



## H250 M40 Zusatzanleitung

Schwebekörper-Durchflussmessgerät

Sicherheitshandbuch nach IEC 61508:2010



<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>4</b>
1.1	Allgemeine Hinweise .....	4
1.2	Einsatzbereich .....	4
1.3	Vorteile für den Bediener .....	4
1.4	Relevante Normen / Literatur .....	4
<b>2</b>	<b>Begriffe und Definitionen</b>	<b>5</b>
2.1	Beschreibung der verwendeten Begriffe .....	5
2.2	Beschreibung des betreffenden Umgebungsprofils .....	6
<b>3</b>	<b>Beschreibung</b>	<b>7</b>
3.1	Beschreibung des Teilsystems .....	7
3.2	Funktionsprinzip .....	8
3.3	Bestimmungsgemäße Verwendung .....	9
<b>4</b>	<b>Spezifikation der Sicherheitsfunktion</b>	<b>10</b>
4.1	Beschreibung der Ausfallkategorien .....	10
<b>5</b>	<b>Projektierung</b>	<b>11</b>
5.1	Gültige Gerätedokumentation .....	11
5.2	Projektierung, Verhalten während des Betriebs und Fehlfunktionen .....	11
<b>6</b>	<b>Lebensdauer / Wiederholungsprüfungen</b>	<b>12</b>
6.1	Lebensdauer .....	12
6.2	Wiederholungsprüfungen .....	13
<b>7</b>	<b>Sicherheitsbezogene Eigenschaften</b>	<b>14</b>
7.1	Annahmen .....	14
7.2	Sicherheitstechnische Kennzahlen für Geräte mit Standard Grenzwertgebern SC2-N0 .....	16
7.2.1	Geräte mit Standard-Grenzwertgebern SC3,5-N0 und Standardanzeige M40 .....	16
7.2.2	Geräte mit Standard-Grenzwertgebern SC3,5-N0 und Hochtemperaturanzeige M40/HT .....	17
7.3	Sicherheitstechnische Kennzahlen für Geräte mit Sicherheits-Grenzwertgebern SJ3,5-SN/S1N .....	18
7.3.1	Geräte mit Sicherheits-Grenzwertgebern SJ3,5-SN/S1N und Standardanzeige M40 .....	18
7.3.2	Geräte mit Sicherheits-Grenzwertgebern SJ3,5-SN/S1N und Hochtemperaturanzeige M40/HT .....	19
7.4	Sicherheitstechnische Kennzahlen für Geräte mit 4...20 mA Stromausgang .....	20
7.4.1	Geräte mit 4...20 mA Stromausgang und Standardanzeige M40 .....	20
7.4.2	Geräte mit 4...20 mA Stromausgang und Hochtemperaturanzeige M40/HT .....	21

8 Anhang	22
8.1 Anhang 1 .....	22
8.2 Anhang 2 .....	23

## 1.1 Allgemeine Hinweise

Diese zusätzliche Anleitung gilt für die SIL-konformen Ausführungen der Schwebekörper-Durchflussmessgeräte. Sie ergänzt die Standardanleitung und die Ex-Zusatanleitung.

Diese Zusatanleitung enthält nur die für die funktionale Sicherheit geltenden Daten. Die in der Standardanleitung aufgeführten technischen Daten und Anweisungen gelten unverändert, sofern sie nicht durch diese Zusatanleitung ausgeschlossen oder ersetzt werden.

## 1.2 Einsatzbereich

Messung des Durchflusses von Flüssigkeiten, Gasen und Dämpfen in Übereinstimmung mit den speziellen Sicherheitsanforderungen nach IEC 61508.

### Das Messgerät erfüllt die Anforderungen in Bezug auf:

- Funktionale Sicherheit nach IEC 61508-2:2010 (Ausgabe 2)
- EMV-Richtlinie 2014/30/EG
- ATEX-Richtlinie 2014/34/EG
- Druckgeräterichtlinie 2014/68/EG

Weitere Informationen finden Sie in der Konformitätserklärung des H250 M40 auf der Internetseite des Herstellers.

## 1.3 Vorteile für den Bediener

### Verwendung für

- Durchflussüberwachung
- Kontinuierliche Durchflussmessung und lokale Analoganzeige
- Einfache Inbetriebnahme
- Hervorragendes Preis-Leistungsverhältnis

## 1.4 Relevante Normen / Literatur

[N1]	IEC 61508-2:2010 – Funktionale Sicherheit von sicherheitsbezogenen elektrischen/elektronischen/programmierbaren elektronischen Systemen
[N2]	Electrical & Mechanical Component Reliability Handbook, 4. Ausgabe 2017, exida L.L.C.
[N3]	IEC 60654-1:1993-02 2. Ausgabe, Leittechnische Einrichtungen für industrielle Prozesse – Umgebungsbedingungen – Teil 1: Klimatische Einflüsse

Tabelle 1-1: Relevante Normen

## 2.1 Beschreibung der verwendeten Begriffe

DC <sub>D</sub>	Diagnostic Coverage of dangerous failures (Diagnosedeckungsgrad von gefährlichen Ausfällen)
FIT	Failure In Time (1x10 <sup>-9</sup> Ausfälle pro Stunde)
FMEDA	Failure Modes, Effects and Diagnostic Analysis (Ermittlung von Fehlerursachen und deren Auswirkung auf das System)
HFT	Hardware Fault Tolerance (Hardware-Fehlertoleranz)
Low Demand Mode (Betriebsart mit niedriger Anforderungsrate)	Betriebsart, bei die Anforderung an die Sicherheitsfunktion eines sicherheitsbezogenen Systems nicht mehr als einmal pro Jahr und nicht mehr als zweimal im Prüfzyklus erfolgt.
PFD <sub>AVG</sub>	Average Probability of Failure on Demand (durchschnittliche Wahrscheinlichkeit gefährlicher Ausfälle der Sicherheitsfunktion im Anforderungsfall)
SIF	Safety Instrumented Function (Sicherheitskette)
SIL	Safety Integrity Level (Sicherheitsintegritätslevel)
Komponente Typ A	"Nicht komplexes" Teilsystem (alle Ausfallarten sind klar definiert); weitere Einzelheiten siehe 7.4.4.1.2 von IEC 61508-2.
Komponente Typ B	"Komplexes" Teilsystem (alle Ausfallarten sind klar definiert); weitere Einzelheiten siehe 7.4.4.1.3 von IEC 61508-2.
T[Proof]	Proof Test Interval (Intervall für die Wiederholungsprüfung)

Tabelle 2-1: Beschreibung der verwendeten Begriffe

## 2.2 Beschreibung des betreffenden Umgebungsprofils

exida Profil	3
Beschreibung (elektrisch)	Allgemeine Feldmontage; Selbsterwärmung
Beschreibung (mechanisch)	Allgemeine Feldmontage
IEC 60654-1 Profil	C3; auch gültig für D1
Durchschnittliche Umgebungstemperatur	25°C
Durchschnittliche Innentemperatur	45°C
Tägliche Temperaturschwankungen (pk-pk)	25°C
Jahreszeitliche Temperaturschwankungen (Durchschnitt im Winter gegenüber Durchschnitt im Sommer)	40°C
Exposition gegenüber Witterungseinflüssen	Ja
Feuchte (Nennwert gemäß IEC 60068-2-3)	0...100% kondensierend
Stöße (Nennwert gemäß IEC 60068-2-27)	15 g
Vibration (Nennwert gemäß IEC 60068-2-6)	3 g
Chemische Korrosion (Nennwert gemäß ISA 71.04)	G3
Stoßspannung (Nennwert gemäß IEC 61000-4-5)	Leitung-Leitung: 0,5 kV
	Leitung-Erde: 1 kV
Störanfälligkeit (Nennwert gemäß IEC 61000-4-3)	80 MHz...1,4 GHz: 10 V/m
	1,4 GHz...2,0 GHz: 3 V/m
	2,0 GHz...2,7 GHz: 1 V/m
Elektrostatische Entladung (Luft) (Nennwert gemäß IEC 61000-4-2)	6 kV

Tabelle 2-2: Beschreibung des betreffenden Umgebungsprofils

### 3.1 Beschreibung des Teilsystems



Abbildung 3-1: H250 M40 - Anzeigenversionen

- ① Standardanzeige M40
- ② Hochtemperaturanzeige M40/HT

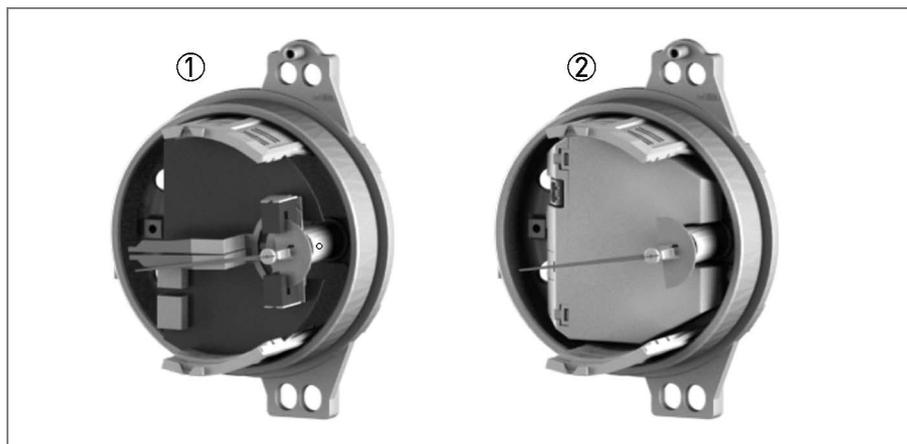


Abbildung 3-2: H250 M40 mit elektrischen Einbauten

- ① Ausführung mit K1/K2
- ② Ausführung mit ESK4

#### Ausführungen der Prozessanschlüsse

- Standard: Am Messrohr angeschweißte Prozessanschlüsse wie z. B. Flansche oder NPT/G Innengewinde
- Optional: Vom Messrohr abnehmbare Prozessanschlüsse für NPT/G oder Anschweißenden, die mittels Überwurfmutter und O-Ring am Messrohr angeschraubt sind.  
Die sicherheitstechnischen Kennzahlen für diese Varianten sind jeweils separat ausgewiesen.

## 3.2 Funktionsprinzip

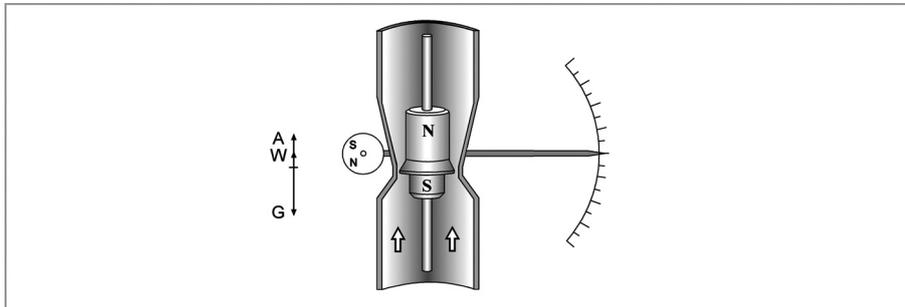


Abbildung 3-3: Funktionsprinzip

Das Durchflussmessgerät arbeitet nach dem Schwebekörper-Messprinzip.

Das Messteil H250 besteht aus einem Metallkonus, in dem sich ein Schwebekörper mit geeigneter Form frei auf und ab bewegen kann.

Das Durchflussmessgerät befindet sich in einer senkrechten Rohrleitung, die von unten nach oben mit dem Messstoff durchströmt wird.

Der geführte Schwebekörper stellt sich so ein, dass die an ihm angreifende Auftriebskraft  $A$ , der Formwiderstand  $W$  und sein Gewicht  $G$  im Gleichgewicht sind:  $G = A + W$

Auf diese Weise ergibt sich ein Ringspalt, dessen Breite vom aktuellen Durchfluss abhängt.

Bei der Anzeige wird die durchflussabhängige Höhenstellung des Schwebekörpers im Messteil durch eine magnetische Kopplung übertragen und auf einer Skale angezeigt.

Starke, externe Magnetfelder können zu Messwertfehlern führen.

### 3.3 Bestimmungsgemäße Verwendung



**VORSICHT!**

Die Verantwortung für den Einsatz der Messgeräte hinsichtlich Eignung, bestimmungsgemäßer Verwendung und Korrosionsbeständigkeit der verwendeten Werkstoffe gegenüber dem Messstoff liegt allein beim Betreiber.



**INFORMATION!**

Dieses Gerät ist ein Gerät der Gruppe 1, Klasse A gemäß CISPR11. Es ist für den Einsatz in industrieller Umgebung bestimmt. In anderen Umgebungen kann es möglicherweise infolge von leitungsgeführten sowie gestrahlten Störeinflüssen zu Schwierigkeiten bei der Einhaltung der elektromagnetische Verträglichkeit kommen.



**INFORMATION!**

Elektromagnetische Felder mit Feldstärken größer 10 V/m am Installationsort können die Messgenauigkeit beeinflussen.



**INFORMATION!**

Der Hersteller haftet nicht für Schäden, die aus unsachgemäßem oder nicht bestimmungsgemäßem Gebrauch entstehen.

Die Schwebekörper-Durchflussmessgeräte sind für die Messung von sauberen Gasen, Dämpfen und Flüssigkeiten geeignet.

#### Bestimmungsgemäße Verwendung

- Der Messstoff darf keine ferromagnetischen Partikel oder Feststoffe enthalten. Gegebenenfalls sind Magnetfilter oder mechanische Filter einzubauen.
- Der Messstoff muss ausreichend fließfähig und ablagerungsfrei sein.
- Druckschläge sowie pulsierende Durchflüsse sind zu vermeiden.
- Ventile sind langsam zu öffnen. Magnetventile sollten nicht verwendet werden.
- Für eine genaue Durchflussmessung müssen die Anwendungsdaten mit den Auslegungsdaten und der Kalibrierung des Schwebekörper-Durchflussmessgeräts übereinstimmen.

#### Kompressionsschwingungen bei Gasmessungen sind durch geeignete Maßnahmen zu beseitigen

- Kurze Rohrleitungsstrecken bis zur nächsten Drosselstelle
- Rohrnennweite nicht größer als Gerätenennweite
- Verwendung von Schwebekörpern mit Dämpfung
- Erhöhung des Betriebsdrucks (unter Beachtung der sich daraus ergebenden Dichteänderung und damit Skalenänderung)



**GEFAHR!**

Bei Geräten, die in explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt werden, gelten zusätzlich die sicherheitstechnischen Hinweise in der Ex-Dokumentation.



**VORSICHT!**

Verwenden Sie keine abrasiven Messstoffe und keine Messstoffe mit Feststoffpartikeln oder hohen Viskositäten.

## 4.1 Beschreibung der Ausfallkategorien

Die folgenden Definitionen dienen der Beurteilung des Ausfallverhaltens der H250 M40 Schwebkörper-Durchflussmessgeräte:

Fail-Safe (Ungefährlicher Ausfall)	Ein Ausfall, nach dem das Teilsystem ohne Anforderung des Prozesses auf den definierten ausfallsicheren Status schaltet.
Fail Dangerous Undetected (Gefährlicher unentdeckter Ausfall)	Ein gefährlicher Ausfall, der von den internen Diagnosefunktionen nicht entdeckt wurde.
Fail Dangerous Detected (Gefährlicher entdeckter Ausfall)	Ein gefährlicher Ausfall, der von den internen Diagnosefunktionen entdeckt wurde (diese Art Ausfall kann in den ausgewählten ausfallsicheren Status umgewandelt werden).
Fail No Effect (Ausfall ohne Auswirkungen)	Der Ausfall einer Komponente, die Teil der Sicherheitsfunktion ist, der jedoch weder ein ungefährlicher noch ein gefährlicher Ausfall ist und keine Auswirkungen auf die Sicherheitsfunktion hat.

Tabelle 4-1: Beschreibung der Ausfallkategorien

Fail-Safe State (Ausfallsicherer Status)	Der ausfallsichere Status wird als spannungsloser Ausgang definiert.
Fail Dangerous (Gefährlicher Ausfall)	Ein Ausfall, der nicht auf die jeweilige Anforderung des Prozesses anspricht (d. h. nicht auf den definierten ausfallsicheren Status schalten kann).

Tabelle 4-2: H250 M40 mit Ausgang für induktive Grenzwertschalter

Fail-Safe State (Ausfallsicherer Status)	Der ausfallsichere Status wird als Ausgang definiert, der den anwenderdefinierten Grenzwert überschreitet.
Fail Dangerous (Gefährlicher Ausfall)	Ein Ausfall, der nicht auf die jeweilige Anforderung des Prozesses anspricht (d. h. nicht auf den definierten ausfallsicheren Status schalten kann) oder der mehr als 2,5% des kompletten Bereichs vom Ausgangsstrom abweicht.
Fail High (Ausfall Hoch)	Ein Ausfall, nach dem das Ausgangssignal auf den maximalen Ausgangsstrom (>21 mA) nach NAMUR NE43 steigt.
Fail Low (Ausfall Niedrig)	Ein Ausfall, nach dem das Ausgangssignal auf den minimalen Ausgangsstrom (<3,6 mA) nach NAMUR NE43 sinkt.

Tabelle 4-3: H250 M40 mit 4...20 mA Ausgang

Die Ansprechzeit auf eine Anforderung des H250 M40 beträgt < 2 Sekunden.

## 5.1 Gültige Gerätedokumentation

[D1]	TD H250/M40-Rxx-de Technisches Datenblatt H250 M40 - Schwebekörper-Durchflussmessgerät
[D2]	MA H250/M40-Rxx-de Handbuch, einschließlich Montage- und Betriebsanleitung
[D3]	exida FMEDA Report: KROHNE 10/10020361 R010 Version 2 und Version 3

Tabelle 5-1: Gültige Gerätedokumentation

## 5.2 Projektierung, Verhalten während des Betriebs und Fehlfunktionen

- Die Beanspruchung muss im Durchschnitt für Außenbereiche in industriellen Umgebungen liegen und etwa dem exida Profil 3 (für Details siehe *Beschreibung des betreffenden Umgebungsprofils* auf Seite 6) mit Temperaturgrenzen innerhalb der Nennwerte des Herstellers entsprechen.  
Andere umweltrelevante Eigenschaften müssen innerhalb der vom Hersteller angegebenen Nennwerte liegen.
- Unter normalen Bedingungen beträgt die maximale Betriebszeit 10 Jahre.
- Die in der Betriebsanleitung genannten Anforderungen müssen eingehalten werden.
- Die Reparatur- und Prüfintervalle müssen den Sicherheitsberechnungen entsprechen.
- Folgen Sie die in der gedruckten Anleitung des Herstellers angeführten Anweisungen zur Reparatur.
- Änderungen ohne eigene Autorisierung seitens des Herstellers sind streng untersagt.
- Befolgen Sie die Montage- und Bedienhinweise.
- Das Anwendungsprogramm im Sicherheits-/Logiksystem ist auf die Erkennung von Ausfällen ausgelegt, die die untere und obere Grenze überschreiten, und löst bei solchen Ausfällen nicht automatisch aus; aus diesem Grund wurden diese Ausfälle als gefährliche entdeckte Ausfälle klassifiziert. Die Ausfallraten des Sicherheits-/Logiksystems sind nicht in den aufgelisteten Ausfallraten enthalten.
- Die FMEDA-Parameter gelten als Hilfestellung bei der Planung. Der Endanwender ist für die allgemeine funktionale Sicherheit der Anwendung verantwortlich.
- Eine Hilfe für den korrekten Bestelltext finden Sie in Anhang 1.

## 6.1 Lebensdauer

Auf der Grundlage der Methode für die Wahrscheinlichkeitsrechnung ist von einer konstanten Ausfallrate auszugehen; dies gilt jedoch nur unter der Voraussetzung, dass die Lebensdauer der Komponenten nicht überschritten wird.

Nach der Lebensdauer verliert das Ergebnis der Wahrscheinlichkeitsrechnung seine Bedeutung, da die Wahrscheinlichkeit zu Ausfällen im Laufe der Zeit deutlich zunimmt.

Die Lebensdauer hängt stark von der Komponente und ihren Betriebsbedingungen ab, insbesondere von der Temperatur (Elektrolyt-Kondensatoren beispielsweise können sehr empfindlich sein).

Die Annahme einer konstanten Ausfallrate basiert auf der Badewannenkurve, die das typische Verhalten von elektronischen Komponenten darstellt. Die  $PFD_{AVG}$ -Berechnung gilt daher nur für Komponenten, die eine solche Ausfallrate aufweisen, und die Berechnung gilt nur über die Lebensdauer der einzelnen Komponenten.

Es wird davon ausgegangen, dass ein großer Anteil frühzeitiger Ausfälle in der Installationsphase entdeckt wird, daher gilt die Annahme einer konstanten Ausfallrate während der Lebensdauer.

Nach IEC 61508-2 Abschnitt 7.4.9.5 ist von einer Lebensdauer basierend auf Erfahrungswerten auszugehen.

Nach IEC 61508-2 Abschnitt 7.4.9.5 Anmerkung 3 zeigt die Erfahrung, dass die Lebensdauer oft zwischen 8 bis 12 Jahren liegt.

Wie empfohlen die Betriebsdauer für Schwebekörper-Durchflussmessgeräte in sicherheitsgerichteten Anwendungen nicht über 10 Jahre auszudehnen. Wenn jedoch seitens des Anwenders das Gerät über seine Lebenszeit überwacht wird und entsprechende Ergebnisse aufzeigt (z. B. konstante Ausfallrate), kann in Verantwortung des Betreibers die Betriebsdauer verlängert werden.

Für die erforderliche zyklische Wiederholungsprüfung siehe *Wiederholungsprüfungen* auf Seite 13.

## 6.2 Wiederholungsprüfungen

Mögliche Wiederholungsprüfungen zur Erkennung von gefährlichen unentdeckten Ausfällen

### Wiederholungsprüfung für H250/M40/K1(2) mit induktiven Grenzwertschaltern

1. Treffen Sie angemessene Maßnahmen, um ein falsches Auslösen zu verhindern.
2. Prüfen Sie das Gerät auf sichtbare Schäden, Korrosion oder Verschmutzung.
3. Forcieren Sie das H250 M40 Schwebekörper-Durchflussmessgerät auf einen "MAX" Grenzwert und stellen Sie sicher, dass der induktive Grenzwertschalter auf den ausfallsicheren Status schaltet.
4. Forcieren Sie das H250 M40 Schwebekörper-Durchflussmessgerät auf einen "MIN" Grenzwert und stellen Sie sicher, dass der induktive Grenzwertschalter auf den ausfallsicheren Status schaltet.
5. Stellen Sie den vollen Betrieb des Messkreises wieder her.
6. Stellen Sie den normalen Betrieb wieder her.

Es ist anzunehmen, dass bei der Prüfung circa 99% der möglichen gefährlichen unentdeckten Ausfälle erkannt werden.

### Wiederholungsprüfung für H250/M40/ESK mit 4...20 mA Ausgang

1. Umgehen Sie die Sicherheits-SPS mit einem Bypass oder treffen Sie geeignete Maßnahmen, um ein falsches Auslösen zu verhindern.
2. Prüfen Sie die 5-Punkt-Kalibrierung des H250 M40 Schwebekörper-Durchflussmessgeräts.
3. Forcieren Sie das H250 M40 Schwebekörper-Durchflussmessgerät auf den maximalen Stromausgangswert und stellen Sie sicher, dass der analoge Stromausgang den Wert erreicht.
4. Forcieren Sie das H250 M40 Schwebekörper-Durchflussmessgerät auf den minimalen Stromausgangswert und stellen Sie sicher, dass der analoge Stromausgang den Wert erreicht.
5. Stellen Sie den vollen Betrieb des Messkreises wieder her.
6. Entfernen Sie den Bypass von der Sicherheits-SPS oder stellen Sie den normalen Betrieb auf andere Weise wieder her.

Es ist anzunehmen, dass bei der Prüfung circa 99% der möglichen gefährlichen unentdeckten Ausfälle erkannt werden.



#### **INFORMATION!**

*Um die elektrischen Anschlüsse vorzunehmen und die Sollwerte für den Grenzwertschalter einzustellen, muss das Gehäuse des Geräts geöffnet werden.*

*Bei offenem Gehäuse ist besondere Vorsicht geboten. **Achten Sie darauf, dass es nicht zu Beschädigung des Feinmechanik-Anzeigesystems kommt.** Verformungen des Zeigers oder der Fahne können die Beweglichkeit beeinträchtigen und zu falschen Messungen führen.*

*Die Beweglichkeit muss nach der Montage und bei geschlossenem Gehäuse mithilfe der obligatorischen Wiederholungsprüfung geprüft werden.*

## 7.1 Annahmen

Im Rahmen der "Failure Modes, Effects and Diagnostic Analysis" (FMEDA, Ermittlung von Fehlerursachen und deren Auswirkung auf das System) des H250 M40 Schwebekörper-Durchflussmessgeräts ergaben sich folgende Annahmen.

- Die Ausfallraten sind konstant; Verschleißmechanismen sind nicht inbegriffen.
- Die Ausbreitung von Ausfällen ist nicht relevant.
- Ausfälle aufgrund der unkorrekten Verwendung der H250 M40 Durchflussmessgeräte, insbesondere durch Feuchtigkeit, die durch nicht dicht geschlossene Gehäuse oder nicht ordnungsgemäße Kabelzuführungen durch die Einläufe eintritt, wurden nicht berücksichtigt.
- Ausfälle während der Parametrierung wurden nicht berücksichtigt.
- Vor dem Versand werden ausreichende Prüfungen vorgenommen, um Mängel seitens des Lieferanten oder Herstellungsfehler auszuschließen, die den korrekten und nach den Produktspezifikationen oder der analysierten Bauart vorgesehenen Betrieb verhindern.
- Die mittlere Reparaturzeit nach einem Ausfall (MTTR) nach einem ungefährlichen Ausfall beträgt 24 Stunden.
- Alle Module werden im Low Demand Mode (Betriebsart mit niedriger Anforderungsrate) betrieben.
- Externe Stromausfälle sind nicht inbegriffen.
- Das HART<sup>®</sup>-Protokoll wird beim H250 M40 Durchflussmessgerät nur für die Einstellung und Kalibrierung sowie zu Diagnosezwecken verwendet, nicht jedoch in der normalen sicherheitsbezogenen Betriebsart.
- Anhand einer Fehlersimulation kann die Korrektheit der bei der FMEDA angenommenen Auswirkungen der Ausfälle nachgewiesen werden.
- Die Beanspruchung liegt im Durchschnitt für Außenbereiche in industriellen Umgebungen und kann etwa mit dem exida Profil 3 (für Details siehe *Beschreibung des betreffenden Umgebungsprofils* auf Seite 6) mit Temperaturgrenzen innerhalb der Nennwerte des Herstellers verglichen werden.  
Andere umweltrelevante Eigenschaften müssen innerhalb der vom Hersteller angegebenen Nennwerte liegen.
- Die Sicherheits-Grenzwertgeber SJ3,5-SN/S1N sind an einen NAMUR Sicherheits-Verstärker angeschlossen.  
Die Ausfallraten des Verstärkers sind nicht in den aufgelisteten Ausfallraten enthalten.
- Die Standard-Grenzwertgeber SC3,5-N0 sind an einen NAMUR Standard-Verstärker angeschlossen.  
Die Ausfallraten des Verstärkers sind nicht in den aufgelisteten Ausfallraten enthalten.
- Entweder der 4...20 mA Stromausgang oder die Grenzwertschalterausgänge werden für sicherheitsbezogene Anwendungen verwendet.
- Die Leitungsbruch- und Leitungskurzschlusserkennung ist aktiviert.
- Das Anwendungsprogramm im Sicherheits-/Logiksystem ist auf die Erkennung von Ausfällen ausgelegt, die die untere und obere Grenze überschreiten, und löst bei solchen Ausfällen nicht automatisch aus; aus diesem Grund wurden diese Ausfälle als gefährliche entdeckte Ausfälle klassifiziert. Die Ausfallraten des Sicherheits-/Logiksystems sind nicht in den aufgelisteten Ausfallraten enthalten.

Die **H250/M40/K1(2)** Schwebekörper-Durchflussmessgeräte mit induktiven Grenzwertschaltern sind als **Teilsysteme vom Typ A** (einfache Teilsysteme gemäß IEC 61508-2 Abschnitt 7.4.4.1.2) mit HFT=0 eingestuft.

Das **H250/M40/ESK** Schwebekörper-Durchflussmessgerät mit 4...20mA Ausgang ist als **Teilsystem vom Typ B** (komplexes Teilsystem gemäß IEC 61508-2 Abschnitt 7.4.4.1.3) mit HFT=0 eingestuft.

## 7.2 Sicherheitstechnische Kennzahlen für Geräte mit Standard Grenzwertgebern SC2-N0

### 7.2.1 Geräte mit Standard-Grenzwertgebern SC3,5-N0 und Standardanzeige M40

#### H250/M40/K1(2)-SK mit 1(2) Standard-Grenzwertgebern SC3,5-N0 (MIN/MAX) ①

Umgebungsprofil	$\lambda_{SD}$	$\lambda_{SU}$	$\lambda_{DD}$	$\lambda_{DU}$	MTBF	SIL AC ②
Profil 3 (allgemeine Feldmontage)	0 FIT	81 FIT	10 FIT	77 FIT	376 Jahre	SIL2

Tabelle 7-1: Umgebungsprofil

T[Proof] ③	1 Jahr	2 Jahre	5 Jahre
PFD <sub>AVG</sub> ④	3,68E <sup>-4</sup>	7,02E <sup>-4</sup>	1,70E <sup>-3</sup>

Tabelle 7-2: T[Proof] und PFD<sub>AVG</sub>

#### H250/M40/K1(2)-SK mit 1(2) Standard-Grenzwertgebern SC3,5-N0 (MIN/MAX) ① mit abnehmbaren Prozessanschlüssen (Überwurfmutter, Einlegeteil, O-Ring)

Umgebungsprofil	$\lambda_{SD}$	$\lambda_{SU}$	$\lambda_{DD}$	$\lambda_{DU}$	MTBF	SIL AC ②
Profil 3 (allgemeine Feldmontage)	0 FIT	81 FIT	10 FIT	102 FIT	283 Jahre	SIL2

Tabelle 7-3: Umgebungsprofil

T[Proof] ③	1 Jahr	2 Jahre	5 Jahre
PFD <sub>AVG</sub> ④	4,87E <sup>-4</sup>	9,30E <sup>-4</sup>	2,26E <sup>-3</sup>

Tabelle 7-4: T[Proof] und PFD<sub>AVG</sub>

- ① Der Schaltkontaktausgang ist an einen Standard NAMUR-Verstärker (z. B. Pepperl+Fuchs KF\*\*-SR2-Ex1) angeschlossen. Die Ausfallraten des Verstärkers sind nicht in den aufgelisteten Ausfallraten enthalten.
- ② SIL AC (Architectural Constraints) bedeutet, dass das Element den strukturellen Einschränkungen bis SIL 2 bei HFT=0 für Low Demand Mode-Anwendungen (Betriebsart mit niedriger Anforderungsrate) nach Route 2H entspricht.
- ③ Es wird angenommen, dass die Wiederholungsprüfung mit einer Testabdeckung von 99% durchgeführt wird.
- ④ Der PFD<sub>AVG</sub> wurde mit Hilfe des Markov-Modells für exida Profil 3 (allgemeine Feldmontage) berechnet. Die Ergebnisse müssen mit den PFD<sub>AVG</sub>-Werten anderer Geräte der Sicherheitskette (SIF) kombiniert werden, um die Eignung für einen bestimmten Sicherheitsintegritätslevel (SIL) zu bestimmen.  
Bei SIL1 Anwendungen muss der PFD<sub>AVG</sub>-Wert < 10<sup>-1</sup> sein.  
Bei SIL2 Anwendungen muss der PFD<sub>AVG</sub>-Wert < 10<sup>-2</sup> sein.

## 7.2.2 Geräte mit Standard-Grenzwertgebern SC3,5-N0 und Hochtemperaturanzeige M40/HT

### H250/M40/HT/K1(2)-SK mit 1(2) Standard-Grenzwertgebern SC3,5-N0 (MIN/MAX) ①

Umgebungsprofil	$\lambda_{SD}$	$\lambda_{SU}$	$\lambda_{DD}$	$\lambda_{DU}$	MTBF	SIL AC ②
Profil 3 (allgemeine Feldmontage)	0 FIT	81 FIT	10 FIT	97 FIT	342 Jahre	SIL2

Tabelle 7-5: Umgebungsprofil

T[Proof] ③	1 Jahr	2 Jahre	5 Jahre
PFD <sub>AVG</sub> ④	4,63E <sup>-4</sup>	8,84E <sup>-4</sup>	2,15E <sup>-3</sup>

Tabelle 7-6: T[Proof] und PFD<sub>AVG</sub>

### H250/M40/HT/K1(2)-SK mit 1(2) Standard-Grenzwertgebern SC3,5-N0 (MIN/MAX) ① mit abnehmbaren Prozessanschlüssen (Überwurfmutter, Einlegeteil, O-Ring)

Umgebungsprofil	$\lambda_{SD}$	$\lambda_{SU}$	$\lambda_{DD}$	$\lambda_{DU}$	MTBF	SIL AC ②
Profil 3 (allgemeine Feldmontage)	0 FIT	81 FIT	10 FIT	122 FIT	263 Jahre	SIL2

Tabelle 7-7: Umgebungsprofil

T[Proof] ③	1 Jahr	2 Jahre	5 Jahre
PFD <sub>AVG</sub> ④	5,83E <sup>-4</sup>	1,11E <sup>-3</sup>	2,70E <sup>-3</sup>

Tabelle 7-8: T[Proof] und PFD<sub>AVG</sub>

- ① Der Schaltkontaktausgang ist an einen Standard NAMUR-Verstärker (z. B. Pepperl+Fuchs KF\*\*-SR2-Ex1) angeschlossen. Die Ausfallraten des Verstärkers sind nicht in den aufgelisteten Ausfallraten enthalten.
- ② SIL AC (Architectural Constraints) bedeutet, dass das Element den strukturellen Einschränkungen bis SIL 2 bei HFT=0 für Low Demand Mode-Anwendungen (Betriebsart mit niedriger Anforderungsrate) nach Route 2H entspricht.
- ③ Es wird angenommen, dass die Wiederholungsprüfung mit einer Testabdeckung von 99% durchgeführt wird.
- ④ Der PFD<sub>AVG</sub> wurde mit Hilfe des Markov-Modells für exida Profil 3 (allgemeine Feldmontage) berechnet. Die Ergebnisse müssen mit den PFD<sub>AVG</sub>-Werten anderer Geräte der Sicherheitskette (SIF) kombiniert werden, um die Eignung für einen bestimmten Sicherheitsintegritätslevel (SIL) zu bestimmen.  
Bei SIL1 Anwendungen muss der PFD<sub>AVG</sub>-Wert < 10<sup>-1</sup> sein.  
Bei SIL2 Anwendungen muss der PFD<sub>AVG</sub>-Wert < 10<sup>-2</sup> sein.

### 7.3 Sicherheitstechnische Kennzahlen für Geräte mit Sicherheits-Grenzwertgebern SJ3,5-SN/S1N

#### 7.3.1 Geräte mit Sicherheits-Grenzwertgebern SJ3,5-SN/S1N und Standardanzeige M40

H250/M40/K1(2)-SK mit 1(2) Sicherheits-Grenzwertgebern SJ3,5-SN/S1N (MIN/MAX)

①

Umgebungsprofil	$\lambda_{SD}$	$\lambda_{SU}$	$\lambda_{DD}$	$\lambda_{DU}$	MTBF	SIL AC ②
Profil 3 (allgemeine Feldmontage)	0 FIT	50 FIT	10 FIT	38 FIT	487 Jahre	SIL2

Tabelle 7-9: Umgebungsprofil

T[Proof] ③	1 Jahr	2 Jahre	5 Jahre
PFD <sub>AVG</sub> ④	1,82E <sup>-4</sup>	3,46E <sup>-4</sup>	8,41E <sup>-4</sup>

Tabelle 7-10: T[Proof] und PFD<sub>AVG</sub>

H250/M40/K1(2)-SK mit 1(2) Sicherheits-Grenzwertgebern SJ3,5-SN/S1N (MIN/MAX)

① mit abnehmbaren Prozessanschlüssen (Überwurfmutter, Einlegeteil, O-Ring)

Umgebungsprofil	$\lambda_{SD}$	$\lambda_{SU}$	$\lambda_{DD}$	$\lambda_{DU}$	MTBF	SIL AC ②
Profil 3 (allgemeine Feldmontage)	0 FIT	50 FIT	10 FIT	63 FIT	341 Jahre	SIL2

Tabelle 7-11: Umgebungsprofil

T[Proof] ③	1 Jahr	2 Jahre	5 Jahre
PFD <sub>AVG</sub> ④	3,01E <sup>-4</sup>	5,74E <sup>-4</sup>	1,39E <sup>-3</sup>

Tabelle 7-12: T[Proof] und PFD<sub>AVG</sub>

- ① Der Schaltkontaktausgang ist an einen Sicherheits-NAMUR-Verstärker (z. B. Pepperl+Fuchs K\*\*\*-SH-Ex1) angeschlossen. Die Ausfallraten des Verstärkers sind nicht in den aufgelisteten Ausfallraten enthalten.
- ② SIL AC (Architectural Constraints) bedeutet, dass das Element den strukturellen Einschränkungen bis SIL 2 bei HFT=0 für Low Demand Mode-Anwendungen (Betriebsart mit niedriger Anforderungsrate) nach Route 2H entspricht.
- ③ Es wird angenommen, dass die Wiederholungsprüfung mit einer Testabdeckung von 99% durchgeführt wird.
- ④ Der PFD<sub>AVG</sub> wurde mit Hilfe des Markov-Modells für exida Profil 3 (allgemeine Feldmontage) berechnet. Die Ergebnisse müssen mit den PFD<sub>AVG</sub>-Werten anderer Geräte der Sicherheitskette (SIF) kombiniert werden, um die Eignung für einen bestimmten Sicherheitsintegritätslevel (SIL) zu bestimmen.  
Bei SIL1 Anwendungen muss der PFD<sub>AVG</sub>-Wert < 10<sup>-1</sup> sein.  
Bei SIL2 Anwendungen muss der PFD<sub>AVG</sub>-Wert < 10<sup>-2</sup> sein.

### 7.3.2 Geräte mit Sicherheits-Grenzwertgebern SJ3,5-SN/S1N und Hochtemperaturanzeige M40/HT

#### H250/M40/HT/K1(2)-SK mit 1(2) Sicherheits-Grenzwertgebern SJ3,5-SN/S1N (MIN/MAX) ①

Umgebungsprofil	$\lambda_{SD}$	$\lambda_{SU}$	$\lambda_{DD}$	$\lambda_{DU}$	MTBF	SIL AC ②
Profil 3 (allgemeine Feldmontage)	0 FIT	50 FIT	10 FIT	58 FIT	432 Jahre	SIL2

Tabelle 7-13: Umgebungsprofil

T[Proof] ③	1 Jahr	2 Jahre	5 Jahre
PFD <sub>AVG</sub> ④	2,77E <sup>-4</sup>	5,29E <sup>-4</sup>	1,28E <sup>-3</sup>

Tabelle 7-14: T[Proof] und PFD<sub>AVG</sub>

#### H250/M40/HT/K1(2)-SK mit 1(2) Sicherheits-Grenzwertgebern SJ3,5-SN/S1N (MIN/MAX) ① mit abnehmbaren Prozessanschlüssen (Überwurfmutter, Einlegeteil, O-Ring)

Umgebungsprofil	$\lambda_{SD}$	$\lambda_{SU}$	$\lambda_{DD}$	$\lambda_{DU}$	MTBF	SIL AC ②
Profil 3 (allgemeine Feldmontage)	0 FIT	50 FIT	10 FIT	84 FIT	313 Jahre	SIL2

Tabelle 7-15: Umgebungsprofil

T[Proof] ③	1 Jahr	2 Jahre	5 Jahre
PFD <sub>AVG</sub> ④	4,01E <sup>-4</sup>	7,66E <sup>-4</sup>	1,86E <sup>-3</sup>

Tabelle 7-16: T[Proof] und PFD<sub>AVG</sub>

- ① Der Schaltkontaktausgang ist an einen Sicherheits-NAMUR-Verstärker (z. B. Pepperl+Fuchs K\*\*\*-SH-Ex1) angeschlossen. Die Ausfallraten des Verstärkers sind nicht in den aufgelisteten Ausfallraten enthalten.
- ② SIL AC (Architectural Constraints) bedeutet, dass das Element den strukturellen Einschränkungen bis SIL 2 bei HFT=0 für Low Demand Mode-Anwendungen (Betriebsart mit niedriger Anforderungsrate) nach Route 2H entspricht.
- ③ Es wird angenommen, dass die Wiederholungsprüfung mit einer Testabdeckung von 99% durchgeführt wird.
- ④ Der PFD<sub>AVG</sub> wurde mit Hilfe des Markov-Modells für exida Profil 3 (allgemeine Feldmontage) berechnet. Die Ergebnisse müssen mit den PFD<sub>AVG</sub>-Werten anderer Geräte der Sicherheitskette (SIF) kombiniert werden, um die Eignung für einen bestimmten Sicherheitsintegritätslevel (SIL) zu bestimmen.  
Bei SIL1 Anwendungen muss der PFD<sub>AVG</sub>-Wert < 10<sup>-1</sup> sein.  
Bei SIL2 Anwendungen muss der PFD<sub>AVG</sub>-Wert < 10<sup>-2</sup> sein.

## 7.4 Sicherheitstechnische Kennzahlen für Geräte mit 4...20 mA Stromausgang

### 7.4.1 Geräte mit 4...20 mA Stromausgang und Standardanzeige M40

#### H250/M40/ESK-SE mit 4...20 mA Stromausgang

Umgebungsprofil	$\lambda_{SD}$	$\lambda_{SU}$	$\lambda_{DD}$	$\lambda_{DU}$	MTBF	SIL AC ①
Profil 3 (allgemeine Feldmontage)	0 FIT	0 FIT	293 FIT	110 FIT	170 Jahre	SIL1

Tabelle 7-17: Umgebungsprofil

T[Proof] ②	1 Jahr	2 Jahre	5 Jahre
PFD <sub>AVG</sub> ③	5,37E <sup>-4</sup>	1,02E <sup>-3</sup>	2,46E <sup>-3</sup>

Tabelle 7-18: T[Proof] und PFD<sub>AVG</sub>

#### H250/M40/ESK-SE mit 4...20 mA Stromausgang mit abnehmbaren Prozessanschlüssen (Überwurfmutter, Einlegeteil, O-Ring)

Umgebungsprofil	$\lambda_{SD}$	$\lambda_{SU}$	$\lambda_{DD}$	$\lambda_{DU}$	MTBF	SIL AC ①
Profil 3 (allgemeine Feldmontage)	0 FIT	0 FIT	317 FIT	136 FIT	148 Jahre	SIL1

Tabelle 7-19: Umgebungsprofil

T[Proof] ②	1 Jahr	2 Jahre	5 Jahre
PFD <sub>AVG</sub> ③	6,62E <sup>-4</sup>	1,26E <sup>-3</sup>	3,04E <sup>-3</sup>

Tabelle 7-20: T[Proof] und PFD<sub>AVG</sub>

- ① SIL AC (architectural constraints) bedeutet, dass die berechneten Werte innerhalb des Bereichs für die strukturellen Einschränkungen des entsprechenden Sicherheitsintegritätslevels der Hardware liegen.
- ② Es wird angenommen, dass die Wiederholungsprüfung mit einer Testabdeckung von 99% durchgeführt wird.
- ③ Der PFD<sub>AVG</sub> wurde mit Hilfe des Markov-Modells für Profil 2 berechnet. Die Ergebnisse müssen mit den PFD<sub>AVG</sub>-Werten anderer Geräte der Sicherheitskette (SIF) kombiniert werden, um die Eignung für einen bestimmten Sicherheitsintegritätslevel (SIL) zu bestimmen.  
Bei SIL1 Anwendungen muss der PFD<sub>AVG</sub>-Wert < 10<sup>-1</sup> sein.  
Bei SIL2 Anwendungen muss der PFD<sub>AVG</sub>-Wert < 10<sup>-2</sup> sein.

## 7.4.2 Geräte mit 4...20 mA Stromausgang und Hochtemperaturanzeige M40/HT

## H250/M40/HT/ESK-SE mit 4...20 mA Stromausgang

Umgebungsprofil	$\lambda_{SD}$	$\lambda_{SU}$	$\lambda_{DD}$	$\lambda_{DU}$	MTBF	SIL AC ①
Profil 3 (allgemeine Feldmontage)	0 FIT	0 FIT	293 FIT	130 FIT	163 Jahre	SIL1

Tabelle 7-21: Umgebungsprofil

T[Proof] ②	1 Jahr	2 Jahre	5 Jahre
PFD <sub>AVG</sub> ③	6,32E <sup>-4</sup>	1,20E <sup>-3</sup>	2,90E <sup>-3</sup>

Tabelle 7-22: T[Proof] und PFD<sub>AVG</sub>

## H250/M40/HT/ESK-SE mit 4...20 mA Stromausgang mit abnehmbaren Prozessanschlüssen (Überwurfmutter, Einlegeteil, O-Ring)

Umgebungsprofil	$\lambda_{SD}$	$\lambda_{SU}$	$\lambda_{DD}$	$\lambda_{DU}$	MTBF	SIL AC ①
Profil 3 (allgemeine Feldmontage)	0 FIT	0 FIT	317 FIT	156 FIT	142 Jahre	SIL1

Tabelle 7-23: Umgebungsprofil

T[Proof] ②	1 Jahr	2 Jahre	5 Jahre
PFD <sub>AVG</sub> ③	7,57E <sup>-4</sup>	1,44E <sup>-3</sup>	3,48E <sup>-3</sup>

Tabelle 7-24: T[Proof] und PFD<sub>AVG</sub>

- ① SIL AC (architectural constraints) bedeutet, dass die berechneten Werte innerhalb des Bereichs für die strukturellen Einschränkungen des entsprechenden Sicherheitsintegritätslevels der Hardware liegen.
- ② Es wird angenommen, dass die Wiederholungsprüfung mit einer Testabdeckung von 99% durchgeführt wird.
- ③ Der PFD<sub>AVG</sub> wurde mit Hilfe des Markov-Modells für Profil 2 berechnet. Die Ergebnisse müssen mit den PFD<sub>AVG</sub>-Werten anderer Geräte der Sicherheitskette (SIF) kombiniert werden, um die Eignung für einen bestimmten Sicherheitsintegritätslevel (SIL) zu bestimmen.  
Bei SIL1 Anwendungen muss der PFD<sub>AVG</sub>-Wert < 10<sup>-1</sup> sein.  
Bei SIL2 Anwendungen muss der PFD<sub>AVG</sub>-Wert < 10<sup>-2</sup> sein.

## 8.1 Anhang 1

### Beschränkter Bezeichnungsschlüssel für H250/M40 mit funktionaler Sicherheitsausrüstung nach IEC 61508

Der Bezeichnungsschlüssel setzt sich aus folgenden Elementen zusammen \*:



Abbildung 8-1: Bezeichnungsschlüssel

- ① Gerätetyp  
H250 - Standardausführung
- ② Werkstoffe / Ausführungen  
RR - rostfreier Stahl  
HC - Hastelloy  
Ti - Titan  
F - sterile Ausführung (Food)  
Mo - Monel®  
IN - Inconel®
- ③ Baureihe Anzeigeteil  
M40 - Anzeige M40  
M40R - Anzeige in Edelstahlausführung
- ④ Hochtemperaturlausführung  
HT - Ausführung mit HT-Verlängerung
- ⑤ Elektrischer Signalausgang  
ESK - Stromausgang ESK4
- ⑥ Grenzwertgeber  
K1 - ein Grenzwertgeber  
K2 - zwei Grenzwertgeber
- ⑦ Explosionsschutz  
Ex - explosionsgeschütztes Betriebsmittel
- ⑧ SIL Ausführung  
SK - SIL konforme Grenzwertgeber nach IEC 61508:2010  
SE - SIL konformer Stromausgang nach IEC 61508:2010

\* nicht belegte Stellen entfallen (keine Leerstellen)

## 8.2 Anhang 2

### Sicherheits-Grenzwertgeber für H250/M40

SJ3,5-SN (Pepperl+Fuchs)	Induktiver 2-Leiter-NAMUR-Schalter
SJ3,5-S1N (Pepperl+Fuchs)	Induktiver 2-Leiter-NAMUR-Schalter (invertiert)

### Empfohlene Sicherheits-Trennschaltverstärker für die Sicherheits-NAMUR-Grenzwertgeber

Typenschlüssel	Hersteller	Versorgungsspannung	Kanal	Ausgang
KFD2-SH-Ex1	Pepperl+Fuchs	20...35 VDC	1 sicherheitsgerichtet	Redundantes Relais
KHD2-SH-Ex1.T.OP	Pepperl+Fuchs	20...35 VDC	1 sicherheitsgerichtet	Elektronik + Relais
KHA6-SH-Ex1	Pepperl+Fuchs	85...253 VAC	1 sicherheitsgerichtet	Redundantes Relais

### Standard-Grenzwertgeber für H250/M40

SC3,5-N0 (Pepperl+Fuchs)	Induktiver 2-Leiter-NAMUR-Schalter
--------------------------	------------------------------------

### Empfohlene Standard Trennschaltverstärker für die Standard-NAMUR-Grenzwertgeber

Typenschlüssel	Hersteller	Versorgungsspannung	Kanal	Ausgang
KFA6-SR2-Ex1.W	Pepperl+Fuchs	230 VAC	1	Relais
KFA5-SR2-Ex1.W	Pepperl+Fuchs	115 VAC	1	Relais
KFD2-SR2-Ex1.W	Pepperl+Fuchs	24 VDC	1	Relais
KFA6-SR2-Ex2.W	Pepperl+Fuchs	230 VAC	2	Relais
KFA5-SR2-Ex2.W	Pepperl+Fuchs	115 VAC	2	Relais
KFD2-SR2-Ex2.W	Pepperl+Fuchs	24 VDC	2	Relais

Tabelle 8-1: Zulässiger Trennschaltverstärker

## **KROHNE – Produkte, Lösungen und Services**

- Prozessinstrumentierung für Durchfluss, Füllstand, Temperatur, Druck und Prozessanalytik
- Lösungen für Durchflussmessung, Prozessüberwachung, Funk- und Fernüberwachung
- Services für Engineering, Inbetriebnahme, Kalibrierung, Wartung und Training

Hauptsitz KROHNE Messtechnik GmbH  
Ludwig-Krohne-Str. 5  
47058 Duisburg (Deutschland)  
Tel.: +49 203 301 0  
Fax: +49 203 301 10389  
sales.de@krohne.com

Die aktuelle Liste aller KROHNE Kontakte und Adressen finden Sie unter:  
[www.krohne.com](http://www.krohne.com)

