



DK32 - DK34 - DK37 Zusatzanleitung

Schwebekörper-Durchflussmessgerät
Sicherheits-Handbuch



1	Einleitung	3
1.1	Einsatzbereich	3
1.2	Vorteile für den Bediener	3
1.3	Relevante Normen / Literatur	3
2	Begriffe und Definitionen	4
2.1	Beschreibung der betreffenden Profile	4
3	Beschreibung	5
3.1	Beschreibung des Teilsystems	5
3.2	Funktionsprinzip	6
4	Spezifikation der Sicherheitsfunktion	7
4.1	Beschreibung der Ausfallkategorien	7
5	Projektierung	8
5.1	Gültige Gerätedokumentation	8
5.2	Projektierung, Verhalten während des Betriebs und Fehlfunktionen	8
6	Lebensdauer / Wiederholungsprüfungen	9
6.1	Lebensdauer	9
6.2	Wiederholungsprüfungen	10
7	Sicherheitsbezogene Eigenschaften	11
7.1	Annahmen	11
7.2	Spezifische sicherheitsbezogene Eigenschaften	12
8	Anhang	18
8.1	Anhang 1	18
8.2	Anhang 2	18
9	Notizen	19

1.1 Einsatzbereich

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

Das Messgerät erfüllt die Anforderungen in Bezug auf:

- Funktionale Sicherheit gemäß IEC 61508-2:2000
- EMV-konform gem. EN61326-1 : 2006
- ATEX Konformität gem. EN 60079-0:2006, EN 60079-11:2007
- PED gem. EN 13445-2 und EN 3834-2, AD-2000-Merkblatt Reihe B

Weitere Informationen finden Sie in der Konformitätserklärung DK32 - 34 und DK37 im Downloadcenter auf der Internetseite von KROHNE www.krohne.com.

1.2 Vorteile für den Bediener

Verwendung für

- Überwachung des Volumendurchflusses bis SIL 2 (gem. Exida FMEDA Report: Krohne 08/11-46 R009)
- Kontinuierliche Durchflussmessung und lokale Analoganzeige
- Einfache Inbetriebnahme
- Hervorragendes Preis-/Leistungsverhältnis

1.3 Relevante Normen / Literatur

- [N1] IEC 61508-2:2000 – Funktionale Sicherheit von sicherheitsbezogenen elektrischen/elektronischen/programmierbaren elektronischen Systemen
- [N2] Electrical & Mechanical Component Reliability Handbook, 2. Ausgabe 2008, Exida L.L.C. ISBN 978-0-9727234-6-6
- [N3] IEC 60654-1:1993-02 2. Ausgabe, Industrial process measurement and control equipment - Operating conditions - Part 1: Climatic conditions

Begriffe und Definitionen

DC _D	Diagnosedeckungsgrad von gefährlichen Fehlern
FIT	Failure In Time (1x10 ⁻⁹ 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 _{AVG}	Average Probability of Failure on Demand (durchschnittliche Wahrscheinlichkeit gefahrbringender Ausfälle einer Sicherheitsfunktion im Anforderungsfall)
SFF	Safe Failure Fraction; dieser Begriff beschreibt den Anteil an ungefährlichen Ausfällen eines Gerätes sowie den Anteil an durch Diagnoseverfahren erkannten Ausfällen, der zu bestimmten Sicherheitsmaßnahmen führt.
SIF	Safety Instrumented Function (Sicherheitskette)
SIL	Safety Integrity Level (Sicherheitsintegritätslevel)
Komponente Typ A	"Einfaches" Teilsystem (alle Ausfallarten sind klar definiert); weitere Einzelheiten siehe 7.4.3.1.2 von IEC 61508-2.
Komponente Typ B	"Komplexes" Teilsystem (alle Ausfallarten sind klar definiert); weitere Einzelheiten siehe 7.4.3.1.2 von IEC 61508-2.
T[Proof]	Intervall für die Wiederholungsprüfung

2.1 Beschreibung der betreffenden Profile

Profile (Profil)	Profil nach IEC 60654-1	Umgebungstemperatur [°C]		Temperaturzyklus [°C / 365 Tage]
		Mittelwert (extern)	Mittelwert (in Gehäuse)	
2	C3	25	30	25
4	D1	25	30	35

Profil 2 (geringe Beanspruchung):

Mechanische Feld-Produkte mit geringer Selbsterhitzung, die täglichen Temperaturschwankungen unterliegen.

Profil 4 (hohe Beanspruchung):

Ungeschützte mechanische Feld-Produkte mit geringer Selbsterhitzung, die täglichen Temperaturschwankungen sowie Regen oder Kondensation unterliegen.

3.1 Beschreibung des Teilsystems

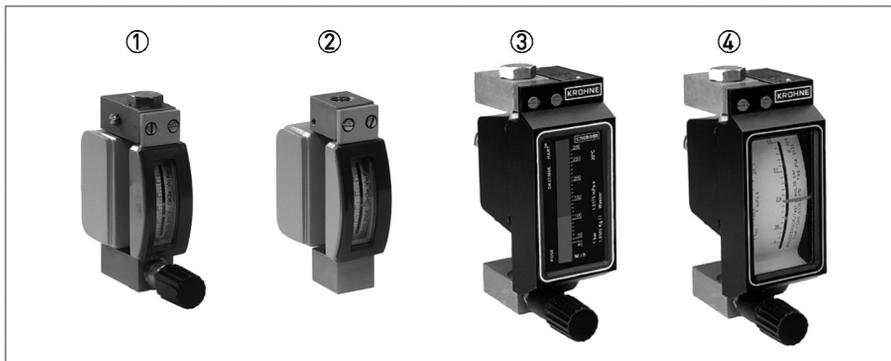


Abbildung 3-1: Geräteausführungen

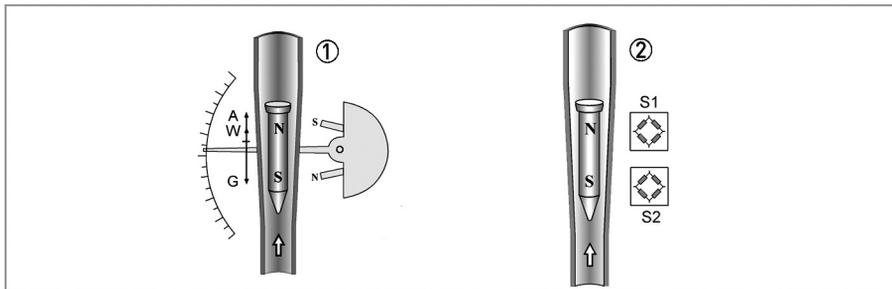
- ① DK32 mit Ventil - mit horizontalem Anschluss
- ② DK34 ohne Ventil - mit vertikalem Anschluss
- ③ DK37/M8E mit Ventil und elektronischer Anzeige
- ④ DK37/M8M mit Ventil und mechanischer Anzeige



Abbildung 3-2: Ausführungen mit Regler

- ① DK32 mit Vordruckregler
- ② DK37 mit Vordruckregler

3.2 Funktionsprinzip



- ① Magnetische Kopplung des Zeigers bei DK32, DK34 und DK37M8M
- ② Magnetfeldsensor bei DK37M8E

Das Durchflussmessgerät arbeitet nach dem Schwebekörper-Messprinzip.

Die DK32, 34, 37 Schwebekörper-Durchflussmessgeräte besitzen im allgemeinen ein senkrecht stehendes, nach oben kontinuierlich erweitertes Rohr, in dem sich ein speziell geformter Schwebekörper frei auf- und abbewegen kann.

Der Messstoff strömt von unten nach oben durch das Rohr. Dabei hebt er den Schwebekörper so weit an, bis ein Ringspalt zwischen Rohrwand und Schwebekörper entsteht, wobei die auf den Körper wirkenden Kräfte im Gleichgewicht sind.

Bei der DK32, DK34 und DK37M8M wird die durchflussabhängige Höhenstellung des Schwebekörpers im Messteil durch eine magnetische Kopplung übertragen und auf einer Skala angezeigt.

Bei DK37/M8E wird die Position des Schwebekörpers durch eine magnetische Kopplung mit Magnetfeldsensoren auf die digitalen Bargraphanzeige übertragen.

Stark ablenkende Magnetfelder können zu abweichenden Messwerten führen.

4.1 Beschreibung der Ausfallkategorien

Die folgenden Definitionen dienen der Beurteilung des Ausfallverhaltens der DK3* Schwebekörper-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. Im Rahmen der Berechnung des SFF (Anteil ungefährlicher Ausfälle) gilt ein solcher Ausfall als ungefährlicher unentdeckter Ausfall.
Not part (Nicht Teil)	Ausfälle dieser Art beziehen sich auf eine Komponente, die nicht Teil der Sicherheitsfunktion, sondern des Schaltplans ist; diese Ausfälle werden zwecks Vollständigkeit aufgelistet. Bei der Berechnung des SFF (Anteil ungefährlicher Ausfälle) wird diese Ausfallart nicht berücksichtigt. Darüber hinaus zählt sie auch nicht zur totalen Ausfallrate.

DK32, DK34, DK37M8M mit Ausgang für induktive Grenzwertschalter

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).

DK37M8E mit 4...20mA Ausgang

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 (>21mA) nach NAMUR NE43 steigt.
Fail Low (Ausfall Niedrig)	Ein Ausfall, nach dem das Ausgangssignal auf den minimalen Ausgangsstrom (<3,6mA) nach NAMUR NE43 sinkt.

In IEC 61508 werden die Ausfälle des Typs "No Effect" (Keine Auswirkungen) als ungefährliche unentdeckte Ausfälle definiert, auch wenn die Sicherheitsfunktion nach Auftreten eines solchen Ausfalls nicht auf den ausfallsicheren Status schaltet. Aus diesem Grund müssen sie bei der Berechnung des SFF (Anteil ungefährlicher Ausfälle) berücksichtigt werden.

Die Ansprechzeit auf eine Anforderung des DK32, DK34, Dk37 beträgt < 2s.

5.1 Gültige Gerätedokumentation

- [D1] TD DK32/34/37-Rxx-de
Technisches Datenblatt DK32,DK34, DK37 Schwebekörper Durchfluss-Messgerät
- [D2] MA DK32/34/37-Rxx-de
Handbuch, einschließlich Montage- und Betriebsanleitung
- [D3] Exida FMEDA Report: KROHNE 08/11-46 R009

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 2 oder 4 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.
- Bitte befolgen Sie die in der gedruckten Betriebsanleitung von KROHNE angeführten Anweisungen zur Reparatur.
- Änderungen ohne eigene Autorisierung seitens des Herstellers sind streng untersagt.
- Bitte befolgen Sie die Montage- und Betriebsanleitung.
- 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 7.4.7.4 ist von einer Lebensdauer basierend auf Erfahrungswerten auszugehen.

Nach IEC 61508-2 Abschnitt 7.4.7.4 Anmerkung 3 zeigt die Erfahrung, dass die Lebensdauer oft zwischen 8 bis 12 Jahren liegt.

KROHNE empfiehlt, 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 Tabelle in Kapitel 7.2

6.2 Wiederholungsprüfungen

Mögliche Wiederholungsprüfungen zur Erkennung von gefährlichen unentdeckten Ausfällen

Wiederholungsprüfung für DK32, DK34, DK37 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. Stellen Sie das DK3* Schwebekörper-Durchflussmessgerät auf einen "MAX" Grenzwert und stellen Sie sicher, dass der induktive Grenzwertschalter auf den ausfallsicheren Status schaltet.
4. Stellen Sie das DK3* 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.

Wiederholungsprüfung für DK37M8E mit 4...20mA 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 DK37M8E Schwebekörper-Durchflussmessgeräts.
3. Stellen Sie das DK37M8E Schwebekörper-Durchflussmessgerät auf den High Alarm und stellen Sie sicher, dass der analoge Stromausgang den Wert erreicht.
4. Stellen Sie das DK37M8E Schwebekörper-Durchflussmessgerät auf den Low Alarm 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.

7.1 Annahmen

Im Rahmen der "Failure Modes, Effects and Diagnostic Analysis" (FMEDA, Ermittlung von Fehlerursachen und deren Auswirkung auf das System) des DK32, DK34 und DK37 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 DK3* Durchflussmessgeräte – insbesondere durch Feuchtigkeit, die durch nicht dicht geschlossene Gehäuse oder nicht ordnungsgemäße Kabelzuführungen durch die Einläufe eintritt – 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 Stromausfallraten sind nicht inbegriffen.
- Das HART®-Protokoll wird beim DK37ME 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 2 oder 4 mit Temperaturgrenzen innerhalb der Nennwerte des Herstellers verglichen werden. Andere umweltrelevante Eigenschaften müssen innerhalb der vom Hersteller angegebenen Nennwerte liegen.
- Die Schaltkontaktausgänge sind an einen Sicherheits-NAMUR-Verstärker angeschlossen. Die Ausfallraten des Verstärkers sind nicht in den aufgelisteten Ausfallraten enthalten.
- 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.
- Ausfälle ohne Auswirkungen fallen in die Kategorie der "ungefährlichen unentdeckten" Ausfälle. Bitte beachten Sie, dass diese Ausfälle allein die Sicherheit und Zuverlässigkeit des Systems nicht beeinträchtigen und nicht in die Berechnung von Fehlauflösungen einfließen dürfen.

Die DK32, DK34, DK37M8M Schwebekörper-Durchflussmessgeräte mit induktiven Grenzwertschaltern sind als Teilsysteme vom Typ A (einfache Teilsysteme gemäß IEC 61508-2 Abschnitt 7.4.3.1.2) mit Fehlertoleranz HFT=0 eingestuft. Bei Teilsystemen vom Typ A muss der SFF (Anteil ungefährlicher Ausfälle) > 60% bei SIL2 Teilsystemen mit einer Fehlertoleranz von 0 (IEC 61508-2 Tabelle 2) betragen.

Das DK37M8E Schwebekörper-Durchflussmessgerät mit 4...20mA Ausgang ist als Teilsystem vom Typ B (komplexes Teilsystem gemäß IEC 61508-2 Abschnitt 7.4.3.1.3) mit Fehlertoleranz HFT=0 eingestuft. Bei Teilsystemen vom Typ B muss der SFF > 60% bei SIL1 Teilsystemen mit einer Fehlertoleranz von 0 (IEC 61508-2 Tabelle 3) betragen.

7.2 Spezifische sicherheitsbezogene Eigenschaften

Die folgenden Tabellen enthalten die Ausfallraten gemäß IEC 61508 und entsprechend den unter 7.1 beschriebenen Annahmen und in Abschnitt 4 enthaltenen Definitionen:

DK32/K*...-SK mit 1 oder 2 sicherheitsgerichteten Grenzwertschaltern ①

	Fail-Safe		Fail Dangerous		SFF ②	SIL AC ③
	*	**	*	**		
	λ_{SD}	λ_{SU}	λ_{DD}	λ_{DU}		
Stress Profil 2	0 FIT	238 FIT	0 FIT	97 FIT	71,0%	SIL2
Stress Profil 4	0 FIT	300 FIT	0 FIT	136 FIT	68,7%	SIL2
* festgestellt ** nicht festgestellt						

T[Proof] ④	1 Jahr	5 Jahre	10 Jahre
PFD _{AVG} ⑤	$4,63 \cdot 10^{-4}$	$2,15 \cdot 10^{-3}$	$4,25 \cdot 10^{-3}$

- ① Der Schaltkontaktausgang ist an einen Sicherheits-NAMUR-Verstärker (z.B. Pepperl+Fuchs KF** -SH-Ex1) angeschlossen. Die Ausfallraten des Verstärkers sind nicht in den aufgelisteten Ausfallraten enthalten.
- ② Die angegebene Zahl dient ausschließlich als Referenz. Der SFF (Anteil ungefährlicher Ausfälle) muss für das komplette Untersystem bestimmt werden.
- ③ SIL AC (**A**rchitectural **C**onstraints) bedeutet, dass die berechneten Werte innerhalb des Bereichs für die strukturellen Einschränkungen des entsprechenden Sicherheitsintegritätslevels der Hardware liegen.
- ④ Es wird angenommen, dass die Wiederholungsprüfung mit einer Testabdeckung von 99% durchgeführt wird.
- ⑤ Der PFD_{AVG}-Wert wurde mithilfe des Markov-Modells für Profil 2 berechnet. Die Ergebnisse müssen mit den PFD_{AVG}-Werten anderer Geräte der Sicherheitskette (SIF) kombiniert werden, um die Eignung für einen bestimmten Sicherheitsintegritätslevel (SIL) zu bestimmen.
Bei SIL1 Anwendungen muss der PFD_{AVG}-Wert $< 10^{-1}$ sein.
Bei SIL2 Anwendungen muss der PFD_{AVG}-Wert $< 10^{-2}$ sein.

DK32/R*/K*...-SK mit 1 oder 2 sicherheitsgerichteten Grenzwertschaltern ① und mit Differenzdruckregler

	Fail-Safe		Fail Dangerous		SFF ②	SIL AC ③
	*	**	*	**		
	λ_{SD}	λ_{SU}	λ_{DD}	λ_{DU}		
Stress Profil 2	0 FIT	371 FIT	0 FIT	185 FIT	66,7%	SIL2
Stress Profil 4	0 FIT	519 FIT	0 FIT	252 FIT	67,3%	SIL2
* festgestellt ** nicht festgestellt						

T[Proof] ④	1 Jahr	5 Jahre	10 Jahre
PFD _{AVG} ⑤	$8,83 \cdot 10^{-4}$	$4,09 \cdot 10^{-3}$	$8,10 \cdot 10^{-3}$

- ① Der Schaltkontaktausgang ist an einen Sicherheits-NAMUR-Verstärker (z.B. Pepperl+Fuchs KF**-SH-Ex1) angeschlossen. Die Ausfallraten des Verstärkers sind nicht in den aufgelisteten Ausfallraten enthalten.
- ② Die angegebene Zahl dient ausschließlich als Referenz. Der SFF (Anteil ungefährlicher Ausfälle) muss für das komplette Untersystem bestimmt werden.
- ③ SIL AC (**A**rchitectural **C**onstraints) bedeutet, dass die berechneten Werte innerhalb des Bereichs für die strukturellen Einschränkungen des entsprechenden Sicherheitsintegritätslevels der Hardware liegen.
- ④ Es wird angenommen, dass die Wiederholungsprüfung mit einer Testabdeckung von 99% durchgeführt wird.
- ⑤ Der PFD_{AVG}-Wert wurde mithilfe des Markov-Modells für Profil 2 berechnet. Die Ergebnisse müssen mit den PFD_{AVG}-Werten anderer Geräte der Sicherheitskette (SIF) kombiniert werden, um die Eignung für einen bestimmten Sicherheitsintegritätslevel (SIL) zu bestimmen.
Bei SIL1 Anwendungen muss der PFD_{AVG}-Wert $< 10^{-1}$ sein.
Bei SIL2 Anwendungen muss der PFD_{AVG}-Wert $< 10^{-2}$ sein.

DK34/K*...-SK mit 1 oder 2 sicherheitsgerichteten Grenzwertschaltern ①

	Fail-Safe		Fail Dangerous		SFF ②	SIL AC ③
	*	**	*	**		
	λ_{SD}	λ_{SU}	λ_{DD}	λ_{DU}		
Stress Profil 2	0 FIT	132 FIT	0 FIT	71 FIT	65,1%	SIL2
Stress Profil 4	0 FIT	166 FIT	0 FIT	109 FIT	60,3%	SIL2
* festgestellt ** nicht festgestellt						

T[Proof] ④	1 Jahr	5 Jahre	10 Jahre
PFD _{AVG} ⑤	$3,39 \cdot 10^{-4}$	$1,57 \cdot 10^{-3}$	$3,11 \cdot 10^{-3}$

- ① Der Schaltkontaktausgang ist an einen Sicherheits-NAMUR-Verstärker (z.B. Pepperl+Fuchs KF**-SH-Ex1) angeschlossen. Die Ausfallraten des Verstärkers sind nicht in den aufgelisteten Ausfallraten enthalten.
- ② Die angegebene Zahl dient ausschließlich als Referenz. Der SFF (Anteil ungefährlicher Ausfälle) muss für das komplette Untersystem bestimmt werden.
- ③ SIL AC (**A**rchitectural **C**onstraints) bedeutet, dass die berechneten Werte innerhalb des Bereichs für die strukturellen Einschränkungen des entsprechenden Sicherheitsintegritätslevels der Hardware liegen.
- ④ Es wird angenommen, dass die Wiederholungsprüfung mit einer Testabdeckung von 99% durchgeführt wird.
- ⑤ Der PFD_{AVG}-Wert wurde mithilfe des Markov-Modells für Profil 2 berechnet. Die Ergebnisse müssen mit den PFD_{AVG}-Werten anderer Geräte der Sicherheitskette (SIF) kombiniert werden, um die Eignung für einen bestimmten Sicherheitsintegritätslevel (SIL) zu bestimmen.
Bei SIL1 Anwendungen muss der PFD_{AVG}-Wert $< 10^{-1}$ sein.
Bei SIL2 Anwendungen muss der PFD_{AVG}- Wert $< 10^{-2}$ sein.

DK37/M8M/K*...-SK mit 1 oder 2 sicherheitsgerichteten Grenzwertschaltern ①

	Fail-Safe		Fail Dangerous		SFF ②	SIL AC ③
	*	**	*	**		
	λ_{SD}	λ_{SU}	λ_{DD}	λ_{DU}		
Stress Profil 2	0 FIT	245 FIT	0 FIT	97 FIT	71,5%	SIL2
Stress Profil 4	0 FIT	308 FIT	0 FIT	136 FIT	69,2%	SIL2
* festgestellt ** nicht festgestellt						

T[Proof] ④	1 Jahr	5 Jahre	10 Jahre
PFD _{AVG} ⑤	$4,63 \cdot 10^{-4}$	$2,15 \cdot 10^{-3}$	$4,25 \cdot 10^{-3}$

- ① Der Schaltkontaktausgang ist an einen Sicherheits-NAMUR-Verstärker (z.B. Pepperl+Fuchs KF**-SH-Ex1) angeschlossen.
- ② Die angegebene Zahl dient ausschließlich als Referenz. Der SFF (Anteil ungefährlicher Ausfälle) muss für das komplette Untersystem bestimmt werden.
- ③ SIL AC (**A**rchitectural **C**onstraints) bedeutet, dass die berechneten Werte innerhalb des Bereichs für die strukturellen Einschränkungen des entsprechenden Sicherheitsintegritätslevels der Hardware liegen.
- ④ Es wird angenommen, dass die Wiederholungsprüfung mit einer Testabdeckung von 99% durchgeführt wird.
- ⑤ Der PFD_{AVG}-Wert wurde mithilfe des Markov-Modells für Profil 2 berechnet. Die Ergebnisse müssen mit den PFD_{AVG}-Werten anderer Geräte der Sicherheitskette (SIF) kombiniert werden, um die Eignung für einen bestimmten Sicherheitsintegritätslevel (SIL) zu bestimmen.
Bei SIL1 Anwendungen muss der PFD_{AVG}-Wert $< 10^{-1}$ sein.
Bei SIL2 Anwendungen muss der PFD_{AVG}-Wert $< 10^{-2}$ sein.

DK37/M8M/R*/K*...-SK mit 1 oder 2 sicherheitsgerichteten Grenzwertschaltern ① und mit Differenzdruckregler

	Fail-Safe		Fail Dangerous		SFF ②	SIL AC ③
	*	**	*	**		
	λ_{SD}	λ_{SU}	λ_{DD}	λ_{DU}		
Stress Profil 2	0 FIT	378 FIT	0 FIT	185 FIT	67,1%	SIL2
Stress Profil 4	0 FIT	527 FIT	0 FIT	252 FIT	67,6%	SIL2
* festgestellt ** nicht festgestellt						

T[Proof] ④	1 Jahr	5 Jahre	10 Jahre
PFD_{AVG} ⑤	$8,83 \cdot 10^{-4}$	$4,09 \cdot 10^{-3}$	$8,10 \cdot 10^{-3}$

- ① Der Schaltkontaktausgang ist an einen Sicherheits-NAMUR-Verstärker (z.B. Pepperl+Fuchs KF**-SH-Ex1) angeschlossen.
- ② Die angegebene Zahl dient ausschließlich als Referenz. Der SFF (Anteil ungefährlicher Ausfälle) muss für das komplette Untersystem bestimmt werden.
- ③ SIL AC (**A**rchitectural **C**onstraints) bedeutet, dass die berechneten Werte innerhalb des Bereichs für die strukturellen Einschränkungen des entsprechenden Sicherheitsintegritätslevels der Hardware liegen.
- ④ Es wird angenommen, dass die Wiederholungsprüfung mit einer Testabdeckung von 99% durchgeführt wird.
- ⑤ Der PFD_{AVG}-Wert wurde mithilfe des Markov-Modells für Profil 2 berechnet. Die Ergebnisse müssen mit den PFD_{AVG}-Werten anderer Geräte der Sicherheitskette (SIF) kombiniert werden, um die Eignung für einen bestimmten Sicherheitsintegritätslevel (SIL) zu bestimmen.
Bei SIL1 Anwendungen muss der PFD_{AVG}-Wert $< 10^{-1}$ sein.
Bei SIL2 Anwendungen muss der PFD_{AVG}-Wert $< 10^{-2}$ sein.

DK37/M8E...-SE mit 4...20mA Ausgang

	Fail-Safe		Fail Dangerous		SFF ②	DC _D	SIL AC ③
	*	**	*	**			
	λ_{SD}	λ_{SU}	λ_{DD}	λ_{DU}			
Stress Profil 2	0 FIT	258 FIT	150 FIT	200 FIT	67,1%	43%	SIL1
Stress Profil 4	0 FIT	317 FIT	150 FIT	220 FIT	67,9%	41%	SIL1
* festgestellt ** nicht festgestellt							

T[Proof] ④	1 Jahr	5 Jahre	10 Jahre
PFD _{AVG} ⑤	$9,58 \cdot 10^{-4}$	$4,43 \cdot 10^{-3}$	$8,76 \cdot 10^{-3}$

DK37/M8E/R...-SE mit 4...20mA Ausgang und Differenzdruckregler

	Fail-Safe		Fail Dangerous		SFF ②	DC _D	SIL AC ③
	*	**	*	**			
	λ_{SD}	λ_{SU}	λ_{DD}	λ_{DU}			
Stress Profil 2	0 FIT	395 FIT	150 FIT	288 FIT	65,3%	34%	SIL1
Stress Profil 4	0 FIT	543 FIT	150 FIT	338 FIT	67,2%	31%	SIL1
* festgestellt ** nicht festgestellt							

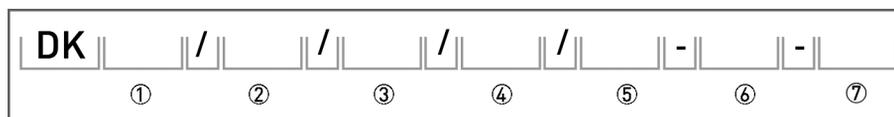
T[Proof] ④	1 Jahr	5 Jahre	10 Jahre
PFD _{AVG} ⑤	$1,38 \cdot 10^{-3}$	$6,37 \cdot 10^{-3}$	$1,26 \cdot 10^{-2}$

- ② Die angegebene Zahl dient ausschließlich als Referenz. Der SFF (Anteil ungefährlicher Ausfälle) muss für das komplette Untersystem bestimmt werden.
- ③ SIL AC (Architectural Constraints) bedeutet, dass die berechneten Werte innerhalb des Bereichs für die strukturellen Einschränkungen des entsprechenden Sicherheitsintegritätslevels der Hardware liegen.
- ④ Es wird angenommen, dass die Wiederholungsprüfung mit einer Testabdeckung von 99% durchgeführt wird.
- ⑤ Der PFD_{AVG}-Wert wurde mithilfe des Markov-Modells für Profil 2 berechnet. Die Ergebnisse müssen mit den PFD_{AVG}-Werten anderer Geräte der Sicherheitskette (SIF) kombiniert werden, um die Eignung für einen bestimmten Sicherheitsintegritätslevel (SIL) zu bestimmen.
Bei SIL1 Anwendungen muss der PFD_{AVG}-Wert $< 10^{-1}$ sein.
Bei SIL2 Anwendungen muss der PFD_{AVG}-Wert $< 10^{-2}$ sein.

8.1 Anhang 1

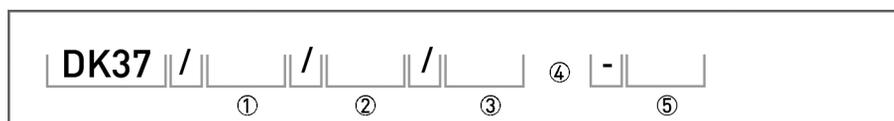
Eingeschränkter Bezeichnungsschlüssel für DK3*
funktionale Sicherheitsausrüstung gem. EN 61508

Der DK32 und DK34 Bezeichnungsschlüssel setzt sich aus folgenden Elementen zusammen: ①



- ① 32 - mit Ventil und horizontalem Anschluss / 34 ohne Ventil und vertikalem Anschluss
- ② RE - Vordruckregler / RA - Nachdruckregler
- ③ K1 - ein Grenzwertgeber / K2 - zwei Grenzwertgeber
- ④ S - Anschlussstecker / L - Leitungseinführung inkl. 1,5m Kabel
- ⑤ A - Grenzwertgeber EG baumustergeprüft
- ⑥ Ex - Explosionsgeschütztes Betriebsmittel
- ⑦ SK - SIL2-konforme Grenzwertschalter gem. IEC 61508

Der DK37 Bezeichnungsschlüssel setzt sich aus folgenden Elementen zusammen: ①



- ① M8M - mechanische Anzeige / M8E elektronische Anzeige und 4...20mA Signalausgang
- ② RE - Vordruckregler / RA - Nachdruckregler
- ③ K1 - ein Grenzwertgeber / K2 - zwei Grenzwertgeber
- ④ Ex ist nicht Bestandteil des Bezeichnungsschlüssel
- ⑤ SK - SIL2-konforme Grenzwertschalter gem. IEC 61508
SE - SIL1-konformer Stromausgang gem. IEC 61508

① nicht belegte Stellen entfallen.

8.2 Anhang 2

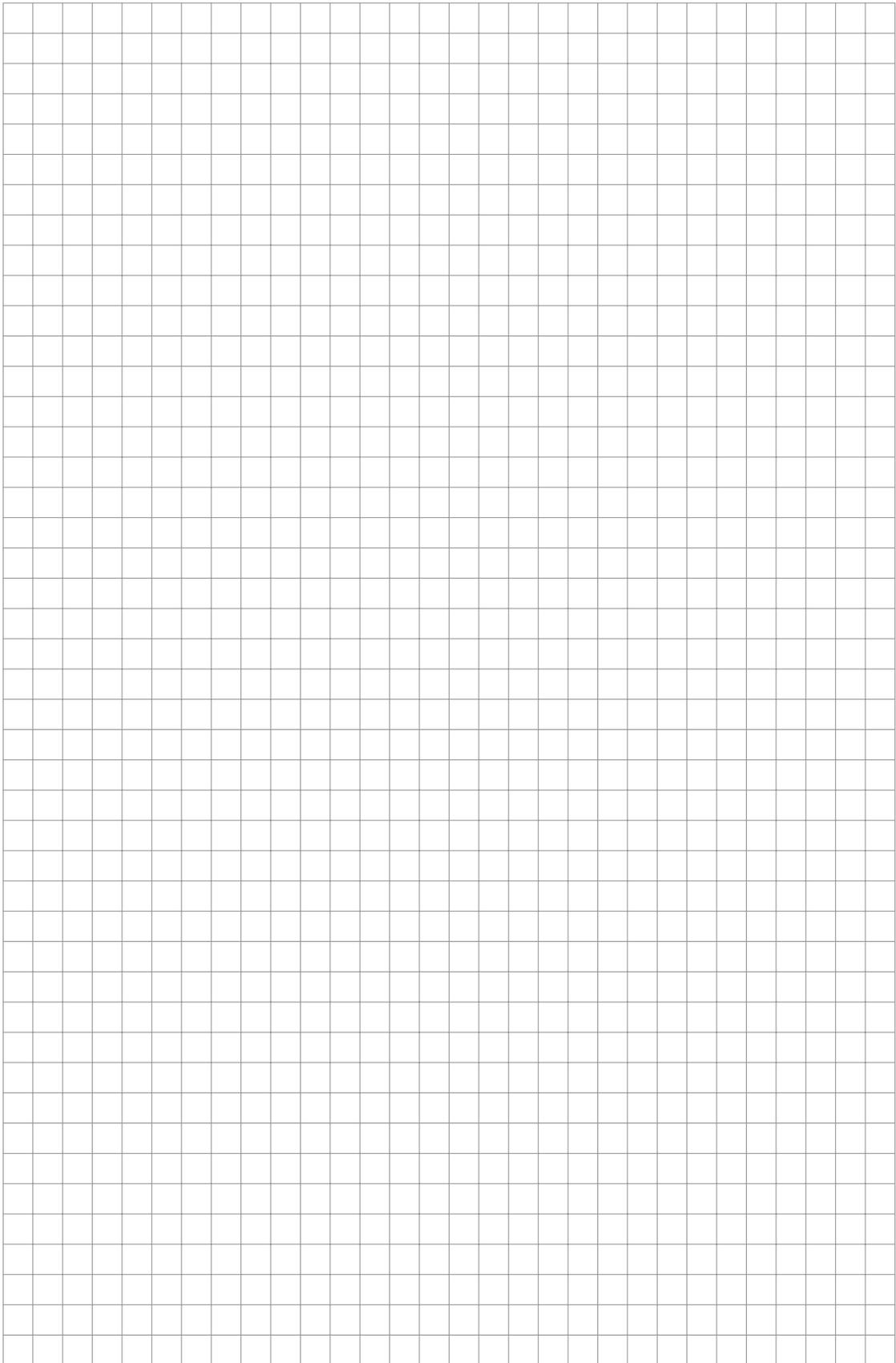
Sicherheitsgerichtete Kontakttypen für SIL2-konforme DK32, DK34, DK37/M8M:

SJ2-SN (Pepperl+Fuchs) Induktiver 2-Leiter-NAMUR-Schalter

SJ2-S1N (Pepperl+Fuchs) Induktiver 2-Leiter-NAMUR-Schalter (invertiert)

Empfohlene Sicherheits-Schaltverstärker für die Sicherheits-NAMUR-Grenzwertschalter

Typschlüssel	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





KROHNE Produktübersicht

- Magnetisch-induktive Durchflussmessgeräte
- Schwebekörper-Durchflussmessgeräte
- Ultraschall-Durchflussmessgeräte
- Masse-Durchflussmessgeräte
- Wirbelfrequenz-Durchflussmessgeräte
- Durchflusskontrollgeräte
- Füllstandmessgeräte
- Temperaturmessgeräte
- Druckmessgeräte
- Analysenmesstechnik
- Produkte und Systeme für die Öl- und Gasindustrie
- Messsysteme für die Schifffahrtsindustrie

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

Die aktuelle Liste aller KROHNE Kontakte und Adressen finden Sie unter:
www.krohne.com

KROHNE