

HANDBUCH

**Funktionale Sicherheit**  
**Temperaturmessumformer**  
**KFD2-UT2-(Ex)\*(-1)**



**SIL 2**





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                                   | 12        |
| 3.5      | Gebrauchsdauer   | 13        |
| <b>4</b> | <b>Montage und Installation</b>                        | <b>14</b> |
| 4.1      | Konfiguration  | 14        |
| <b>5</b> | <b>Betrieb</b>   | <b>15</b> |
| 5.1      | Wiederholungsprüfung                                   | 15        |
| 5.2      | Ablauf der Wiederholungsprüfung für KFD2-UT2-(Ex)*(-1) | 16        |
| <b>6</b> | <b>Wartung und Reparatur</b>                           | <b>24</b> |
| <b>7</b> | <b>Abkürzungsverzeichnis</b>                           | <b>25</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, 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

#### **KFD2-UT2\*(-1)**

Dieser Signaltrenner ermöglicht die galvanische Trennung von Feldstromkreisen und Steuerstromkreisen.

Das Gerät formt das Signal eines Widerstandstemperaturmessfühlers, Thermoelementes oder Potenziometers in einen proportionalen Ausgangsstrom um.

Das Gerät kann auch als Signal-Splitter konfiguriert werden.

Der abziehbare Klemmenblock K-CJC-\*\* steht als Zubehör für die interne Klemmstellenkompensation der Thermoelemente steht zur Verfügung.

Ein Fehler wird über LEDs angezeigt und über eine separate Sammelfehlermeldung ausgegeben.

Das Gerät wird über die PACTware-Konfigurationssoftware konfiguriert.

Das Gerät wird auf einer 35-mm-Hutschiene nach EN 60715 montiert.

#### **KFD2-UT2\*-1**

Das Gerät formt das Signal eines Widerstandstemperaturmessfühlers, Thermoelementes oder Potenziometers in eine proportionale Ausgangsspannung um.

#### **KFD2-UT2-Ex\*(-1)**

Diese Trennbarriere eignet sich für eigensichere Anwendungen.

Das Gerät formt das Signal eines Widerstandstemperaturmessfühlers, Thermoelementes oder Potenziometers in einen proportionalen Ausgangsstrom um.

Das Gerät kann auch als Signal-Splitter konfiguriert werden.

Der abziehbare Klemmenblock K-CJC-\*\* steht als Zubehör für die interne Klemmstellenkompensation der Thermoelemente steht zur Verfügung.

Ein Fehler wird über LEDs angezeigt und über eine separate Sammelfehlermeldung ausgegeben.

Das Gerät wird über die PACTware-Konfigurationssoftware konfiguriert.

Das Gerät wird auf einer 35-mm-Hutschiene nach EN 60715 montiert.

#### **KFD2-UT2-Ex\*-1**

Das Gerät formt das Signal eines Widerstandstemperaturmessfühlers, Thermoelementes oder Potenziometers in eine proportionale Ausgangsspannung um.



## 2.2 Schnittstellen

Das Gerät besitzt die folgenden Schnittstellen.

- Sicherheitsrelevante Schnittstellen:
  - Eingang I, Eingang II (nur 2-kanalige Variante)
  - Ausgang I, Ausgang II (nur 2-kanalig Variante)
- Nicht sicherheitsrelevante Schnittstellen: Programmierbuchse, Ausgang Sammelfehlermeldung



### **Hinweis!**

Informationen zu den entsprechenden Anschlüssen finden Sie im Datenblatt.

## 2.3 Kennzeichnung

|  |           |
|--|-----------|
| Pepperl+Fuchs-Gruppe<br>Lilienthalstraße 200, 68307 Mannheim, Deutschland  |           |
| Internet: <a href="http://www.pepperl-fuchs.com">www.pepperl-fuchs.com</a> |           |
| KFD2-UT2-1, KFD2-UT2-1-1, KFD2-UT2-2, KFD2-UT2-2-1                         | Bis SIL 2 |
| KFD2-UT2-Ex1, KFD2-UT2-Ex1-1, KFD2-UT2-Ex2, KFD2-UT2-Ex2-1                 |           |

## 2.4 Normen und Richtlinien für Funktionale Sicherheit

### Gerätespezifische Normen und Richtlinien

|                        |   |
|------------------------|---|
| Funktionale Sicherheit | IEC/EN 61508, Teil 2 und 3, Ausgabe 2010:<br>Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme (Hersteller) |
|------------------------|---|

### Systemspezifische Normen und Richtlinien

|                        |   |
|------------------------|---|
| Funktionale Sicherheit | IEC 61511-1:2016+COR1:2016+A1:2017<br>EN 61511-1:2017+A1:2017<br>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:

- Die Ausfallrate basiert auf dem Siemens-Standard SN 29500.
- Ausfälle während der Konfiguration werden nicht berücksichtigt.
- Der Ausgang der Sammelfehlermeldung wird in der FMEDA und in den Berechnungen nicht berücksichtigt.
- Eine Fortpflanzung der Ausfälle wird nicht berücksichtigt.
- Die Ausfallraten der externen Stromversorgung sind nicht enthalten.
- Der Ausgang für die Sammelfehlermeldung ist nicht sicherheitsrelevant.
- Die Meldung eines gefahrbringenden Ausfalls (über einen Fehlerbus) wird von der speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) innerhalb 1 Stunde erkannt.
- Zur Sicherheitsfunktion zählen nur ein Eingang und ein Ausgang (nur bei 2-kanaliger Variante).
- 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.
- Das Anwendungsprogramm in der speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) ist für die Erkennung von Ausfällen durch Unter- und Überschreitung des Wertebereiches konfiguriert. Diese Ausfälle werden als **gefahrbringende erkannte** Ausfälle klassifiziert.

### SIL 2-Anwendung

- Um einen SIL-Sicherheitskreis für den definierten SIL aufzubauen, wird beispielhaft angenommen, dass dieses Gerät 10 % des verfügbaren Budgets für PFD<sub>avg</sub>/PFH nutzt.
- Für eine SIL 2-Anwendung im Low Demand Mode sollte der PFD<sub>avg</sub>-Gesamtwert der SIF (**S**afety **I**nstrumented **F**unction) unter  $10^{-2}$  liegen. Der maximal zulässige PFD<sub>avg</sub>-Wert wäre somit  $10^{-3}$ .
- Nach IEC/EN 61511-1 Abschnitt 11.4.5 kann eine HFT = 0 für SIL-2-Anwendungen in der Betriebsart mit niedriger Anforderungsrate als ausreichend angesehen werden. Die Bewertung basiert auf Ausfallraten wie in Abschnitt 11.9 beschrieben.

### 3.3 Sicherheitsfunktion und sicherer Zustand

#### Sicherheitsfunktion

Die Sicherheitsfunktion des Gerätes ist erfüllt, solange der Ausgang das **linearisierte** Eingangssignal mit einer Toleranz von 2 % wiederholt.

#### Sicherer Zustand

Der sichere Zustand ist erreicht, wenn das Ausgangssignal  $< 4 \text{ mA}$  oder  $> 20 \text{ mA}$  ist.

#### Reaktionszeit

- für Temperatureingang:  $< 1,5 \text{ s}$
- für Potenziometereingang:  $< 3 \text{ s}$



#### **Hinweis!**

Weitere Informationen finden Sie in den entsprechenden Datenblättern.

### 3.4 Sicherheitskennwerte

Die folgenden Tabellen enthalten keinen SFF-Wert, da dieser Wert unter Berücksichtigung des angeschlossenen Feldgerätes berechnet werden muss.

#### KFD2-UT2-(Ex)\*(-1)

| Parameter  | Kennwerte   |
|--|---|
| Beurteilungstyp  | FMEDA-Report mit Bewertung der Betriebsbewährung <sup>1</sup>   |
| Gerätetyp  | B   |
| Betriebsart  | Low Demand Mode   |
| Sicherheitsfunktion  | Übertragung des Analogsignals   |
| HFT  | 0 (nach IEC/EN 61511)   |
| SIL  | 2   |
| SC   | 2   |
| $\lambda_s$  | 0 FIT   |
| $\lambda_{dd}^2$   | 333 FIT   |
| $\lambda_{du}^3$   | 79,2 FIT  |
| $\lambda_{no\ effect}^4$   | 295 FIT   |
| $\lambda_{total}$ (safety function)                              | 706 FIT   |
| $\lambda_{no\ part}$   | 33,4 FIT  |
| SFF  | 81 %  |
| MTBF <sup>5</sup>  | 154 Jahre   |
| PFD <sub>avg</sub> für T <sub>1</sub> = 1 Jahr <sup>6</sup>      | 8,33 x 10 <sup>-4</sup>   |
| PFD <sub>avg</sub> für T <sub>proof</sub> = 2 Jahre <sup>6</sup> | 1,14 x 10 <sup>-3</sup>   |
| PFD <sub>avg</sub> für T <sub>proof</sub> = 5 Jahre <sup>6</sup> | 2,08 x 10 <sup>-3</sup>   |
| PTC  | 90 %  |
| Reaktionszeit <sup>7</sup>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>für Temperatureingang: &lt; 1,5 s</li> <li>für Potenziometereingang: &lt; 3 s</li> </ul> |

Tabelle 3.1

<sup>1</sup> Für die Betriebsbewährung wurden Verkaufszahlen, Kundenrücksendungen und Fragebögen von Kunden herangezogen, die zeigen, dass keine unbekannt systematischen Fehler zu erwarten sind. Das Gerät basiert auf einem früheren Gerät, das von der exida.com GmbH auf seine betriebsbewährte Aussage hin überprüft wurde.

<sup>2</sup> "Ausfall hoch"- und "Ausfall niedrig"-Ausfälle gelten als gefahrbringende erkannte Ausfälle  $\lambda_{dd}$ .

<sup>3</sup> "Angekündigte Ausfälle", die nur die Diagnosefunktion beeinflussen sind marginal und sind in  $\lambda_{du}$  enthalten.

<sup>4</sup> "Ausfälle ohne Auswirkung" beeinflussen nicht die Sicherheitsfunktion und sind deshalb in  $\lambda_s$  enthalten.

<sup>5</sup> nach SN29500. Dieser Wert enthält Ausfälle, die nicht Teil der Sicherheitsfunktion sind/MTTR = 8 h.

<sup>6</sup> Da der tatsächliche PTC-Wert < 100 % ist und dadurch die Ausfallwahrscheinlichkeit steigt, berechnen Sie den PFD-Wert nach der folgenden Formel:  

$$PFD_{avg} = (\lambda_{du} / 2) \times (PTC \times T_1 + (1 - PTC) \times T_{service})$$
 Für die Berechnung von PFD<sub>avg</sub> wurde eine Einsatzzeit T<sub>service</sub> von 10 Jahren angenommen.

<sup>7</sup> Sprungantwortzeit

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 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. Schützen Sie das Gerät gegen Manipulationen.  
Montieren Sie das Gerät z. B. in einem abschließbarem Schaltschrank.
5. Schließen Sie das Gerät ausschließlich an Geräte an, die für die Sicherheitsanwendung geeignet sind.
6. Prüfen Sie die Sicherheitsfunktion, um das erwartete Verhalten des Ausgangs sicherzustellen.

## 4.1 Konfiguration



### Gerät über Bediensoftware PACTware konfigurieren

Das Gerät kann alternativ über die Bediensoftware PACTware konfiguriert werden. Die Schnittstelle zum Anschluss eines Personal Computers für die Konfiguration befindet sich an der Frontseite des Geräts.

1. Öffnen Sie die Abdeckung.
2. Schließen Sie einen Personal Computer über den Adapter K-ADP-USB an das Gerät an.
3. Konfigurieren Sie das Gerät für die erforderliche Sicherheitsfunktion über die Bediensoftware, siehe Kapitel 4.1.1.
4. Schützen Sie die Gerätekonfiguration gegen Verstellen mit einem Passwort.
5. Verlassen Sie den Parametriermodus, um ein unbeabsichtigtes Verstellen zu verhindern.
6. Trennen Sie Personal Computer und Gerät.
7. Schließen Sie die Abdeckung.
8. Prüfen Sie die Gerätekonfiguration, um das erwartete Verhalten des Ausgangs sicherzustellen.
9. Dokumentieren Sie jede Änderung der Gerätekonfiguration.



#### **Hinweis!**

Weitere Informationen finden Sie im Handbuch.

## 4.1.1 Konfiguration für die Verwendung in der Sicherheitsfunktion



### Gerät für die Verwendung in der Sicherheitsfunktion konfigurieren

1. Konfigurieren Sie das Gerät für die erforderliche Sicherheitsfunktion über die Bediensoftware.
2. Deaktivieren Sie die Simulations-Funktion.
3. Aktivieren Sie die Leitungskurzschlussüberwachung (LK) und Leitungsbruchüberwachung (LB).
4. Deaktivieren Sie die Funktion Störmeldung > Halten.
5. Setzen Sie die Kennlinie des Stromausgangs auf den Modus 4 mA ... 20 mA NE 43.
6. Schützen Sie die Gerätekonfiguration gegen Verstellen mit einem Passwort.



#### **Hinweis!**

Weitere Informationen finden Sie im Handbuch.

## 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.

Die folgenden Abschnitten beschreiben die Schritte der Wiederholungsprüfung. Die Wiederholungsprüfung deckt dabei nahezu alle möglichen gefährlichen Fehler (Diagnoseabdeckung > 90 %) auf.

Überprüfen Sie die Einstellungen nach der Konfiguration mit geeigneten Tests.

## 5.2 Ablauf der Wiederholungsprüfung für KFD2-UT2-(Ex)\*(-1)

Führen Sie die Wiederholungsprüfung mit der derselben Konfiguration durch, die Sie auch in der Anwendung verwenden. Ersetzen Sie den Sensor durch einen Sensor-Simulator oder einen Kalibrator.

Prüfen Sie die Sicherheitsfunktion am Eingang, der so konfiguriert sein muss, dass am Ausgang die Werte 4 mA, 12 mA, 20 mA ausgegeben werden.

Benötigte Ausrüstung:

- Digitales Multimeter mit einer Genauigkeit von 0,1 %  
Verwenden Sie für die Wiederholungsprüfung der eigensicheren Seite des Geräts ein spezielles digitales Multimeter für eigensichere Stromkreise.  
Eigensichere Stromkreise, die mit nicht eigensicheren Stromkreisen betrieben wurden, dürfen danach nicht mehr als eigensichere Stromkreise betrieben werden.
- TC-Simulator, RTD-Simulator, Spannungsquelle oder Widerstand



## 5.2.1 Thermoelement-Eingang (TC)

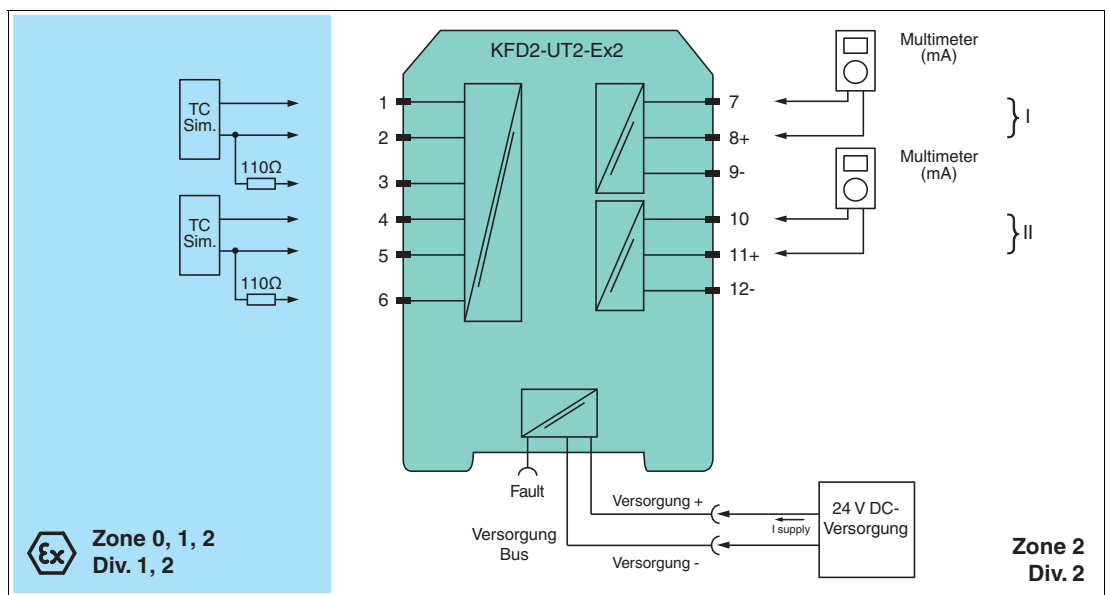


Abbildung 5.1 Aufbau Wiederholungsprüfung für KFD2-UT2-(Ex)\*(-1) mit Thermoelement-Eingang (TC)  
Verwendung in Zone 0, 1, 2/Div. 1, 2 nur für KFD2-UT2-Ex1(-1) und KFD2-UT2-Ex2(-1)  
1-kanalige Varianten KFD2-UT2-1(-1) und KFD2-UT2-Ex1(-1) haben nur einen Kanal.



### Ablauf der Wiederholungsprüfung

Zusätzliche Ausrüstung: 110 Ω-Festwiderstand (Genauigkeit 0,1 %)

1. Schließen Sie den TC-Simulator an die Anschlussklemmen 1+ und 2- (Kanal I) und 4+ und 5- (Kanal II) an.
2. Schließen Sie das digitale Multimeter an die Anschlussklemmen 7 und 8 (Kanal I) und 10 und 11 (Kanal II) an.
3. Stellen Sie die Kompensations-/Referenztemperatur am TC-Simulator auf 26 °C ein.
4. Schließen Sie den Festwiderstand an die Anschlussklemmen 2 und 3 (Kanal I) und 5 und 6 (Kanal II) an.
5. Stellen Sie den TC-Simulator schrittweise auf die Temperaturwerte ein, die am Ausgang die Werte 4 mA, 12 mA, 20 mA repräsentieren.
6. Messen Sie den Ausgangsstrom.
  - ↳ Die Wiederholungsprüfung ist erfolgreich, wenn die Ausgangswerte innerhalb von 2 % der Ausgangsspanne liegen. <sup>1</sup> Das bedeutet:
    - für die 4-mA-Anwendung: 3,7 mA ... 4,3 mA
    - für die 12-mA-Anwendung: 11,7 mA ... 12,3 mA
    - für die 20-mA-Anwendung: 19,7 mA ... 20,3 mA
7. Entfernen Sie den TC-Simulator. Prüfen Sie, ob ein Leitungsbruch erkannt wird.
  - ↳ Die rote LED blinkt. Das Ausgangsverhalten hängt im Fehlerfall von der Gerätekonfiguration ab.

<sup>1</sup> Zusätzlich muss die Diagnose im Regelkreis geprüft werden, um nachzuweisen, dass die Fehlermeldung über den Stromausgang ordnungsgemäß funktioniert. Der Ausgangsstrom hängt im Fehlerfall von der Gerätekonfiguration ab. Dokumentieren Sie diese Konfiguration und den daraus resultierenden Fehlersignalstrom im Prüfprotokoll. Beispiel: Wenn Absteuern konfiguriert ist, muss bei einem Ausfall 2,0 mA ± 1 % gemessen werden. Die rote LED muss blinken.

8. Entfernen Sie den Festwiderstand. Prüfen Sie, ob ein Leitungsbruch der Klemmstellenkompensation erkannt wird.  
↳ Die rote LED blinkt. Das Ausgangsverhalten hängt im Fehlerfall von der Gerätekonfiguration ab.
9. Verursachen Sie einen Kurzschluss zwischen den Anschlussklemmen 2 und 3 (Kanal I) und zwischen den Anschlussklemmen 5 und 6 (Kanal II).  
Prüfen Sie, ob ein Kurzschluss der Klemmstellenkompensation erkannt wird.  
↳ Die rote LED blinkt. Das Ausgangsverhalten hängt im Fehlerfall von der Gerätekonfiguration ab.
10. Setzen Sie das Gerät nach der Prüfung auf die ursprünglichen Einstellungen zurück.

### **Wiederholungsprüfung für externe Klemmstellenkompensation**

Sie können diese Wiederholungsprüfung auch bei der Verwendung einer externen Klemmstellenkompensation anwenden. Stellen Sie für diesen Fall die vorgegebene Kompensations-/Referenztemperatur am TC-Simulator ein, siehe Schritt 3.

## 5.2.2 Widerstandsthermometer-Eingang (RTD)

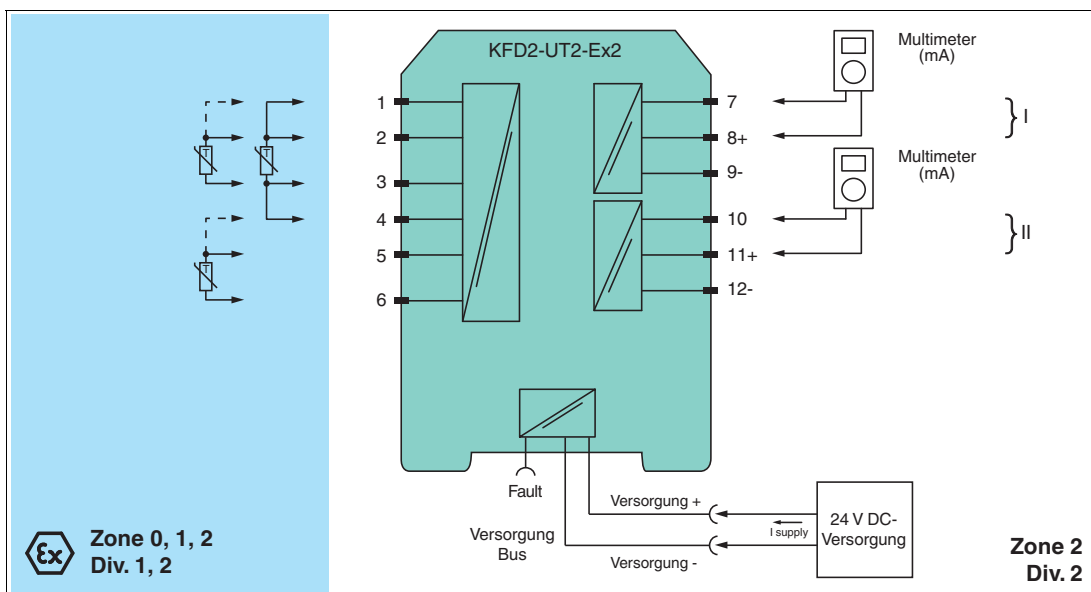


Abbildung 5.2 Aufbau Wiederholungsprüfung für KFD2-UT2-(Ex)\*(-1) mit Widerstandsthermometer-Eingang (RTD)  
Verwendung in Zone 0, 1, 2/Div. 1, 2 nur für KFD2-UT2-Ex1(-1) und KFD2-UT2-Ex2(-1)  
1-kanalige Varianten KFD2-UT2-1(-1) und KFD2-UT2-Ex1(-1) haben nur einen Kanal.



### Ablauf der Wiederholungsprüfung

- Schließen Sie einen RTD-Simulator abhängig von der Anwendung an.
  - bei 4-Draht-Anschluss: Anschlussklemmen 1, 2, 3 und 4
  - bei 3-Draht-Anschluss: Anschlussklemmen 1, 2, 3 (Kanal I) und 4, 5, 6 (Kanal II)
  - bei 2-Draht-Anschluss: Anschlussklemmen 2, 3 (Kanal I) und 5, 6 (Kanal II)
- Schließen Sie das digitale Multimeter an die Anschlussklemmen 7 und 8 (Kanal I) und 10 und 11 (Kanal II) an.
- Stellen Sie den RTD-Simulator schrittweise auf die Temperaturwerte ein, die am Ausgang die Werte 4 mA, 12 mA, 20 mA repräsentieren.
- Messen Sie den Ausgangsstrom.
 

↳ Die Wiederholungsprüfung ist erfolgreich, wenn die Ausgangswerte innerhalb von 2 % der Ausgangsspanne liegen.<sup>1</sup> Das bedeutet:

  - für die 4-mA-Anwendung: 3,7 mA ... 4,3 mA
  - für die 12-mA-Anwendung: 11,7 mA ... 12,3 mA
  - für die 20-mA-Anwendung: 19,7 mA ... 20,3 mA
- Verursachen Sie einen Kurzschluss zwischen den Anschlussklemmen 2 und 3 (Kanal I) und zwischen den Anschlussklemmen 5 und 6 (Kanal II). Entfernen Sie den RTD-Simulator dabei nicht. Prüfen Sie, ob ein Kurzschluss der Klemmstellenkompensation erkannt wird.
 

↳ Die rote LED blinkt. Das Ausgangsverhalten hängt im Fehlerfall von der Gerätekonfiguration ab.

<sup>1</sup> Zusätzlich muss die Diagnose im Regelkreis geprüft werden, um nachzuweisen, dass die Fehlermeldung über den Stromausgang ordnungsgemäß funktioniert. Der Ausgangsstrom hängt im Fehlerfall von der Gerätekonfiguration ab. Dokumentieren Sie diese Konfiguration und den daraus resultierenden Fehlersignalstrom im Prüfprotokoll. Beispiel: Wenn Absteuern konfiguriert ist, muss bei einem Ausfall 2,0 mA  $\pm$  1 % gemessen werden. Die rote LED muss blinken.



6. Entfernen Sie den RTD-Simulator. Prüfen Sie, ob ein Leitungsbruch erkannt wird.  
↳ Die rote LED blinkt. Das Ausgangsverhalten hängt im Fehlerfall von der Gerätekonfiguration ab.
7. Setzen Sie das Gerät nach der Prüfung auf die ursprünglichen Einstellungen zurück.

### 5.2.3 Spannungseingang (mV)

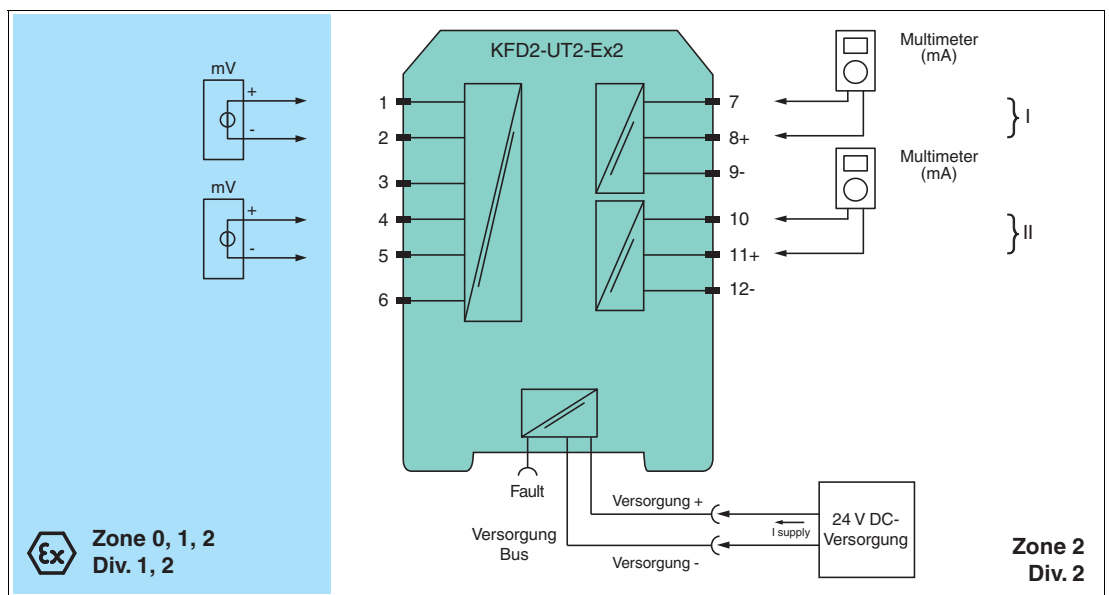


Abbildung 5.3 Aufbau Wiederholungsprüfung für KFD2-UT2-(Ex)\*(-1) mit Spannungseingang (mV)  
Verwendung in Zone 0, 1, 2/Div. 1, 2 nur für KFD2-UT2-Ex1(-1) und KFD2-UT2-Ex2(-1)  
1-kanalige Varianten KFD2-UT2-1(-1) und KFD2-UT2-Ex1(-1) haben nur einen Kanal.



#### Ablauf der Wiederholungsprüfung

1. Schließen Sie eine Spannungsquelle an die Anschlussklemmen 1 und 2 (Kanal I) und 4 und 5 (Kanal II) an.
2. Schließen Sie das digitale Multimeter an die Anschlussklemmen 7 und 8 (Kanal I) und 10 und 11 (Kanal II) an.
3. Stellen Sie die Spannungsquelle schrittweise auf die Spannungswerte ein, die am Ausgang die Werte 4 mA, 12 mA, 20 mA repräsentieren.
4. Messen Sie den Ausgangsstrom.
  - ↳ Die Wiederholungsprüfung ist erfolgreich, wenn die Ausgangswerte innerhalb von 2 % der Ausgangsspanne liegen. <sup>1</sup> Das bedeutet:
    - für die 4-mA-Anwendung: 3,7 mA ... 4,3 mA
    - für die 12-mA-Anwendung: 11,7 mA ... 12,3 mA
    - für die 20-mA-Anwendung: 19,7 mA ... 20,3 mA
5. Entfernen Sie die Spannungsquelle. Prüfen Sie, ob ein Leitungsbruch erkannt wird.
  - ↳ Die rote LED blinkt. Das Ausgangsverhalten hängt im Fehlerfall von der Gerätekonfiguration ab.
6. Setzen Sie das Gerät nach der Prüfung auf die ursprünglichen Einstellungen zurück.

<sup>1</sup> Zusätzlich muss die Diagnose im Regelkreis geprüft werden, um nachzuweisen, dass die Fehlermeldung über den Stromausgang ordnungsgemäß funktioniert. Der Ausgangsstrom hängt im Fehlerfall von der Gerätekonfiguration ab. Dokumentieren Sie diese Konfiguration und den daraus resultierenden Fehlersignalstrom im Prüfprotokoll. Beispiel: Wenn Absteuern konfiguriert ist, muss bei einem Ausfall 2,0 mA  $\pm$  1 % gemessen werden. Die rote LED muss blinken.

## 5.2.4 Potenziometereingang

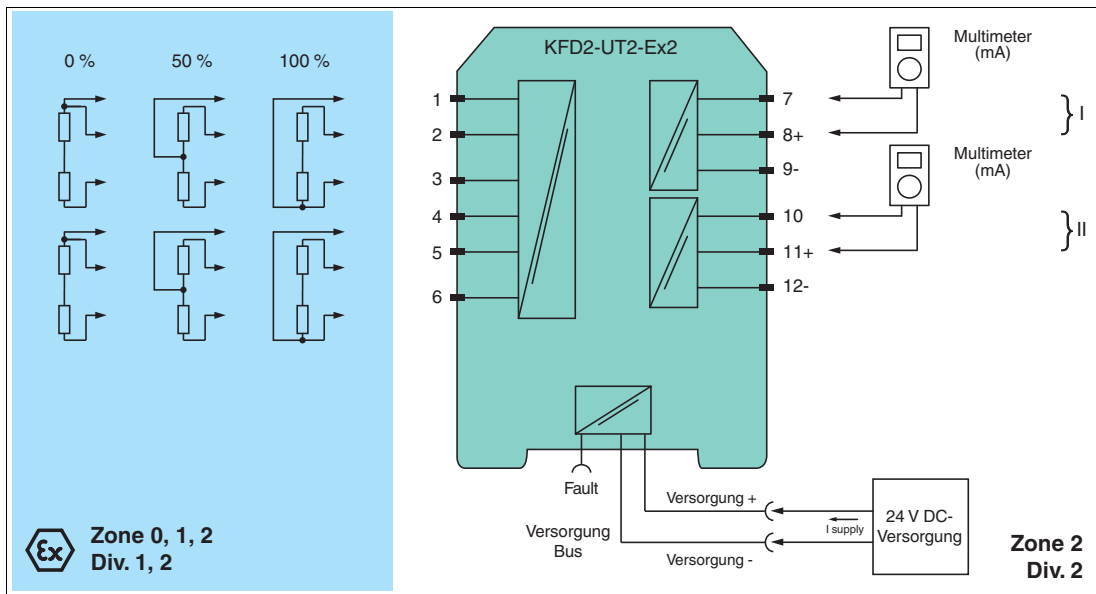


Abbildung 5.4 Aufbau Wiederholungsprüfung für KFD2-UT2-(Ex)\*(-1) mit Potenziometereingang  
Verwendung in Zone 0, 1, 2/Div. 1, 2 nur für KFD2-UT2-Ex1(-1) und KFD2-UT2-Ex2(-1)  
1-kanalige Varianten KFD2-UT2-1(-1) und KFD2-UT2-Ex1(-1) haben nur einen Kanal.

### Ablauf der Wiederholungsprüfung für den Ausgang als Stromquelle

Die Widerstandswerte, die zur Simulation des Potenziometers verwendet werden, sind so zu wählen, dass sie bei Reihenschaltung den vollen Skalenendwert des Potenziometers darstellen. Die einzelnen Widerstände müssen den gleichen Widerstandswert und eine Genauigkeit von 1 % besitzen.

1. Schließen Sie die Reihewiderstände für 0 %, 50 % und 100 % des Potenziometerwertes an die Anschlussklemmen 2 und 3 (Kanal I) und 5 und 6 (Kanal II) an, siehe Abbildung.
2. Schließen Sie den Wischereingang für die Verbindung mit dem Simulationswiderstand an die Anschlussklemmen 1 (Kanal I) und 4 (Kanal II) an.
3. Schließen Sie das digitale Multimeter an die Anschlussklemmen 7 und 8 (Kanal I) und 10 und 11 (Kanal II) an.
4. Stellen Sie den Simulationswiderstand auf 0 %, 50 % und 100 % des Potenziometerwertes.
5. Messen Sie den Ausgangsstrom.
  - ↳ Die Wiederholungsprüfung ist erfolgreich, wenn die Ausgangswerte innerhalb von 2 % der Ausgangsspanne liegen. <sup>1</sup> Das bedeutet:
    - für 0 % des Potenziometerwertes: 3,7 mA ... 4,3 mA
    - für 50 % des Potenziometerwertes: 11,7 mA ... 12,3 mA
    - für 100 % des Potenziometerwertes: 19,7 mA ... 20,3 mA
6. Entfernen Sie die Reihewiderstände.
7. Setzen Sie das Gerät nach der Prüfung auf die ursprünglichen Einstellungen zurück.

<sup>1</sup> Zusätzlich muss die Diagnose im Regelkreis geprüft werden, um nachzuweisen, dass die Fehlermeldung über den Stromausgang ordnungsgemäß funktioniert. Der Ausgangsstrom hängt im Fehlerfall von der Gerätekonfiguration ab. Dokumentieren Sie diese Konfiguration und den daraus resultierenden Fehlersignalstrom im Prüfprotokoll. Beispiel: Wenn Absteuern konfiguriert ist, muss bei einem Ausfall 2,0 mA  $\pm$  1 % gemessen werden. Die rote LED muss blinken.

## Wiederholungsprüfung für den Ausgang als Stromsenke

Die Kriterien für eine erfolgreiche Wiederholungsprüfung, die für den Ausgang als Stromquelle angegeben sind, gelten auch für den Ausgang als Stromsenke. Zusätzlich zum oben beschriebenen Testaufbau muss am Ausgang eine Spannungsquelle angeschlossen werden, die die ursprüngliche Anwendung simuliert.



## Ablauf der Wiederholungsprüfung für Ausgang als Spannungsquelle

Die Widerstandswerte, die zur Simulation des Potenziometers verwendet werden, sind so zu wählen, dass sie bei Reihenschaltung den vollen Skalenendwert des Potenziometers darstellen. Die einzelnen Widerstände müssen den gleichen Widerstandswert und eine Genauigkeit von 1 % besitzen.

1. Schließen Sie die Reihenwiderstände für 0 %, 50 % und 100 % des Potenziometerwertes an die Anschlussklemmen 2 und 3 (Kanal I) und 5 und 6 (Kanal II) an, siehe Abbildung.
2. Schließen Sie den Wischereingang für die Verbindung mit dem Simulationswiderstand an die Anschlussklemmen 1 (Kanal I) und 4 (Kanal II) an.
3. Schließen Sie das digitale Multimeter an die Anschlussklemmen 7 und 8 (Kanal I) und 10 und 11 (Kanal II) an.
4. Stellen Sie den Simulationswiderstand auf 0 %, 50 % und 100 % des Potenziometerwertes.
5. Messen Sie die Ausgangsspannung.  
↳ Die Wiederholungsprüfung ist erfolgreich, wenn die Ausgangswerte innerhalb von 2 % der Ausgangsspanne liegen. Das bedeutet:
  - für 0 % des Potenziometerwertes: 0,9 V ... 1,1 V
  - für 50 % des Potenziometerwertes: 2,4 V ... 2,6 V
  - für 100 % des Potenziometerwertes: 4,9 V ... 5,1 V
6. Entfernen Sie die Reihenwiderstände.
7. Setzen Sie das Gerät nach der Prüfung auf die ursprünglichen Einstellungen zurück.

## Relativer Anteil der aufgedeckten Fehler (Proof Test Coverage)

Der relative Anteil der aufgedeckten Fehler wird mit mindestens 90 % angenommen.

Mit  $\lambda_{du} = 66$  FIT (Gerät), kann die Wiederholungsprüfung nur 60 FIT ergeben.

## 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.



## 7 Abkürzungsverzeichnis

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| <b>ESD</b>                            | <b>Emergency Shutdown</b> (Notabschaltung)   |
| <b>FIT</b>                            | <b>Failure In Time</b> (Ausfälle pro Zeit) in $10^{-9}$ 1/h  |
| <b>FMEDA</b>                          | <b>Failure Mode, Effects, and Diagnostics Analysis</b> (Ausfallarten-, Ausfalleinfluss- und Ausfallaufdeckungsanalyse)   |
| $\lambda_s$                           | Wahrscheinlichkeit eines sicheren Ausfalls   |
| $\lambda_{dd}$                        | Wahrscheinlichkeit eines gefahrbringenden erkannten Ausfalls   |
| $\lambda_{du}$                        | Wahrscheinlichkeit eines gefahrbringenden unerkannten Ausfalls   |
| $\lambda_{no\ effect}$                | Wahrscheinlichkeit von Ausfällen von Bauteilen im Sicherheitskreis, 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 Bauteilen, die nicht zum Sicherheitskreis gehören   |
| $\lambda_{total\ (safety\ function)}$ | Wahrscheinlichkeit von Ausfällen von Bauteilen, die zum Sicherheitskreis gehören   |
| <b>HFT</b>                            | <b>Hardware Fault Tolerance</b> (Hardware-Fehlertoleranz)  |
| <b>MTBF</b>                           | <b>Mean Time Between Failures</b> (mittlere Betriebsdauer zwischen Ausfällen)  |
| <b>MTTR</b>                           | <b>Mean Time To Restoration</b> (mittlere Dauer bis zur Wiederherstellung)   |
| <b>PFD<sub>avg</sub></b>              | <b>Average Probability of dangerous Failure on Demand</b> (mittlere Wahrscheinlichkeit eines gefahrbringenden Ausfalls bei Anforderung)  |
| <b>PFH</b>                            | <b>Average frequency of dangerous failure per hour</b> (mittlere Häufigkeit eines gefahrbringenden Ausfalls pro Stunde)  |
| <b>PLS</b>                            | <b>Prozessleitsystem</b>   |
| <b>PTC</b>                            | <b>Proof Test Coverage</b> (relativer Anteil der aufgedeckten Fehler)  |
| <b>SC</b>                             | <b>Systematic Capability</b> (systematische Eignung)   |
| <b>SFF</b>                            | <b>Safe Failure Fraction</b> (Anteil sicherer Ausfälle)  |
| <b>SIF</b>                            | <b>Safety Instrumented Function</b> (sicherheitstechnische Funktion)   |
| <b>SIL</b>                            | <b>Safety Integrity Level</b> (Sicherheits-Integritätslevel)   |
| <b>SIS</b>                            | <b>Safety Instrumented System</b> (sicherheitstechnisches System)  |
| <b>SPS</b>                            | <b>speicherprogrammierbare Steuerung</b>   |
| <b>T<sub>1</sub></b>                  | <b>Proof Test Interval</b> (Wiederholungsprüfungs-Intervall)   |
| <b>T<sub>service</sub></b>            | <b>Zeit von der Inbetriebnahme bis zur Außerbetriebnahme des Gerätes</b>   |





# PROZESSAUTOMATION – PROTECTING YOUR PROCESS



## Zentrale weltweit

Pepperl+Fuchs-Gruppe  
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)

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

Änderungen vorbehalten  
Copyright PEPPERL+FUCHS • Printed in Germany

DOCT-6554  
10/2019