mA}$ $U_{out} = 0 \text{ V}$ Signalleitung unterbrochen |
| Erkennung von Fehlern im Sicherheitskreis ³ | < 3,6 mA und > 21 mA werden erkannt | Keine Fehlererkennung, da < 3,6 mA der sichere Zustand der Sicherheitskreises ist | LK- und LB-Erkennung des Sicherheitskreises | Keine Fehlererkennung |
| $\lambda_{sd} + \lambda_{su}$ | 0 FIT | 15,1 FIT | 8,1 FIT | 15,1 FIT |
| λ_{dd} | 15,1 FIT | 0 FIT | 7,0 FIT | 0 FIT |
| λ_{du} | 0 FIT | 0 FIT | 0 FIT | 0 FIT |
| $\lambda_{no \text{ effect}}$ | 22,1 FIT | 22,1 FIT | 22,1 FIT | 22,1 FIT |
| $\lambda_{not \text{ part}}$ | 14,0 FIT | 14,0 FIT | 14,0 FIT | 14,0 FIT |
| $\lambda_{total} \text{ (safety function)}$ | 26,9 FIT | 26,9 FIT | 26,9 FIT | 26,9 FIT |
| MTBF ⁴ | 2238 Jahre (1-kanaliges Gerät), 1119 Jahre (2-kanaliges Gerät) | | | |
| PFH | 0 1/h | 0 1/h | 0 1/h | 0 1/h |
| PFD_{avg} für $T_1 = 1 \text{ Jahr}$ | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabelle 3.3

- ¹ Der sichere Zustand der Überspannungsschutz-Barriere ist von der Anwendung abhängig.
- ² Der maximale Sicherheitsintegritätslevel des Sicherheitskreises, in dem das Gerät eingesetzt werden kann, hängt von den Kenngrößen des gesamten Sicherheitskreises und der angeschlossenen Feldgeräte in der Anwendung ab.
- ³ Diese Fehlererkennung muss von der Architektur des Sicherheitskreises unterstützt werden (z. B. NAMUR-Signal – Leitungsbruch- und Kurzschlusserkennung, Stromkreis > 20 mA).
- ⁴ nach SN29500. Diese Kenngröße enthält Ausfälle, die nicht Teil der Sicherheitsfunktion sind/MTTR = 8 h.

Module für die Montage im Feld

FN-LB-I, FS-LB-I, FP-LB-I (1oo1-Struktur)

| Parameter | Kenngrößen | | | |
|--|---|---|---|---|
| Beurteilungstyp und Dokumentation | FMEDA-Report | | | |
| Gerätetyp | A | | | |
| Betriebsart | Low Demand Mode oder High Demand Mode | | | |
| Sicherheitsfunktion ¹ | Durchleitung des Signals | | | |
| HFT | 0 | | | |
| SIL ² | 2 oder 3 | | | |
| Signaltyp ¹ | AI | AO | DI | DO |
| Sicherer Zustand ¹ | $I_{in} < 3,6 \text{ mA}$ Signalleitung unterbrochen | $I_{out} < 3,6 \text{ mA}$ Signalleitung unterbrochen | $I_{out} = 0 \text{ mA}$ $U_{out} = 0 \text{ V}$ Signalleitung unterbrochen | $I_{out} = 0 \text{ mA}$ $U_{out} = 0 \text{ V}$ Signalleitung unterbrochen |
| Erkennung von Fehlern im Sicherheitskreis ³ | < 3,6 mA und > 21 mA werden erkannt | Keine Fehlererkennung, da < 3,6 mA der sichere Zustand der Sicherheitskreises ist | LK- und LB-Erkennung des Sicherheitskreises | Keine Fehlererkennung |
| $\lambda_{sd} + \lambda_{su}$ | 0 FIT | 6,95 FIT | 0 FIT | 6,95 FIT |
| λ_{dd} | 6,95 FIT | 0 FIT | 6,95 FIT | 0 FIT |
| λ_{du} | 0 FIT | 0 FIT | 0 FIT | 0 FIT |
| $\lambda_{no \text{ effect}}$ | 20,1 FIT | 20,1 FIT | 20,1 FIT | 20,1 FIT |
| $\lambda_{not \text{ part}}$ | 10,1 FIT | 10,1 FIT | 10,1 FIT | 10,1 FIT |
| $\lambda_{total} \text{ (safety function)}$ | 6,95 FIT | 6,95 FIT | 6,95 FIT | 6,95 FIT |
| MTBF ⁴ | 3085 Jahre (alle Komponenten des Geräts) | | | |
| PFH | $0,5 \times 10^{-8} \text{ 1/h}$ | $0,5 \times 10^{-8} \text{ 1/h}$ | $0,5 \times 10^{-8} \text{ 1/h}$ | $0,25 \times 10^{-8} \text{ 1/h}$ |
| PFD_{avg} für $T_1 = 1 \text{ Jahr}$ | $2,19 \times 10^{-5}$ | $2,19 \times 10^{-5}$ | $2,19 \times 10^{-5}$ | $1,09 \times 10^{-5}$ |

Tabelle 3.4

- ¹ Der sichere Zustand der Überspannungsschutz-Barriere ist von der Anwendung abhängig.
- ² Der maximale Sicherheitsintegritätslevel des Sicherheitskreises, in dem das Gerät eingesetzt werden kann, hängt von den Kenngrößen des gesamten Sicherheitskreises und der angeschlossenen Feldgeräte in der Anwendung ab.
- ³ Diese Fehlererkennung muss von der Architektur des Sicherheitskreises unterstützt werden (z. B. NAMUR-Signal – Leitungsbruch- und Kurzschlusserkennung, Stromkreis > 20 mA).
- ⁴ nach SN29500. Diese Kenngröße enthält Ausfälle, die nicht Teil der Sicherheitsfunktion sind/MTTR = 8 h.

Steckmodule

P-LB-1.D.*, P-LB-1.F.* (1oo1-Struktur)

| Parameter | Kenngrößen | | | | | |
|--|---|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Beurteilungstyp und Dokumentation | FMEDA-Report | | | | | |
| Gerätetyp | A | | | | | |
| Betriebsart | Low Demand Mode oder High Demand Mode | | | | | |
| Sicherheitsfunktion ¹ | Durchleitung des Signals | | | | | |
| HFT | 0 | | | | | |
| SIL ² | 2 oder 3 | | | | | |
| Signaltyp ¹ | 4-Draht-Widerstandsthermometer (RTD) | 3-Draht-Widerstandsthermometer (RTD) | Spannungsquelle | 2-Draht-Widerstandsthermometer (RTD) | Potenzio- meter | Thermo- element (TC) |
| Sicherer Zustand ¹ | Schwelle | Schwelle | Schwelle | Schwelle | Schwelle | Schwelle |
| Erkennung von Fehlern im Sicherheitskreis ³ | < 3,6 mA und > 21 mA werden erkannt | < 3,6 mA und > 21 mA werden erkannt | < 3,6 mA und > 21 mA werden erkannt | < 3,6 mA und > 21 mA werden erkannt | < 3,6 mA und > 21 mA werden erkannt | < 3,6 mA und > 21 mA werden erkannt |
| $\lambda_{sd} + \lambda_{su}$ | 0 FIT | 0 FIT | 0 FIT | 0 FIT | 0 FIT | 0 FIT |
| λ_{dd} | 43 FIT | 23,1 FIT | 27 FIT | 16 FIT | 12,1 FIT | 8,1 FIT |
| λ_{du} | 16 FIT | 12 FIT | 8,1 FIT | 0,02 FIT | 22,9 FIT | 8 FIT |
| $\lambda_{no\ effect}$ | 143 FIT | 101 FIT | 101 FIT | 41,1 FIT | 101 FIT | 41,1 FIT |
| $\lambda_{not\ part}$ | 0 FIT | 66 FIT | 66,1 FIT | 145 FIT | 66,1 FIT | 145 FIT |
| $\lambda_{total\ (safety\ function)}$ | 59 FIT | 35,1 FIT | 35,1 FIT | 16,02 FIT | 34 FIT | 16,1 FIT |
| MTBF ⁴ | 564 Jahre (alle Komponenten des Geräts) | | | | | |
| PFH | $1,79 \times 10^{-8}$ 1/h | $1,79 \times 10^{-8}$ 1/h | $1,79 \times 10^{-8}$ 1/h | $1,79 \times 10^{-8}$ 1/h | $1,79 \times 10^{-8}$ 1/h | $1,79 \times 10^{-8}$ 1/h |
| PFD _{avg} für T ₁ = 1 Jahr | $7,84 \times 10^{-5}$ | $7,84 \times 10^{-5}$ | $7,84 \times 10^{-5}$ | $7,84 \times 10^{-5}$ | $7,84 \times 10^{-5}$ | $7,84 \times 10^{-5}$ |

Tabelle 3.5

- ¹ Der sichere Zustand der Überspannungsschutz-Barriere ist von der Anwendung abhängig.
- ² Der maximale Sicherheitsintegritätslevel des Sicherheitskreises, in dem das Gerät eingesetzt werden kann, hängt von den Kenngrößen des gesamten Sicherheitskreises und der angeschlossenen Feldgeräte in der Anwendung ab.
- ³ Diese Fehlererkennung muss von der Architektur des Sicherheitskreises unterstützt werden (z. B. NAMUR-Signal – Leitungsbruch- und Kurzschlusserkennung, Stromkreis > 20 mA).
- ⁴ nach SN29500. Diese Kenngröße enthält Ausfälle, die nicht Teil der Sicherheitsfunktion sind/MTTR = 8 h.

P-LB-1.A.*, P-LB-2.A.* (1oo1-Struktur)

| Parameter | Kenngrößen | | | |
|--|--|---|---|---|
| Beurteilungstyp und Dokumentation | FMEDA-Report | | | |
| Gerätetyp | A | | | |
| Betriebsart | Low Demand Mode oder High Demand Mode | | | |
| Sicherheitsfunktion ¹ | Durchleitung des Signals | | | |
| HFT | 0 | | | |
| SIL ² | 2 oder 3 | | | |
| Signaltyp ¹ | AI | AO | DI | DO |
| Sicherer Zustand ¹ | I _{in} < 3,6 mA Signalleitung unterbrochen | I _{out} < 3,6 mA Signalleitung unterbrochen | I _{out} = 0 mA U _{out} = 0 V Signalleitung unterbrochen | I _{out} = 0 mA U _{out} = 0 V Signalleitung unterbrochen |
| Erkennung von Fehlern im Sicherheitskreis ³ | < 3,6 mA und > 21 mA werden erkannt | Keine Fehlererkennung, da < 3,6 mA der sichere Zustand der Sicherheitskreises ist | LK- und LB-Erkennung des Sicherheitskreises | Keine Fehlererkennung |
| λ _{sd} + λ _{su} | 0 FIT | 16,1 FIT | 8,1 FIT | 16,1 FIT |
| λ _{dd} | 16,1 FIT | 0 FIT | 8,0 FIT | 0 FIT |
| λ _{du} | 0 FIT | 0 FIT | 0 FIT | 0 FIT |
| λ _{no effect} | 41,1 FIT | 41,1 FIT | 41,1 FIT | 41,1 FIT |
| λ _{not part} | 0 FIT | 0 FIT | 0 FIT | 0 FIT |
| λ _{total (safety function)} | 16,1 FIT | 16,1 FIT | 16,1 FIT | 16,1 FIT |
| MTBF ⁴ | 2002 Jahre (1-kanaliges Gerät), 1001 Jahre (2-kanaliges Gerät) | | | |
| PFH | 0 1/h | 0 1/h | 0 1/h | 0 1/h |
| PFD _{avg} für T ₁ = 1 Jahr | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabelle 3.6

- ¹ Der sichere Zustand der Überspannungsschutz-Barriere ist von der Anwendung abhängig.
- ² Der maximale Sicherheitsintegritätslevel des Sicherheitskreises, in dem das Gerät eingesetzt werden kann, hängt von den Kenngrößen des gesamten Sicherheitskreises und der angeschlossenen Feldgeräte in der Anwendung ab.
- ³ Diese Fehlererkennung muss von der Architektur des Sicherheitskreises unterstützt werden (z. B. NAMUR-Signal – Leitungsbruch- und Kurzschlusserkennung, Stromkreis > 20 mA).
- ⁴ nach SN29500. Diese Kenngröße enthält Ausfälle, die nicht Teil der Sicherheitsfunktion sind/MTTR = 8 h.

P-LB-1.B.*, P-LB-2.B.*, P-LB-1.C.*, P-LB-2.C.*, P-LB-2.D.*, P-LB-1.E.* (1oo1-Struktur)

| Parameter | Kenngrößen | | | |
|--|--|---|---|---|
| Beurteilungstyp und Dokumentation | FMEDA-Report | | | |
| Gerätetyp | A | | | |
| Betriebsart | Low Demand Mode oder High Demand Mode | | | |
| Sicherheitsfunktion ¹ | Durchleitung des Signals | | | |
| HFT | 0 | | | |
| SIL ² | 2 oder 3 | | | |
| Signaltyp ¹ | AI | AO | DI | DO |
| Sicherer Zustand ¹ | $I_{in} < 3,6 \text{ mA}$ Signalleitung unterbrochen | $I_{out} < 3,6 \text{ mA}$ Signalleitung unterbrochen | $I_{out} = 0 \text{ mA}$ $U_{out} = 0 \text{ V}$ Signalleitung unterbrochen | $I_{out} = 0 \text{ mA}$ $U_{out} = 0 \text{ V}$ Signalleitung unterbrochen |
| Erkennung von Fehlern im Sicherheitskreis ³ | < 3,6 mA und > 21 mA werden erkannt | Keine Fehlererkennung, da < 3,6 mA der sichere Zustand der Sicherheitskreises ist | LK- und LB-Erkennung des Sicherheitskreises | Keine Fehlererkennung |
| $\lambda_{sd} + \lambda_{su}$ | 0 FIT | 16,1 FIT | 8,1 FIT | 16,1 FIT |
| λ_{dd} | 16,1 FIT | 0 FIT | 8,0 FIT | 0 FIT |
| λ_{du} | 5,95 FIT | 5,95 FIT | 5,95 FIT | 5,95 FIT |
| $\lambda_{no \text{ effect}}$ | 42,1 FIT | 42,1 FIT | 42,1 FIT | 42,1 FIT |
| $\lambda_{not \text{ part}}$ | 52 FIT | 52 FIT | 52 FIT | 52 FIT |
| $\lambda_{total} \text{ (safety function)}$ | 22,05 FIT | 22,05 FIT | 22,05 FIT | 22,05 FIT |
| MTBF ⁴ | 984 Jahre (1-kanaliges Gerät), 492 Jahre (2-kanaliges Gerät) | | | |
| PFH | $0,59 \times 10^{-8} \text{ 1/h}$ | $0,59 \times 10^{-8} \text{ 1/h}$ | $0,59 \times 10^{-8} \text{ 1/h}$ | $0,59 \times 10^{-8} \text{ 1/h}$ |
| PFD_{avg} für $T_1 = 1 \text{ Jahr}$ | $2,60 \times 10^{-5}$ | $2,60 \times 10^{-5}$ | $2,60 \times 10^{-5}$ | $2,60 \times 10^{-5}$ |

Tabelle 3.7

- ¹ Der sichere Zustand der Überspannungsschutz-Barriere ist von der Anwendung abhängig.
- ² Der maximale Sicherheitsintegritätslevel des Sicherheitskreises, in dem das Gerät eingesetzt werden kann, hängt von den Kenngrößen des gesamten Sicherheitskreises und der angeschlossenen Feldgeräte in der Anwendung ab.
- ³ Diese Fehlererkennung muss von der Architektur des Sicherheitskreises unterstützt werden (z. B. NAMUR-Signal – Leitungsbruch- und Kurzschlusserkennung, Stromkreis > 20 mA).
- ⁴ nach SN29500. Diese Kenngröße enthält Ausfälle, die nicht Teil der Sicherheitsfunktion sind/MTTR = 8 h.

Die Sicherheitskennwerte wie PFD, PFH, SFF, HFT und T_1 wurden dem FMEDA-Bericht entnommen. Beachten Sie, dass PFD und T_1 voneinander abhängig sind.

Die Funktion der Geräte muss innerhalb des Wiederholungsprüfungs-Intervalls (T_1) 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 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 60 °C liegt.

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

Die geschätzte Gebrauchsdauer liegt über der vom Gesetzgeber vorgeschriebenen Zeitdauer für Gewährleistung oder über der Zeitdauer für Garantieleistungen des Herstellers.

Daraus leitet sich aber keine Verlängerung der Gewährleistung oder von Garantieleistungen ab. Das Nichterreichen der geschätzten Gebrauchsdauer ist kein Sachmangel.

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

Dieser Abschnitt beschreibt einen möglichen Ablauf einer Wiederholungsprüfung. Der Anwender ist nicht an diesen Vorschlag gebunden. Der Anwender darf auch andere Konzepte mit einer individuellen Ermittlung der jeweiligen Wirksamkeit wählen, z. B. Konzepte nach NA106:2018.

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 digitale Multimeter, die die Möglichkeit bieten, Strom, Spannung und Widerstand mit einer Genauigkeit von ± 1 % zu messen.
- Versorgung mit einer wählbaren Spannung von 0 V DC bis 50 V DC und einer 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 alle Kanäle des Geräts. Überprüfen Sie die Strom- und Widerstandswerte entsprechend der Tabelle unten.
↳ Nur wenn alle Prüfungen erfolgreich waren, ist die Wiederholungsprüfung erfolgreich.
4. Setzen Sie das Gerät nach der Prüfung auf die ursprünglichen Einstellungen zurück.

Module für die Hutschiene

Die folgenden Abbildungen zeigen den Aufbau der Wiederholungsprüfungen für K-LB-2.30 und K-LB-2.30G. Bauen Sie den Testaufbau der anderen Geräte dieser Gerätefamilie entsprechend auf.

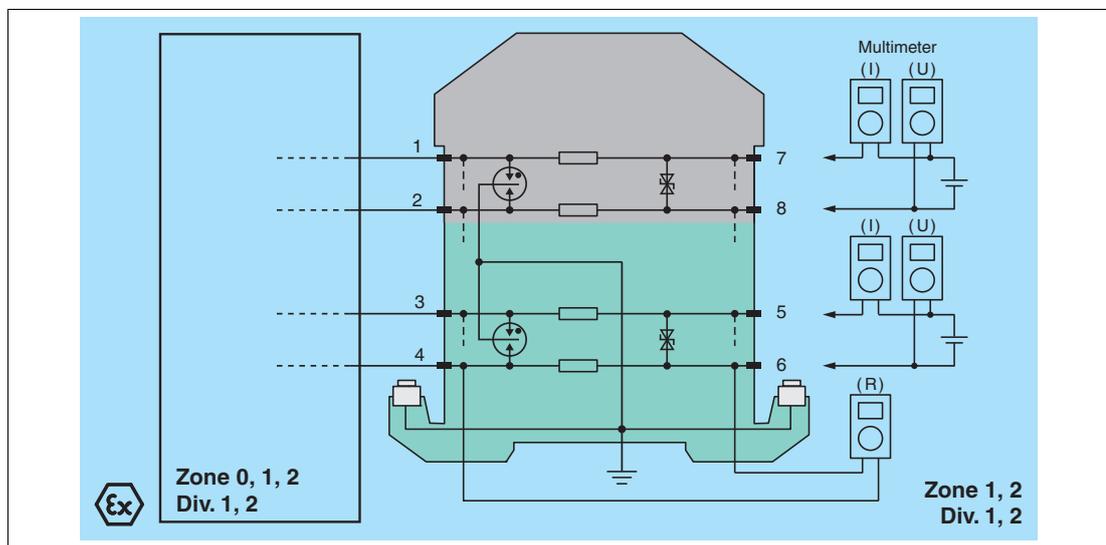


Abbildung 5.1 Aufbau Wiederholungsprüfung für K-LB-*. *
(Beispiel Überspannungsschutz-Barriere K-LB-2.30)

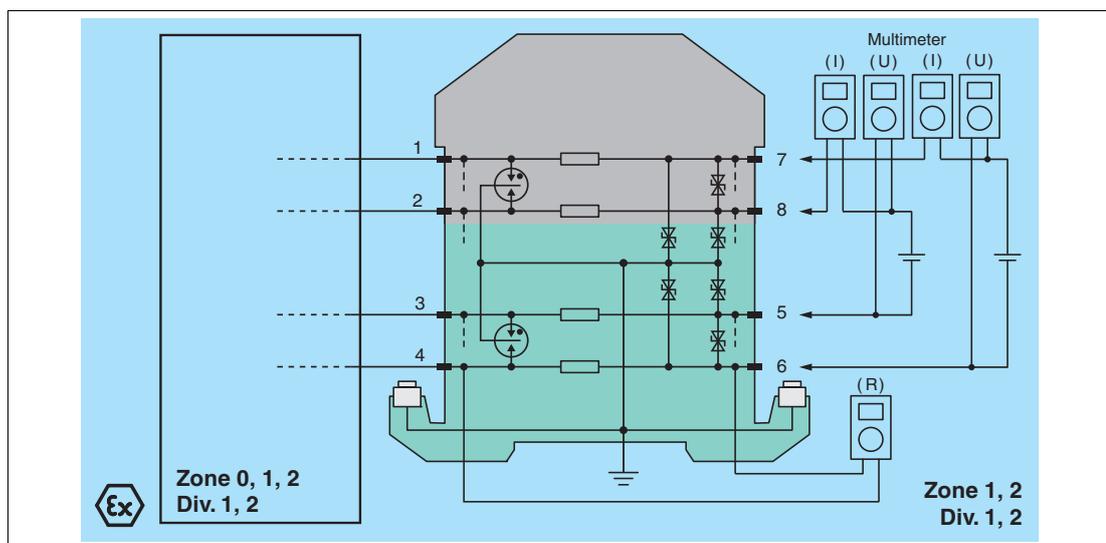


Abbildung 5.2 Aufbau Wiederholungsprüfung für K-LB-*. *G
(Beispiel Überspannungsschutz-Barriere K-LB-2.30G)

2021-09

Strom- und Spannungsmessung

| Gerät | Schritt | Bemessungsspannung | Leckstrom | Bemerkung |
|-------------------------|------------------|--|-----------|---|
| K-LB-1.30 K-LB-1.30G | 1 | 30 V zwischen Pin 7, 8 | < 50 µA | Prüfung ist erfolgreich, wenn der Leckstrom unter 200 µA ist. |
| K-LB-2.30 | 1 2 | 30 V zwischen Pin 7, 8 30 V zwischen Pin 5, 6 | < 50 µA | Prüfung ist erfolgreich, wenn der Leckstrom unter 200 µA ist. |
| K-LB-2.30G | 1 2 3 4 | 30 V zwischen Pin 7, 8 30 V zwischen Pin 5, 6 30 V zwischen Pin 5, 7 30 V zwischen Pin 5, 8 | < 50 µA | Prüfung ist erfolgreich, wenn der Leckstrom unter 200 µA ist. |

Tabelle 5.1

| Gerät | Schritt | Bemessungsspannung | Leckstrom | Bemerkung |
|-----------------------|------------------|--|-----------|---|
| K-LB-1.6 K-LB-1.6G | 1 | 6 V zwischen Pin 7, 8 | < 50 µA | Prüfung ist erfolgreich, wenn der Leckstrom unter 200 µA ist. |
| K-LB-2.6 | 1 2 | 6 V zwischen Pin 7, 8 6 V zwischen Pin 5, 6 | < 50 µA | Prüfung ist erfolgreich, wenn der Leckstrom unter 200 µA ist. |
| K-LB-2.6G | 1 2 3 4 | 6 V zwischen Pin 7, 8 6 V zwischen Pin 5, 6 6 V zwischen Pin 5, 7 6 V zwischen Pin 5, 8 | < 50 µA | Prüfung ist erfolgreich, wenn der Leckstrom unter 200 µA ist. |

Tabelle 5.2

Widerstandsmessung

| Gerät | Schritt | Messung | Bemerkung |
|--|------------------|--|---|
| K-LB-1.6 K-LB-1.30 K-LB-1.6G K-LB-1.30G | 1 2 | Widerstand zwischen Pin 1, 7 Widerstand zwischen Pin 2, 8 | Prüfung ist erfolgreich, wenn der Widerstand unter 2 Ω ist. |
| K-LB-2.6 K-LB-2.30 K-LB-2.6G K-LB-2.30G | 1 2 3 4 | Widerstand zwischen Pin 1, 7 Widerstand zwischen Pin 2, 8 Widerstand zwischen Pin 3, 5 Widerstand zwischen Pin 4, 6 | Prüfung ist erfolgreich, wenn der Widerstand unter 2 Ω ist. |

Tabelle 5.3

Module für die Montage im Feld

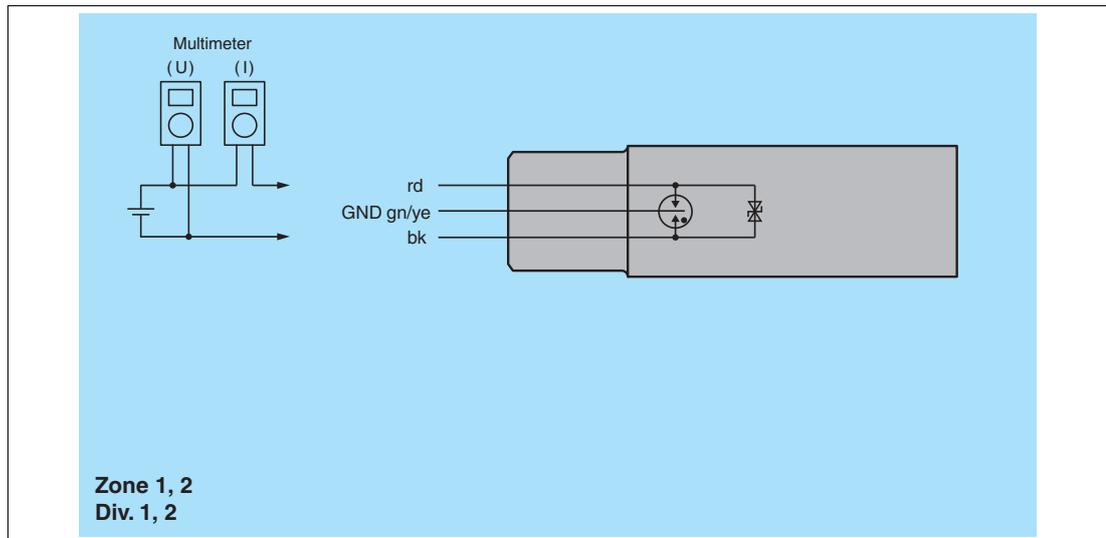


Abbildung 5.3 Aufbau Wiederholungsprüfung für F*-LB-I

| Gerät | Schritt | Bemessungsspannung | Leckstrom | Bemerkung |
|---------|---------|---|--------------|--|
| F*-LB-I | 1 | 45 V zwischen rotem (rd) und schwarzem (bk) Kabel | < 50 μ A | Prüfung ist erfolgreich, wenn der Leckstrom unter 200 μ A ist. |

Tabelle 5.4

Steckmodule

Die folgende Abbildung zeigt den Aufbau der Wiederholungsprüfung für P-LB-1.C.123. Bauen Sie den Testaufbau der anderen Geräte dieser Gerätefamilie entsprechend auf.

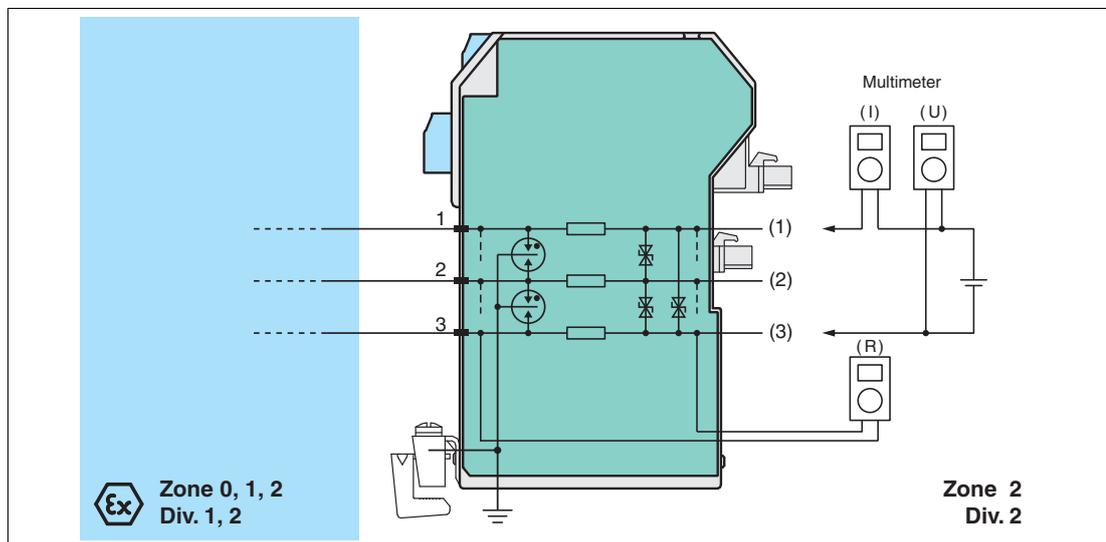


Abbildung 5.4 Aufbau Wiederholungsprüfung für P-LB-*.** (Beispiel Überspannungsschutz-Barriere P-LB-1.C.123)

Strom- und Spannungsmessung

| Gerät | Schritt | Bemessungsspannung | Leckstrom | Bemerkung |
|-----------------|----------------------------|--|-----------|---|
| P-LB-1.A.13 | 1 | 30 V zwischen Pin 1, 3 | < 50 µA | Prüfung ist erfolgreich, wenn der Leckstrom unter 200 µA ist. |
| P-LB-2.A.1346 | 1 2 | 30 V zwischen Pin 1, 3 30 V zwischen Pin 4, 6 | < 50 µA | Prüfung ist erfolgreich, wenn der Leckstrom unter 200 µA ist. |
| P-LB-1.B.12 | 1 | 30 V zwischen Pin 1, 2 | < 50 µA | Prüfung ist erfolgreich, wenn der Leckstrom unter 200 µA ist. |
| P-LB-2.B.1245 | 1 2 | 30 V zwischen Pin 1, 2 30 V zwischen Pin 4, 5 | < 50 µA | Prüfung ist erfolgreich, wenn der Leckstrom unter 200 µA ist. |
| P-LB-1.C.123 | 1 2 3 | 30 V zwischen Pin 1, 2 30 V zwischen Pin 2, 3 30 V zwischen Pin 1, 3 | < 50 µA | Prüfung ist erfolgreich, wenn der Leckstrom unter 200 µA ist. |
| P-LB-2.D.123456 | 1 2 3 4 5 6 | 30 V zwischen Pin 1, 2 30 V zwischen Pin 2, 3 30 V zwischen Pin 1, 3 30 V zwischen Pin 4, 5 30 V zwischen Pin 5, 6 30 V zwischen Pin 4, 6 | < 50 µA | Prüfung ist erfolgreich, wenn der Leckstrom unter 200 µA ist. |
| P-LB-1.E.23 | 1 | 30 V zwischen Pin 2, 3 | < 50 µA | Prüfung ist erfolgreich, wenn der Leckstrom unter 200 µA ist. |
| P-LB-2.C.2356 | 1 2 | 30 V zwischen Pin 2, 3 30 V zwischen Pin 5, 6 | < 50 µA | Prüfung ist erfolgreich, wenn der Leckstrom unter 200 µA ist. |
| P-LB-1.D.1234 | 1 2 3 4 5 6 | 30 V zwischen Pin 1, 2 30 V zwischen Pin 1, 3 30 V zwischen Pin 1, 4 30 V zwischen Pin 2, 3 30 V zwischen Pin 2, 4 30 V zwischen Pin 3, 4 | < 50 µA | Prüfung ist erfolgreich, wenn der Leckstrom unter 200 µA ist. |
| P-LB-1.F.1236 | 1 2 3 4 5 6 | 30 V zwischen Pin 1, 2 30 V zwischen Pin 1, 3 30 V zwischen Pin 1, 6 30 V zwischen Pin 2, 3 30 V zwischen Pin 2, 6 30 V zwischen Pin 3, 6 | < 50 µA | Prüfung ist erfolgreich, wenn der Leckstrom unter 200 µA ist. |

Tabelle 5.5

Widerstandsmessung

| Gerät | Schritt | Bemessungsspannung | Bemerkung |
|-----------------|----------------------------|--|--|
| P-LB-1.A.13 | 1 2 | Widerstand zwischen Pin 1, (1) Widerstand zwischen Pin 3, (3) | Prüfung ist erfolgreich, wenn der Widerstand unter 2 Ω ist. |
| P-LB-2.A.1346 | 1 2 3 4 | Widerstand zwischen Pin 1, (1) Widerstand zwischen Pin 3, (3) Widerstand zwischen Pin 4, (4) Widerstand zwischen Pin 6, (6) | Prüfung ist erfolgreich, wenn der Widerstand unter 2 Ω ist. |
| P-LB-1.B.12 | 1 2 | Widerstand zwischen Pin 1, (1) Widerstand zwischen Pin 2, (2) | Prüfung ist erfolgreich, wenn der Widerstand unter 2 Ω ist. |
| P-LB-2.B.1245 | 1 2 3 4 | Widerstand zwischen Pin 1, (1) Widerstand zwischen Pin 2, (2) Widerstand zwischen Pin 4, (4) Widerstand zwischen Pin 5, (5) | Prüfung ist erfolgreich, wenn der Widerstand unter 2 Ω ist. |
| P-LB-1.C.123 | 1 2 3 | Widerstand zwischen Pin 1, (1) Widerstand zwischen Pin 2, (2) Widerstand zwischen Pin 3, (3) | Prüfung ist erfolgreich, wenn der Widerstand unter 2 Ω ist. |
| P-LB-2.D.123456 | 1 2 3 4 5 6 | Widerstand zwischen Pin 1, (1) Widerstand zwischen Pin 2, (2) Widerstand zwischen Pin 3, (3) Widerstand zwischen Pin 4, (4) Widerstand zwischen Pin 5, (5) Widerstand zwischen Pin 6, (6) | Prüfung ist erfolgreich, wenn der Widerstand unter 2 Ω ist. |
| P-LB-1.E.23 | 1 2 | Widerstand zwischen Pin 2, (2) Widerstand zwischen Pin 3, (3) | Prüfung ist erfolgreich, wenn der Widerstand unter 2 Ω ist. |
| P-LB-2.C.2356 | 1 2 3 4 | Widerstand zwischen Pin 2, (2) Widerstand zwischen Pin 3, (3) Widerstand zwischen Pin 5, (5) Widerstand zwischen Pin 5, (5) | Prüfung ist erfolgreich, wenn der Widerstand unter 2 Ω ist. |
| P-LB-1.D.1234 | 1 2 3 4 | Widerstand zwischen Pin 1, (1) Widerstand zwischen Pin 2, (2) Widerstand zwischen Pin 3, (3) Widerstand zwischen Pin 4, (4) | Prüfung ist erfolgreich, wenn der Widerstand unter 2 Ω ist. |
| P-LB-1.F.1236 | 1 2 3 4 | Widerstand zwischen Pin 1, (1) Widerstand zwischen Pin 2, (2) Widerstand zwischen Pin 3, (3) Widerstand zwischen Pin 6, (6) | Prüfung ist erfolgreich, wenn der Widerstand unter 2 Ω ist. |

Tabelle 5.6

6 **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.

7 Anwendungsbeispiele

Alle im folgenden Kapitel verwendeten Kenngrößen waren zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Sicherheitshandbuchs aktuell, können aber variieren. Der Hauptzweck dieses Abschnitts besteht darin, zu zeigen, wie ein Überspannungsschutz-Gerät in einen Sicherheitskreis eingebunden werden kann.

Einbindung einer Überspannungsschutz-Barriere in einen Sicherheitskreis

Die oben genannten allgemeinen Überlegungen führen zu der Schlussfolgerung, dass es zwingend erforderlich ist, vor Beginn einer Sicherheitskreisberechnung ein klares Verständnis zu haben von:

1. dem Signaltyp des Sicherheitskreises (analog, binär),
2. der Signalrichtung des Sicherheitskreises aus der Sicht des sicheren PLS (Eingang oder Ausgang),
3. dem sicheren Zustand des der Überspannungsschutz-Barriere zugeordneten Feldgerätes,
4. dem gewünschten SIL-Level des Sicherheitskreises.

Nachdem der zu betrachtende Sicherheitskreis definiert ist, kann eine Überspannungsschutz-Barriere in diesen Sicherheitskreis integriert werden, indem sie einem Feldgerät zugeordnet wird. Es sollte möglich sein, sich einen prinzipiellen Überblick zu verschaffen, wie unten dargestellt.

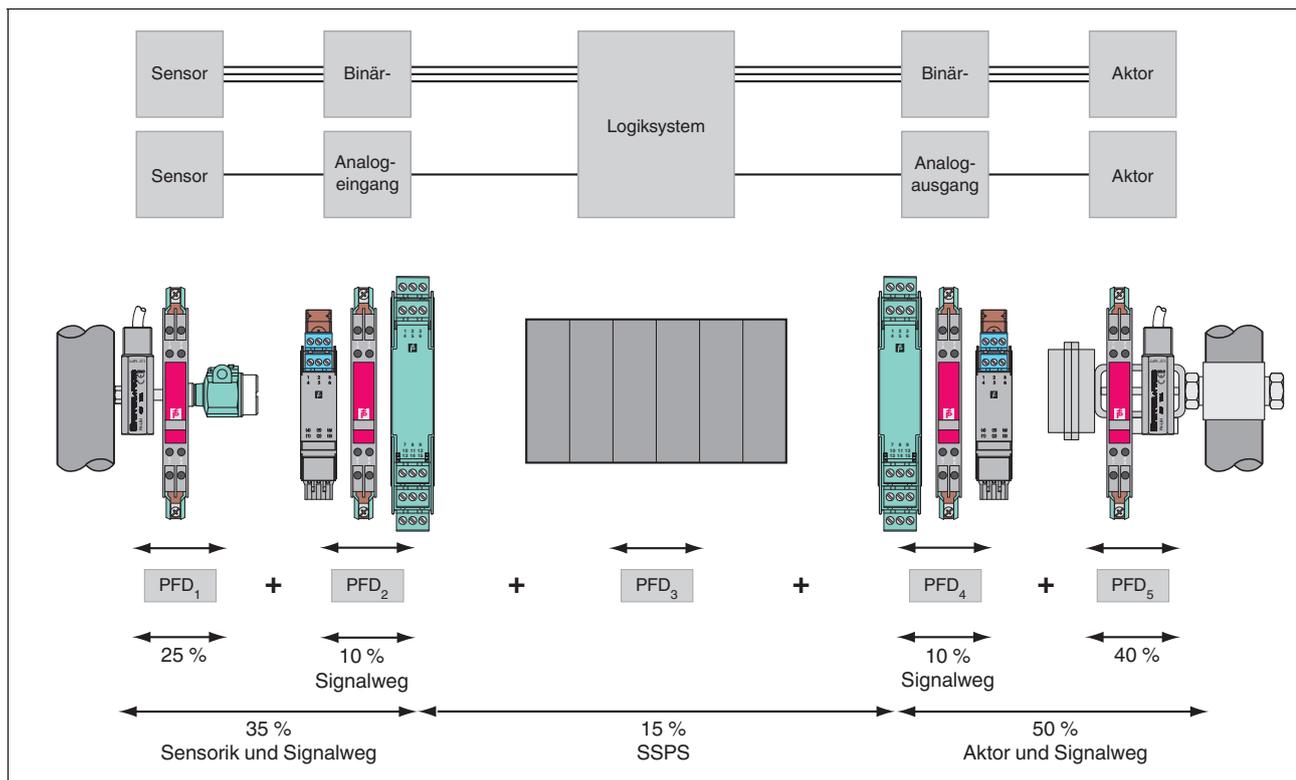


Abbildung 7.1 Beispiel für einen vollständigen Sicherheitskreis mit zugeordneten Überspannungsschutz-Barrieren

Im Prinzip müssen die IEC/EN-61508-Kenngrößen der Überspannungsschutz-Barriere zu den IEC/EN-61508-Kenngrößen des Feldgerätes addiert werden. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Überspannungsschutz-Barriere ein integraler Bestandteil dieses Geräts ist. Danach müssen die **mittlere Wahrscheinlichkeit eines gefahrbringenden Ausfalls bei Anforderung** (PFD_{avg}) und der **Anteil der sicheren Ausfälle** (SFF) neu berechnet werden. Mit diesen neuen Kenngrößen kann überprüft werden, ob das gewünschte SIL-Level erreicht werden kann.

Im Grunde sind die Berechnungen immer sehr ähnlich. Dennoch ist es wichtig, die Anwendung vollständig zu verstehen und die obige Abbildung richtig zu interpretieren. Die Berechnung muss zeigen, dass der betrachtete Teil des Sicherheitskreises es dem gesamten Sicherheitskreis ermöglicht, in den in der folgenden Tabelle angegebenen Bereich zu gelangen:

| SIL-Level | PFD _{avg} | SFF |
|-----------|--------------------------------|--------------|
| SIL 2 | $\geq 10^{-2}$ bis $< 10^{-1}$ | $\geq 60 \%$ |
| SIL 3 | $\geq 10^{-3}$ bis $< 10^{-2}$ | $\geq 90 \%$ |

Tabelle 7.1 IEC/EN-61508-Kenngrößen für Teilkomponenten des Typs A

| SIL-Level | PFD _{avg} | SFF |
|-----------|--------------------------------|--------------|
| SIL 2 | $\geq 10^{-3}$ bis $< 10^{-2}$ | $\geq 90 \%$ |
| SIL 3 | $\geq 10^{-4}$ bis $< 10^{-3}$ | $\geq 99 \%$ |

Tabelle 7.2 IEC/EN-61508-Kenngrößen für Teilkomponenten des Typs B

Beispiele für verschiedene Kombinationen finden Sie im folgenden Text.

Beispiel 1 – Binäreingang – NAMUR-NE-22-Signale

Bei Verwendung eines Schaltverstärkers von Pepperl+Fuchs ist es möglich, Sicherheitskreise bis SIL 2 mit einem binären standardisierten NAMUR-NE-22-Eingangssignal zu realisieren. Eine Beispielkonfiguration für ein überspannungsgeschütztes Gerät wäre KCD2-SR-Ex1.LB und K-LB-*.**.

Die grundlegenden Annahmen sind:

1. Signaltyp des Sicherheitskreises = binär
2. Signalrichtung des Sicherheitskreises aus der Sicht des sicheren PLS = Eingang
3. Sicherer Zustand des der Überspannungsschutz-Barriere zugeordneten Feldgerätes = spannungsfrei
4. Gewünschter SIL-Level des Sicherheitskreises = SIL 2

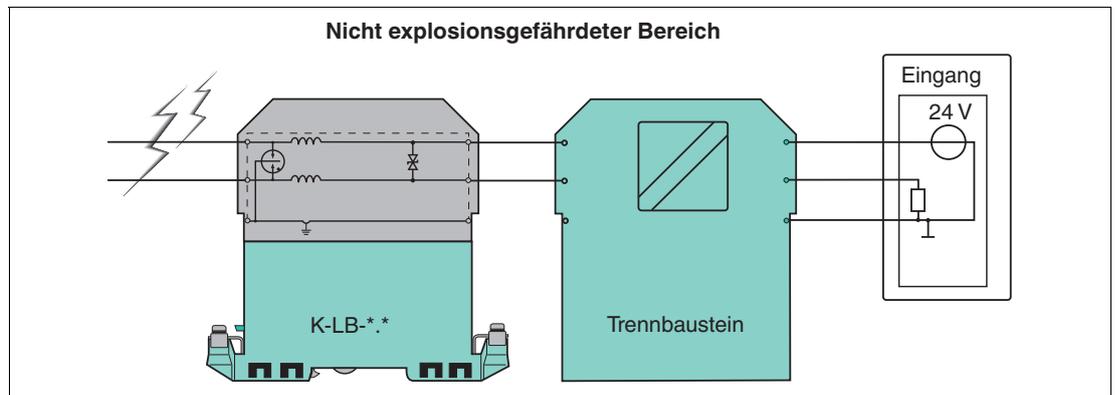


Abbildung 7.2 Kombination aus K-LB-1.30 und einem Trennbaustein, z. B. KCD2-SR-Ex1.LB

Hat der Sicherheitskreis SIL 2 nachdem die Überspannungsschutz-Barriere eingefügt wurde?

- SFF des Sicherheitskreises ist wie gefordert für Komponenten des Typs A $> 60 \%$
- Als Optimum beansprucht die Kombination aus Überspannungsschutz-Barriere und Trennbaustein 10 % des gesamten PFD_{avg} maximal 1×10^{-2} und hat somit ein PFD_{avg} $< 1 \times 10^{-3}$.

Die Kenngrößen nach IEC/EN 61508 für KCD2-SR-Ex1.LB sind:

| | |
|--|-------------------------|
| Gesamtausfallrate | 254 FIT |
| PFD _{avg} für T ₁ = 1 Jahr | 2,05 x 10 ⁻⁴ |
| SFF | 81,5 % |

Tabelle 7.3 Kenngrößen des Trennbausteins KCD2-SR-Ex1.LB

Für die weitere Berechnung muss λ_{du} von KCD2-SR-Ex1.LB mit Hilfe der PFD_{avg}-Formel aus IEC/EN 61508 berechnet werden:

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

Für die Überspannungsschutz-Barriere K-LB-1.30 werden die folgenden Kenngrößen angegeben:

| | |
|---|----------|
| Gesamtausfallrate | 16,1 FIT |
| Ausfallrate für gefährbringende unerkannte Ausfälle | 0 FIT |

Tabelle 7.4 Ausfallrate der Überspannungsschutz-Barriere K-LB-1.30

Der nächste Schritt besteht darin, die Überspannungsschutz-Barriere dem Gerät zuzuordnen, indem die Gesamtausfallraten beider Komponenten addiert werden.

- $\sum \lambda_{total} = \lambda_{Trennbaustein} + \dots + \lambda_{Überspannungsschutz-Barriere}$ (2)
- $\sum \lambda_{total} = 254 \text{ FIT} + 16 \text{ FIT} = 270 \text{ FIT}$ (gerundet)

Das Gleiche gilt für die gefährbringenden unerkannten Ausfallraten beider Geräte.

- $\sum \lambda_{du} = \lambda_{du/Trennbaustein} + \dots + \lambda_{du/Überspannungsschutz-Barriere}$ (3)
- $\sum \lambda_{du} = 47 \text{ FIT} + 0 \text{ FIT} = 47 \text{ FIT}$

Diese Kenngrößen ermöglichen die Berechnung von SFF und PFD_{avg} für die Kombination beider Geräte.

- $SFF = 1 - (\lambda_{du} / \lambda_{total})$ (4)
- $SFF = 1 - (47 \text{ FIT} / 270 \text{ FIT}) = 82 \%$
- $PFD_{avg_1y} = 1/2 \times \lambda_{du} \times 8760 [h]$ (5)
- $PFD_{avg_1y} = 1/2 \times 47 \text{ FIT} \times 8760 [h] = 2,05 \times 10^{-4}$

In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse der Berechnungen zusammengefasst:

| | |
|---|-------------------------|
| Gesamtausfallrate | 270 FIT |
| Ausfallrate für gefährbringende unerkannte Ausfälle | 47 FIT |
| PFD _{avg} für T ₁ = 1 Jahr | 2,05 x 10 ⁻⁴ |
| SFF | 82 % |

Tabelle 7.5 Summe der Ausfallraten des Trennbausteins KCD2-SR-Ex1.LB und der Überspannungsschutz-Barriere K-LB-1.30

Das bedeutet, dass diese spezielle Kombination die Anforderungen für einen SIL-2-Sicherheitskreis erfüllt.

Beispiel 2 – Binärausgang – Ventilsteuerbausteine

Die binären Ausgangsgeräte von Pepperl+Fuchs können in zwei Gruppen eingeteilt werden – schleifengespeiste Geräte und busgespeiste Geräte.

Busgespeiste Ventilsteuerbausteine

Wird ein busgespeicher Ventilsteuerbaustein von Pepperl+Fuchs in Betracht gezogen, kann praktisch die gleiche Berechnungsmethode wie bei den oben beschriebenen NAMUR-NE-22-Eingängen verwendet werden.

Die grundlegenden Annahmen sind:

1. Signaltyp des Sicherheitskreises = binär
2. Signalrichtung des Sicherheitskreises aus der Sicht des sicheren PLS = Ausgang
3. Sicherer Zustand des der Überspannungsschutz-Barriere zugeordneten Feldgerätes = spannungsfrei
4. Gewünschter SIL-Level des Sicherheitskreises = SIL 2

Das Standardgerät KFD2-SL2-Ex1.LK hat die folgenden KenngröÙe:

| | |
|---|-------------------------|
| Gesamtausfallrate | 714 FIT |
| Ausfallrate für gefahrbringende unerkannte Ausfälle | 10,3 FIT |
| PFD _{avg} für T ₁ = 1 Jahr | 4,51 x 10 ⁻⁵ |
| SFF | 85 % |

Tabelle 7.6 KenngröÙen des Trennbausteins KFD2-SL2-Ex1.LK

Für die Überspannungsschutz-Barriere P-LB-1.A werden die folgenden KenngröÙen angegeben:

| | |
|---|----------|
| Gesamtausfallrate | 16,1 FIT |
| Ausfallrate für gefahrbringende unerkannte Ausfälle | 0 FIT |

Tabelle 7.7 Ausfallrate der Überspannungsschutz-Barriere P-LB-1.A

Die Kombination beider Geräte erfolgt durch einfache Addition der KenngröÙen wie zuvor. Die SFF- und PFD_{avg}-Werte können mit Hilfe der oben genannten Gleichungen berechnet werden.

| | |
|---|-------------------------|
| Gesamtausfallrate | 730 FIT (gerundet) |
| Ausfallrate für gefahrbringende unerkannte Ausfälle | 10,3 FIT |
| PFD _{avg} für T ₁ = 1 Jahr | 4,51 x 10 ⁻⁵ |
| SFF | 85 % (gerundet) |

Tabelle 7.8 Summe der Ausfallraten des Ventilsteuerbausteins KFD2-SL2-Ex1.LK und der Überspannungsschutz-Barriere P-LB-1.A

Das bedeutet, dass diese spezielle Kombination die Anforderungen für einen SIL-2-Sicherheitskreis erfüllt.

Beispiel 3 – Analogeingänge – 4 mA bis 20 mA-Signale

Die grundlegenden Annahmen sind:

1. Signaltyp des Sicherheitskreises = analog
2. Signalrichtung des Sicherheitskreises aus der Sicht des sicheren PLS = Eingang
3. Sicherer Zustand des der Überspannungsschutz-Barriere zugeordneten Feldgerätes = Ausgangssignal < 4 mA bzw. > 20 mA
4. Gewünschter SIL-Level des Sicherheitskreises = SIL 3

Das Standardgerät KCD2-STC-Ex1 hat die folgenden Kenngrößen:

| | |
|---|-------------------------|
| Gesamtausfallrate | 348 FIT |
| Ausfallrate für gefährbringende unerkannte Ausfälle | 67 FIT |
| PFD _{avg} für T ₁ = 1 Jahr | 2,93 x 10 ⁻⁴ |
| SFF | 80 % |

Tabelle 7.9 Kenngrößen des Trennbausteins KCD2-STC-Ex1

Für die Überspannungsschutz-Barriere P-LB-1.A werden die folgenden Kenngrößen angegeben:

| | |
|---|--------|
| Gesamtausfallrate | 16 FIT |
| Ausfallrate für gefährbringende unerkannte Ausfälle | 0 FIT |

Tabelle 7.10 Ausfallrate der Überspannungsschutz-Barriere P-LB-1.A

Die Kombination beider Geräte erfolgt durch einfache Addition der Kenngrößen wie zuvor. Die SFF- und PFD_{avg}-Werte können mit Hilfe der oben genannten Gleichungen berechnet werden.

| | |
|---|-------------------------|
| Gesamtausfallrate | 364 FIT (gerundet) |
| Ausfallrate für gefährbringende unerkannte Ausfälle | 67 FIT |
| PFD _{avg} für T ₁ = 1 Jahr | 2,93 x 10 ⁻⁴ |
| SFF | 81 % |

Tabelle 7.11 Summe der Ausfallraten des Trennbausteins KCD2-STC-Ex1 und der Überspannungsschutz-Barriere P-LB-1.A

Das bedeutet, dass diese spezielle Kombination die Anforderungen für einen SIL-2-Sicherheitskreis erfüllt.

Beispiel 4 – Überspannungsschutz-Barriere und Feldgerät

Die gleiche Methode kann angewendet werden, wenn die Hutschienenvariante K-LB-*.** oder das Modul für die Montage im Feld F*-LB-I mit einem anderen Feldgerät kombiniert werden soll.

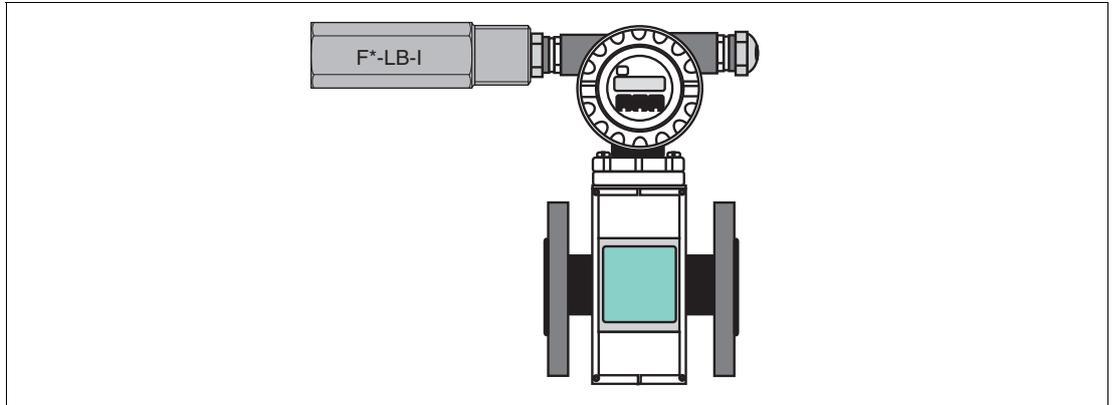


Abbildung 7.3 Kombination aus F*-LB-I und einem Transmitter

Die grundlegenden Annahmen sind:

1. Signaltyp des Sicherheitskreises = analog
2. Signalrichtung des Sicherheitskreises aus der Sicht des sicheren PLS = Eingang
3. Sicherer Zustand des der Überspannungsschutz-Barriere zugeordneten Feldgerätes = Ausgangssignal < 4 mA bzw. > 20 mA

Da die Verfügbarkeit von SIL-3-Feldgeräten sehr begrenzt ist, möchte der Anwender wahrscheinlich wissen, ob er eine Überspannungsschutz-Barriere in seine SIL-2-Anwendung integrieren kann.

Im folgenden Beispiel wird ein Differenzdruckmessumformer Rosemount 3051S_C mit einer Überspannungsschutz-Barriere F*-LB-I kombiniert.

| | |
|---|-----------|
| Gesamtausfallrate | 536 FIT |
| MTBF | 213 Jahre |
| Ausfallrate für sichere unerkannte Ausfälle | 143 FIT |
| Ausfallrate für sichere erkannte Ausfälle | 0 FIT |
| Ausfallrate für gefährbringende unerkannte Ausfälle | 37 FIT |
| Ausfallrate für gefährbringende erkannte Ausfälle | 356 FIT |
| SFF | 93 % |

Tabelle 7.12 Kenngrößen des Trennbausteins KCD2-SCD-Ex1

Kombiniert mit den Kenngrößen für die Überspannungsschutz-Barriere F*-LB-I ergibt sich folgendes:

| | |
|---|--------------------------------------|
| Gesamtausfallrate | 536 FIT + 7 FIT = 543 FIT (gerundet) |
| MTBF | 210 Jahre |
| Ausfallrate für sichere Ausfälle | 143 FIT |
| Ausfallrate für gefahrbringende unerkannte Ausfälle | 57 FIT |
| Ausfallrate für gefahrbringende erkannte Ausfälle | 356 FIT + 7 FIT = 363 FIT (gerundet) |
| SFF | 89 % |

Tabelle 7.13 Summe der Ausfallraten von Rosemount 3051S_C und Überspannungsschutz-Barriere F*-LB-I

Abgeleitet aus diesen Ergebnissen unter Verwendung von Gleichung 4:

| T ₁ | 1 Jahr | 2 Jahre | 5 Jahre |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| PFD _{avg} | 2,50 x 10 ⁻⁴ | 5,00 x 10 ⁻⁴ | 1,25 x 10 ⁻⁴ |

Tabelle 7.14 PFD_{avg}-Werte der Kombination aus Rosemount 3051S_C und Überspannungsschutz-Barriere F*-LB-I

Der Nachweis ist erbracht, dass der Transmitter noch für SIL-2-Sicherheitskreise nach IEC/EN 61508 geeignet ist, da SFF- und PFD_{avg}-Werte noch ausreichend sind.

8 Abkürzungsverzeichnis

| | |
|---------------------------------------|--|
| ESD | Emergency Shutdown (Notabschaltung) |
| FIT | Failure In Time (Ausfälle pro Zeit) in 10^{-9} 1/h |
| FMEDA | Failure Mode, Effects, and Diagnostics Analysis (Ausfallarten-, Ausfalleinfluss- und Ausfallaufdeckungsanalyse) |
| λ_s | Wahrscheinlichkeit eines sicheren Ausfalls |
| λ_{dd} | Wahrscheinlichkeit eines gefahrbringenden erkannten Ausfalls |
| λ_{du} | Wahrscheinlichkeit eines gefahrbringenden unerkannten Ausfalls |
| $\lambda_{no\ effect}$ | Wahrscheinlichkeit von Ausfällen von Bauteilen im Sicherheitskreis, die keine Auswirkung auf die Sicherheitsfunktion haben. |
| $\lambda_{not\ part}$ | Wahrscheinlichkeit von Ausfällen von Bauteilen, die nicht zum Sicherheitskreis gehören |
| $\lambda_{total\ (safety\ function)}$ | Wahrscheinlichkeit von Ausfällen von Bauteilen, die zum Sicherheitskreis gehören |
| HFT | Hardware Fault Tolerance (Hardware-Fehlertoleranz) |
| MTBF | Mean Time Between Failures (mittlere Betriebsdauer zwischen Ausfällen) |
| MTTR | Mean Time To Restoration (mittlere Dauer bis zur Wiederherstellung) |
| PFD_{avg} | Average Probability of dangerous Failure on Demand (mittlere Wahrscheinlichkeit eines gefahrbringenden Ausfalls bei Anforderung) |
| PFH | Average frequency of dangerous failure per hour (mittlere Häufigkeit eines gefahrbringenden Ausfalls pro Stunde) |
| PLS | Prozessleitsystem |
| PTC | Proof Test Coverage (relativer Anteil der aufgedeckten Fehler) |
| SC | Systematic Capability (systematische Eignung) |
| SFF | Safe Failure Fraction (Anteil sicherer Ausfälle) |
| SIF | Safety Instrumented Function (sicherheitstechnische Funktion) |
| SIL | Safety Integrity Level (Sicherheits-Integritätslevel) |
| SIS | Safety Instrumented System (sicherheitstechnisches System) |
| SPS | speicherprogrammierbare Steuerung |
| T₁ | Proof Test Interval (Wiederholungsprüfungs-Intervall) |

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

