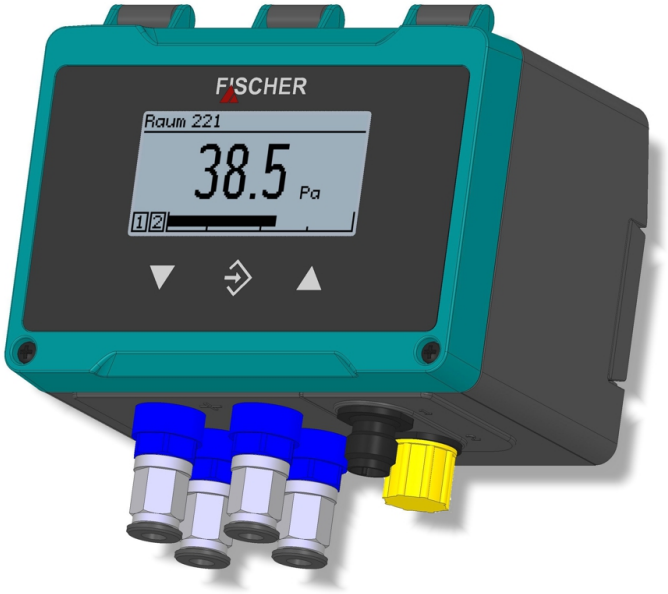
developing solutions

FISCHER
MESS- UND REGELTECHNIK

IEC 61508
SIL
ISO 13849
PLd

II 3G Ex ec IIC T4 Gc
II 3D Ex tc IIIB T125°C Dc

CE
RoHS III COMPLIANT



Sicherheitshandbuch

DE91

Differenzdrucktransmitter
PRO-LINE ®

für Niedrigstdruckmessungen

50042 • SHB_DE_DE91 • Rev. ST4-A • 05/26

Impressum

Hersteller: **FISCHER Mess- und Regeltechnik GmbH**

Bielefelderstr. 37a
D-32107 Bad Salzuflen

Telefon: +49 5222 974 0

eMail: info@fischermesstechnik.de
web: www.fischermesstechnik.de

Technische Redaktion: Technischer Redakteur: R. Kleemann

Versionsgeschichte

Rev. ST4-A 05/26	Version 1 (Erstausgabe)

Inhaltsverzeichnis

1 Geltungsbereich und Standards

WARNUNG! Dieses Sicherheitshandbuch ist nur in Verbindung mit der Betriebsanleitung des betreffenden Gerätes zu benutzen. Beachten Sie die Sicherheitshinweise der Betriebsanleitung.

Diese Dokumentation enthält Informationen und Sicherheitshinweise, die für den Einsatz des Differenzdrucktransmitters DE91 in sicherheitsbezogenen Systemen benötigt werden.

Sie richtet sich an Personen, die das Gerät montieren, parametrieren und in Betrieb nehmen, als auch an Projektentwickler und Betreiber.

Dieses Sicherheitshandbuch gilt für alle Ausführungen des Differenzdrucktransmitters DE91 der Serie PRO-LINE® mit den folgenden Einschränkungen.

- Firmware ab Version 1.45.
- Ausführungen mit einer Modbus- oder IO-Link-Schnittstelle sind nicht zugelassen.
- Bei zweikanaligen Geräten dürfen nicht beide Kanäle für dieselbe Sicherheitsfunktion verwendet werden und beide Kanäle dürfen nur mit keramischen Drucksensoren bestückt sein.
- Die Sicherheitskennzahlen wurden anhand von FMEAs ermittelt. Diese gelten unter der Bedingung, dass die Ausgangsignale von einer nachgeschalteten Steuerung überwacht und ausgewertet werden.

Abb. 1: Verarbeitungskette

Für die Berechnungen wurden die nachfolgenden Normen herangezogen.

Funktionale Sicherheit	**IEC 61508: 2010** Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer / elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme
Sicherheit von Maschinen	**EN ISO 13849-1:2023** Sicherheit von Maschinen - Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen - Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze
Bauteil-Ausfallraten	**SN 29500: 2010** Ausfallraten (Siemens)

2 Gerätebeschreibung und Einsatzbereich

2.1 Sicherheitsfunktion

Der Differenzdrucktransmitter überträgt das Eingangssignal (Druck) in ein normiertes analoges Ausgangssignal. Außerdem kann er zur Grenzwertüberwachung (Überschreitung oder Unterschreitung) mittels der Schaltausgänge eingesetzt werden.

2.1.1 Parametrierung

Analogausgänge

Je nach Ausführung besitzt das Gerät einen oder zwei Analogausgänge. Geräte ohne Analogausgang brauchen nicht parametriert zu werden. Die Ausgänge können als Strom- oder Spannungsausgang ausgeführt sein. Beide Ausgänge müssen wie folgt parametriert sein:

Analogausgang 1	Parameter	Wert
	Ausgang 1 Zuord.	Kanal 1
	Begrenzung K1	Aus
Analogausgang 2	Parameter	Wert
	Ausgang 2 Zuord.	Kanal 2
	Begrenzung K2	Aus
Signalgrenzen	Parameter	Wert
Stromausgang	Begrenzung I min.	0 mA
	Begrenzung I max.	21,5 mA
	I-Fehlersignal	0 mA oder 21,5 mA
Spannungsausgang	Begrenzung U min.	0 V
	Begrenzung U max.	10,5 V
	U-Fehlersignal	0 V oder 10,5 V

Schaltausgänge

Das Gerät besitzt je nach Ausführung zwei bzw. vier Schaltausgänge. Je zwei Schaltausgänge müssen in invertierender Weise verschaltet werden. Beide Schaltausgänge schalten beim gleichen Grenzwert (SP1=SP2) bzw. (SP3=SP4) und müssen wie folgt parametriert werden.

Schaltausgang 1	Wert	Schaltausgang 2	Wert
SP1 Zuordnung	Kanal 1	SP2 Zuordnung	Kanal 1
SP1 Ein	P_{SP}	SP2 Ein	P_{SP}
SP1 Aus	P_{SP}	SP2 Aus	P_{SP}
SP1 Verz. ein	0 s	SP2 Verz. ein	0 s
SP1 Verz. aus	0 s	SP2 Verz. aus	0 s
SP1 Funktion	Schließer	SP2 Funktion	Öffner

Schaltausgang 3	Wert	Schaltausgang 4	Wert
SP3 Zuordnung	Kanal 2	SP4 Zuordnung	Kanal 2
SP3 Ein	P_{SP}	SP4 Ein	P_{SP}
SP3 Aus	P_{SP}	SP4 Aus	P_{SP}
SP3 Verz. ein	0 s	SP4 Verz. ein	0 s
SP3 Verz. aus	0 s	SP4 Verz. aus	0 s
SP3 Funktion	Schließer	SP4 Funktion	Öffner

P_{SP}: Programmierter Schaltpunkt (Druckwert)

2.1.2 Ausführung mit Stromausgang

Für den Stromausgang ist folgendes Signal zulässig:

- 4 … 20 mA

Definition des sicheren Zustandes

Einkanalige Struktur (HFT=0)	
0 ... 20 mA	Nicht zulässig
4 … 20 mA	$(4\ mA - \Delta I) \leq I_{out} \leq (20\ mA + \Delta I)$

Zweikanalige Struktur (HFT=1)	
Gerät 1	
0 … 20 mA	Nicht zulässig
4 … 20 mA	$(4\ mA - \Delta I) \leq I_{out1} \leq (20\ mA + \Delta I)$
Gerät 2	
0 ... 20 mA	Nicht zulässig
4 … 20 mA	$(4\ mA - \Delta I) \leq I_{out2} \leq (20\ mA + \Delta I)$
Bedingung	$\lvert I_{out1} - I_{out2} \rvert < 2\ \Delta I$

Für die Auswertung durch die Sicherheitssteuerung gilt:

Alle Werte, die die angegebenen Bedingungen erfüllen, können als richtig angesehen werden. Alle anderen Werte müssen als gefährlicher Zustand gewertet werden.

Berechnung der Messunsicherheit

Die Berechnung der Messunsicherheit (ΔI) erfolgt aus den Datenblattangaben und der Betriebstemperatur (ϑ) mit folgender Formel:

e_{max}	[%]	*: Maximale Messabweichung*
TK_{Null}	[%/10K]	*: Maximaler Temperaturkoeffizient im Nullpunkt*
TK_{Spanne}	[%/10K]	*: Maximaler Temperaturkoeffizient der Spanne*

$$\Delta I = \Delta I_{max} = 16\ [mA] \cdot \left[e_{max} + (|\vartheta - 20\ [°C]|) \cdot (TK_{Null} + TK_{Spanne}) \right]$$

2.1.3 Ausführung mit Spannungsausgang

Für den Spannungsausgang sind zwei Signale zulässig:

- 2 … 10 V
- 1 … 5 V

Der Spannungsausgang wird werkseitig auf 0 … 10 V eingestellt. Dieses Signal kann jedoch nicht für die Sicherheitsfunktion verwendet werden und muss auf eines der zulässigen Signale parametriert werden.

Definition des sicheren Zustandes

Einkanalige Struktur (HFT=0)			
0 … 10 V	Nicht zulässig		
		U_{min}	**U_{max}**
2 … 10 V	$(U_{min} - \Delta U) \le U_{out} \le (U_{max} + \Delta U)$	2 V	10 V
1 … 5 V		1 V	5 V

Zweikanalige Struktur (HFT=1)			
0 … 10 V	Nicht zulässig		
		U_{min}	**U_{max}**
2 … 10 V	Gerät 1: $(U_{min} - \Delta U) \le U_{out1} \le (U_{max} + \Delta U)$	2 V	10 V
1 … 5 V	Gerät 2: $(U_{min} - \Delta U) \le U_{out2} \le (U_{max} + \Delta U)$	1 V	5 V
Bedingung	$\lvert U_{out1} - U_{out2} \rvert < 2\ \Delta U$		

Für die Auswertung durch die Sicherheitssteuerung gilt:

Alle Werte, die die angegebenen Bedingungen erfüllen, können als richtig angesehen werden. Alle anderen Werte müssen als gefährlicher Zustand gewertet werden.

Berechnung der Messunsicherheit

Die Berechnung der Messunsicherheit (ΔU) erfolgt aus den Datenblattangaben und der Betriebstemperatur (ϑ) mit folgender Formel:

e_{max}	[%]	*: Maximale Messabweichung*
TK_{Null}	[%/10K]	*: Maximaler Temperaturkoeffizient im Nullpunkt*
TK_{Spanne}	[%/10K]	*: Maximaler Temperaturkoeffizient der Spanne*
U_{max}	[V]	*: Maximaler Signalwert des Analog-Ausgangs*
U_{min}	[V]	*: Minimaler Signalwert des Analog-Ausgangs*

$$\Delta U = \Delta U_{max} = (U_{max} - U_{min}) \cdot \left[e_{max} + (|\vartheta - 20\ [°C]|) \cdot (TK_{Null} + TK_{Spanne}) \right]$$

2.1.4 Ausführung mit Schaltausgang

Definition des sicheren Zustandes

Der Betreiber hat zu entscheiden, ob aus Sicht der Anlage ein Unterschreiten oder ein Überschreiten als sicher angesehen wird. Die Zustände der Schaltausgänge können solange als richtig angenommen werden, wie diese sich voneinander unterscheiden.

Einkanalige Struktur (HFT=0)		
Zwei Schaltausgänge	Unterschreiten	Überschreiten
	SP1 = 0 und SP2 = 1	SP1 = 1 und SP2 = 0
Vier Schaltausgänge		
	SP1 = 0 und SP2 = 1	SP1 = 1 und SP2 = 0
	SP3 = 0 und SP4 = 1	SP3 = 1 und SP4 = 0

Zweikanalige Struktur (HFT=1)		
Gerät 1	Unterschreiten	Überschreiten
Zwei Schaltausgänge	SP1 = 0 und SP2 = 1	SP1 = 1 und SP2 = 0
Vier Schaltausgänge	SP1 = 0 und SP2 = 1	SP1 = 1 und SP2 = 0
	SP3 = 0 und SP4 = 1	SP3 = 1 und SP4 = 0
Gerät 2	Unterschreiten	Überschreiten
Zwei Schaltausgänge	SP1 = 0 und SP2 = 1	SP1 = 1 und SP2 = 0
Vier Schaltausgänge	SP1 = 0 und SP2 = 1	SP1 = 1 und SP2 = 0
	SP3 = 0 und SP4 = 1	SP3 = 1 und SP4 = 0

1: niederohmiger (durchgeschalter) Schaltausgang

0: hochohmiger (gesperrter) Schaltausgang

3 Hinweise zur Projektierung

3.1 Bestimmungsgemäßer Gebrauch

Das Gerät kann als Teil einer Sicherheitsfunktion zur Überwachung von Differenzdruck eingesetzt werden.

In der entsprechenden Ausführung kann das Gerät in explosionsgefährdeten Bereichen Zone 2 und 22 eingesetzt werden.

3.2 Parametrierung

⚠ WARNUNG

Parameteränderung

Das Gerät wird werkseitig parametriert ausgeliefert. Diese Parametrierung darf nur vom Betreiber der Anlage oder von dafür beauftragtem und unterwiesenem Fachpersonal geändert werden.

Die werkseitig festgelegten Grenzen für das Ausgangsignal dürfen nicht verändert werden.

Die Parametrierung kann auf zwei Arten geändert werden.[1]

- Durch Tastatureingabe am Gerät
- Durch Fernparametrierung mittels Transmitter-PC-Interface

Beachten Sie bitte auch die Vorgaben im Abschnitt Parametrierung [▶ 5].

3.3 Funktionale Sicherheit (IEC 61508)

3.3.1 Betriebsart

Das Gerät wird in der Betriebsart mit niedriger Anforderungsrate (Low Demand Mode) eingesetzt. Die Anforderungsrate ist geringer als einmal pro Jahr und nicht mehr als die doppelte Frequenz der Wiederholungsprüfung. Die Zugehörige Kenngröße ist der PFD-Wert.

3.3.2 Prüfintervall

Ein Proof-Test ist nach Inbetriebnahme und danach spätestens nach Ablauf des festgelegten Prüfintervalls durchzuführen.

Die Tabellen im Abschnitt Sicherheitstechnische Kennzahlen geben die durchschnittliche Wahrscheinlichkeit einer Fehlfunktion im Anforderungsfall in Abhängigkeit vom Prüfintervall und der Systemarchitektur an.

3.3.3 Gebrauchsdauer

Die Gebrauchsdauer (Lifetime) beträgt ab Produktionsdatum 10 Jahre.

Wird die Gebrauchsdauer überschritten, können die Fehlerraten durch Verschleiß und Alterung allmählich ansteigen und die berechneten PFD-Werte können nicht mehr angewandt werden. Im ungünstigsten Fall führt dies zum Verlust der SIL Einstufung.

[1] Beachten Sie hierzu die Angaben in der Betriebsanleitung.

3.3.4 Montage und Installation

Beachten Sie hierzu auch die Montageanleitung der Betriebsanleitung.

HINWEIS! Beachten Sie, dass die Auswertung und Überwachung der Signale durch die nachgeschaltete Sicherheitssteuerung (SRP/CS) erfolgen muss. Bei einer Abweichung muss der sichere Zustand eingenommen werden.

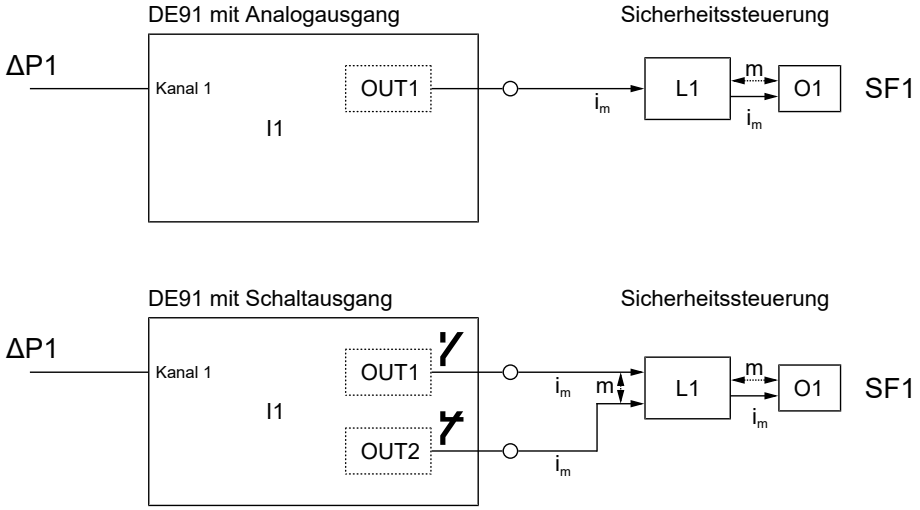
Für die nachfolgenden Anschlussbilder gilt die folgende Legende:

Legende

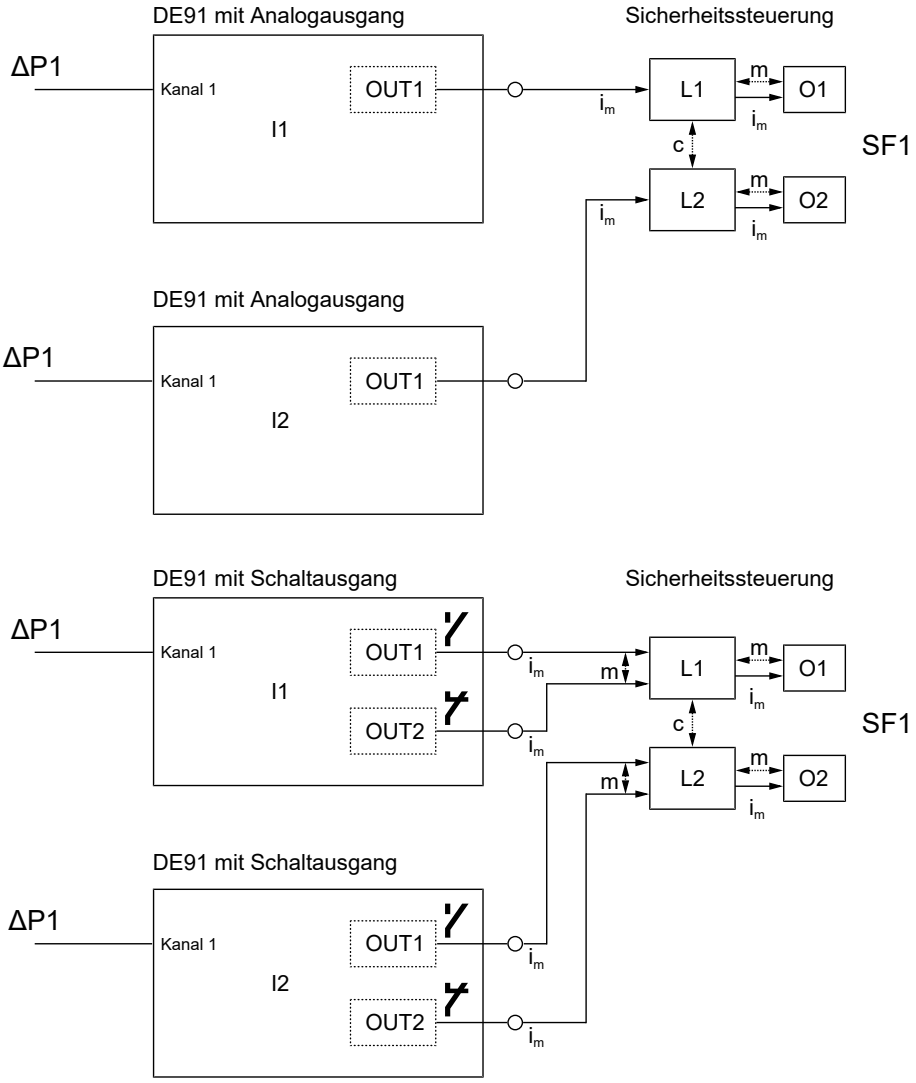
i_m	Verbindungsmittel
c	Kreuzvergleich
I1, I2	Differenzdrucktransmitter (DE91)
L1...L4	Logik
m	Überwachung
O1...O4	Ausgabeeinheiten
OUT1...OUT4	Ausgang (DE91)
SF1, SF2	Sicherheitsfunktion 1, Sicherheitsfunktion 2

3.3.4.1 Geräte mit einem Kanal

3.3.4.1.1 Architektur 1oo1 (HFT=0)

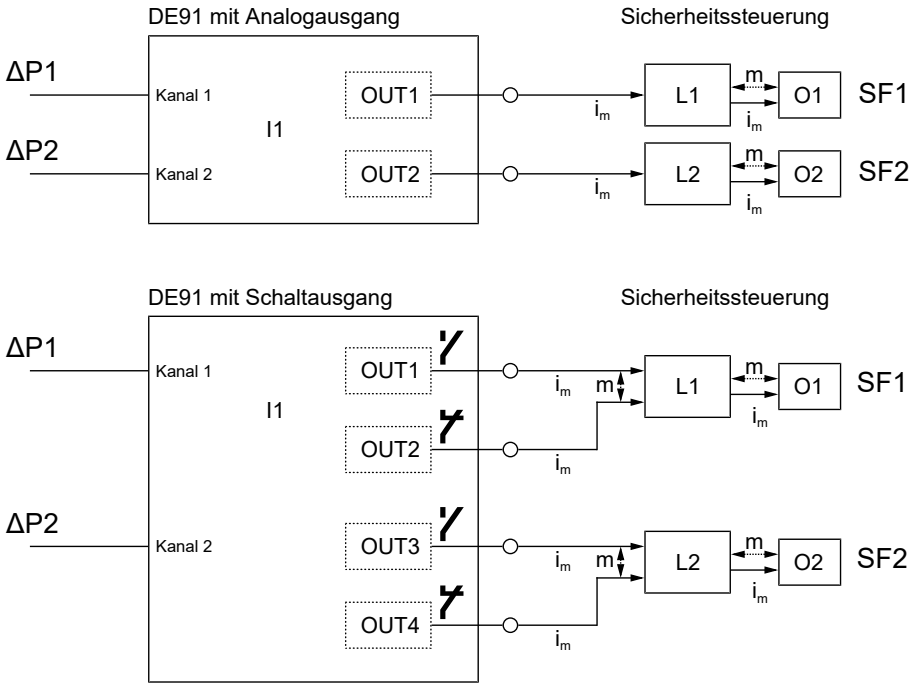


3.3.4.1.2 Architektur 1oo2 (HFT=1)

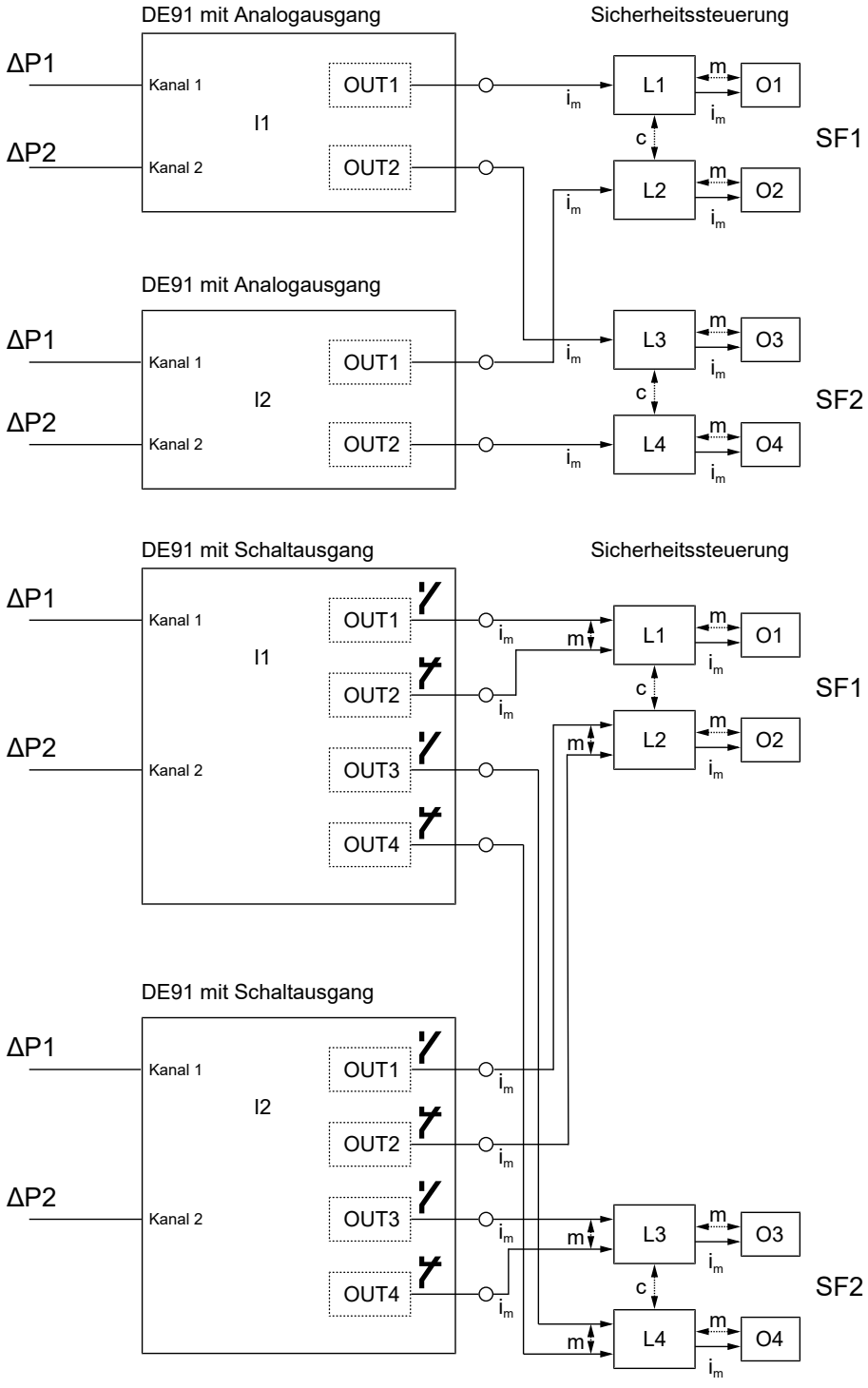


3.3.4.2 Geräte mit zwei Kanälen

3.3.4.2.1 Architektur 1oo1 (HFT=0)



3.3.4.2.2 Architektur 1oo2 (HFT=1)



3.4 Performance Level (EN ISO 13849-1)

3.4.1 Betriebsart

Das Gerät wird in der Betriebsart mit hoher Anforderungsrate eingesetzt. Es ist maximal eine Anforderung pro Jahr zulässig.

3.4.2 Prüfintervall

Ein Proof-Test ist nach Inbetriebnahme und danach spätestens nach Ablauf von 5 Jahren durchzuführen.

3.4.3 Gebrauchsdauer

Die Gebrauchsdauer (Lifetime) beträgt ab Produktionsdatum 20 Jahre.

Wird die Gebrauchsdauer überschritten, können die Fehlerraten durch Verschleiß und Alterung allmählich ansteigen.

3.4.4 Montage und Installation

Beachten Sie hierzu auch die Montageanleitung der Betriebsanleitung.

HINWEIS! Beachten Sie, dass die Auswertung und Überwachung der Signale durch die nachgeschaltete Sicherheitssteuerung (SRP/CS) erfolgen muss. Bei einer Abweichung muss der sichere Zustand eingenommen werden.

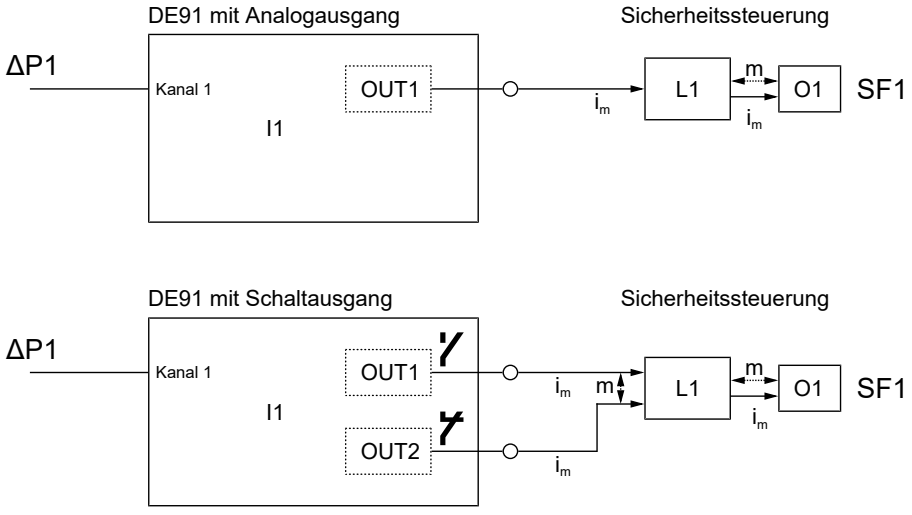
Für die nachfolgenden Anschlussbilder gilt die folgende Legende:

Legende

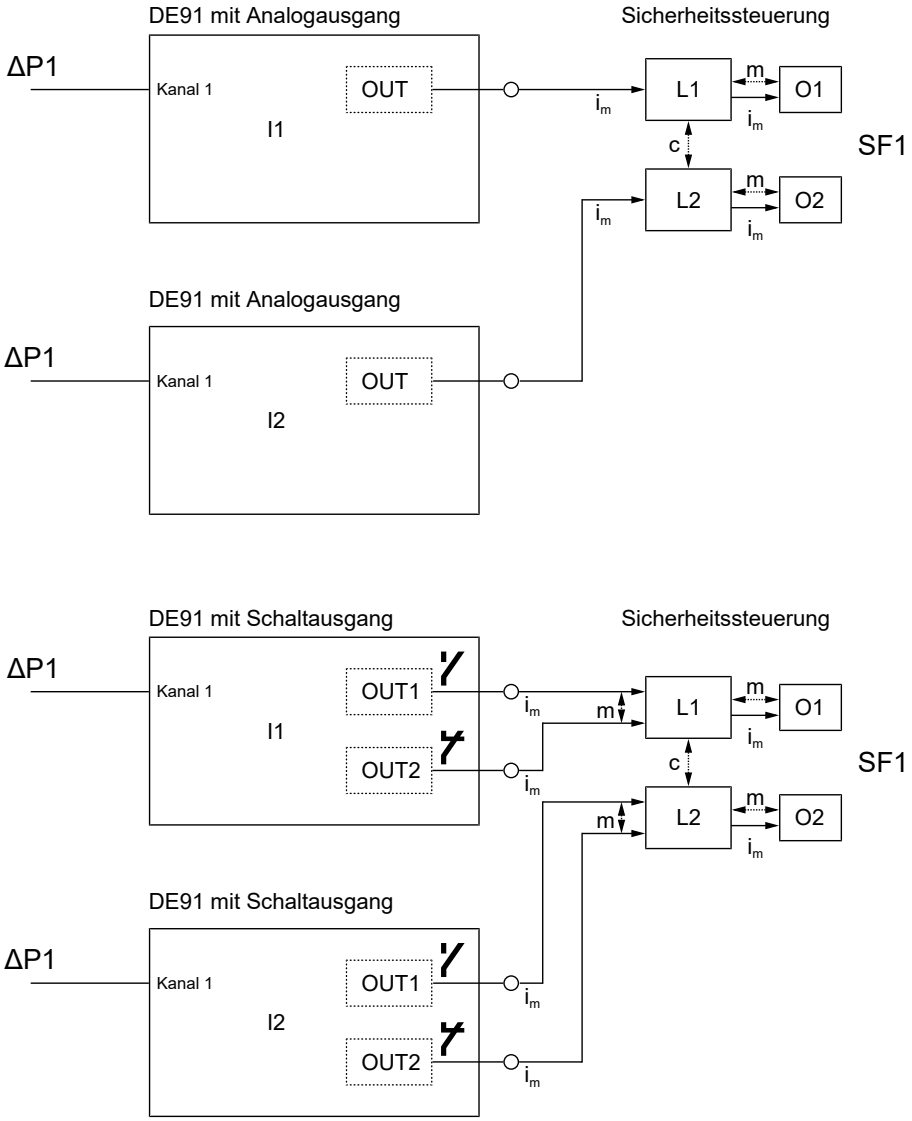
i_m	Verbindungsmittel
c	Kreuzvergleich
I1, I2	Differenzdrucktransmitter (DE91)
L1...L4	Logik
m	Überwachung
O1...O4	Ausgabeeinheiten
OUT1...OUT4	Ausgang (DE91)
SF1, SF2	Sicherheitsfunktion 1, Sicherheitsfunktion 2

3.4.4.1 Geräte mit einem Kanal

3.4.4.1.1 Kategorie 1

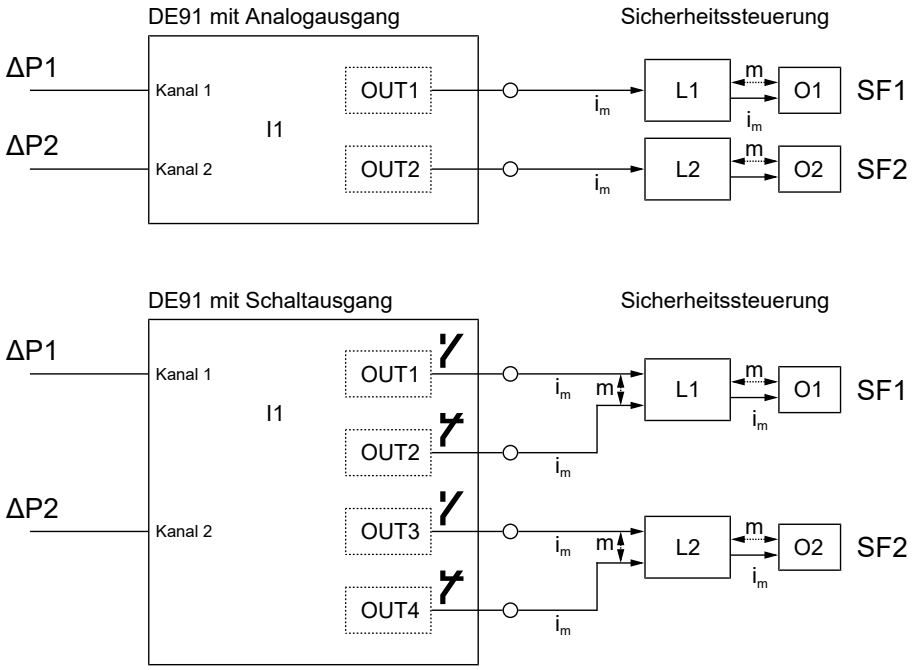


3.4.4.1.2 Kategorie 3

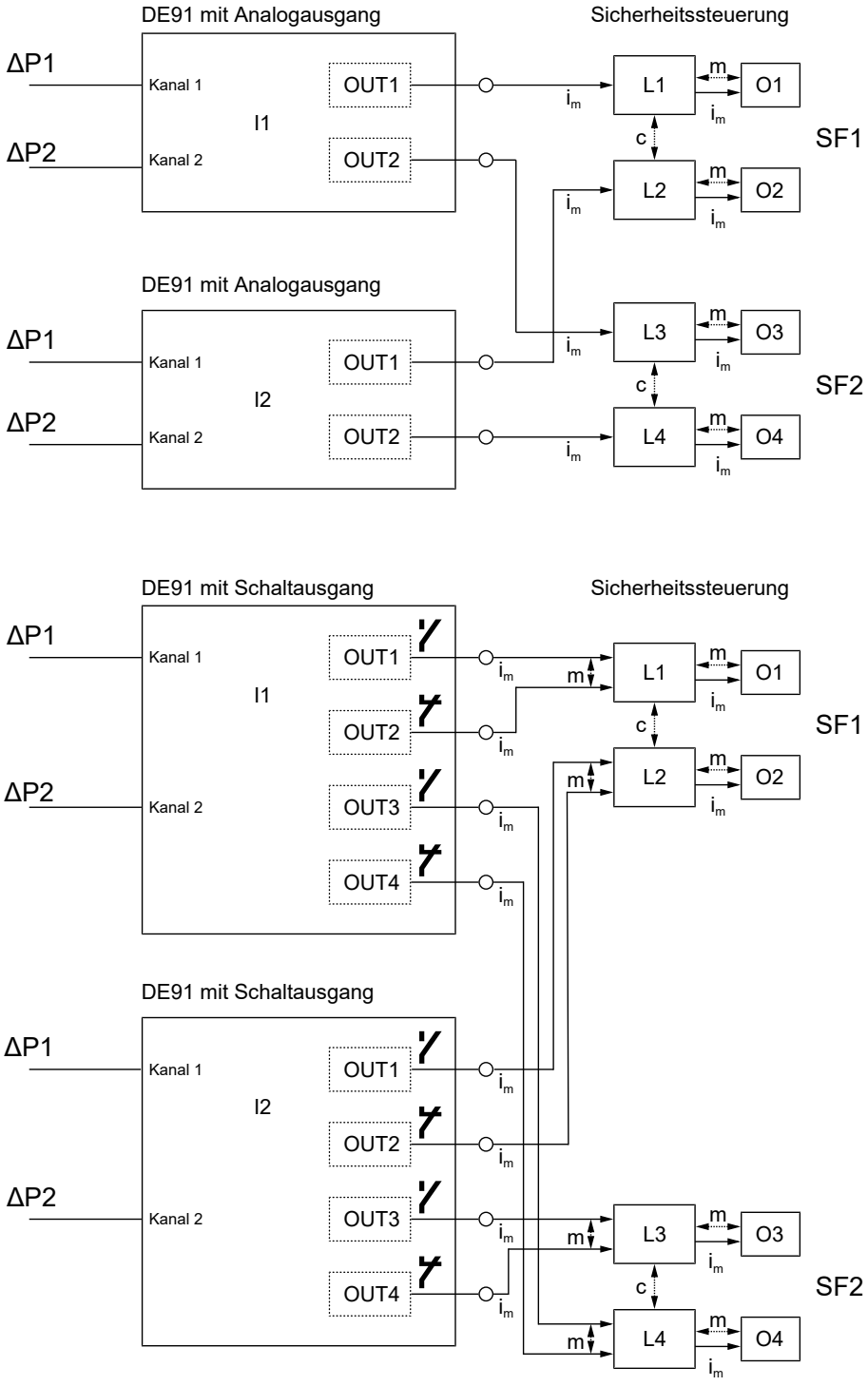


3.4.4.2 Geräte mit zwei Kanälen

3.4.4.2.1 Kategorie 1



3.4.4.2.2 Kategorie 3



4 Wiederkehrende Prüfungen

4.1 Wartung

Um einen gefährlichen unentdeckten Ausfall aufzudecken sind Proof-Tests ein notwendiger Bestandteil des Sicherheitskonzeptes. Bei einem Proof-Test werden folgende Aspekte einer sicherheitskritischen Komponente überprüft:

- Funktionalität
- erfüllt die Komponente die vorherrschenden Einsatzbedingungen
- sind die Schnittstellen zu weiteren Komponenten in Ordnung

Alle kritischen Teile müssen mit dem Proof-Test getestet werden. Für Nichtsicherheitskritische Teile genügt hingegen ein stichprobenartiger Test.

4.2 Funktionsprüfung (Proof-Test)

HINWEIS! Die EMV- und Umweltbedingungen müssen den getesteten Niveaus der EMV-Richtlinie 2014/30/EU entsprechen.

Die Festlegung der Proof-Test Prozedur für das gesamte Sicherheitstechnische-System ist Aufgabe des Betreibers.

Folgender Funktionstest ist für die sicherheitstechnische Komponente DE91 durchzuführen.

1. Überprüfung der Funktionalität bei Eingangswerten innerhalb des Messbereichs
2. Überprüfung der Schaltpunkte

Der Prüfdruck sollte möglichst mit dem Sicherheitstechnischen System (SIS) selbst erzeugt werden, sofern dies möglich ist. In diesem Falle kann gleichzeitig überprüft werden, ob die Signale von der übergeordneten Sicherheitssteuerung korrekt verarbeitet und über den Aktor weitergeleitet werden.

Andernfalls muss der DE91 ausgebaut und wie folgt verschaltet werden. Bitte beachten Sie, dass einige Ausführungen keinen Analogausgang besitzen.

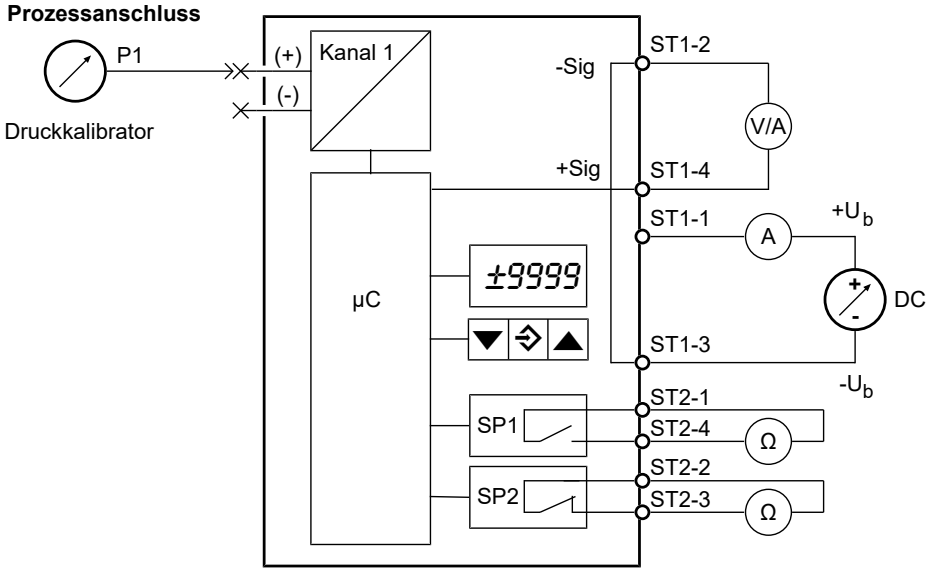


Abb. 2: Funktionstest

4.2.1 Analogausgang

- Stellen Sie eine Betriebsspannung innerhalb der Spanne der zulässigen Betriebsspannung ein.
- Prüfen Sie die Leistungsaufnahme. Die Leistungsaufnahme darf den im Datenblatt angegebenen Wert nicht überschreiten.
- Die Berechnung der Messunsicherheit ΔI bzw. ΔU finden Sie im Abschnitt
  - Ausführung mit Stromausgang bzw.
  - Ausführung mit Spannungsausgang.

Eingangswerte innerhalb des Messbereichs

1. Stellen Sie mit dem Druckkalibrator ein Eingangssignal ein, welches dem Messbereichsanfang entspricht.
2. Prüfen Sie das Ausgangssignal mittels Multimeter.
   - Bei Verwendung eines Spannungssignals muss der Wert innerhalb von U_{min} ± ΔU liegen.
   - Sollte das Stromsignal verwendet werden muss der Wert innerhalb von 4mA ± ΔI liegen.
3. Stellen Sie mit dem Druckkalibrator ein Eingangssignal ein, welches dem Messbereichsende entspricht.
4. Prüfen Sie das Ausgangssignal mittels Multimeter.
   - Bei Verwendung eines Spannungssignals muss der Wert innerhalb von Umax ± ΔU liegen.
   - Sollte das Stromsignal verwendet werden muss der Wert innerhalb von 20mA ± ΔI liegen.
5. Wiederholen Sie diese Schritte für jeden Mess-Kanal.

Eingangswerte außerhalb des Messbereichs

1. Stellen Sie mit dem Druckkalibrator ein Eingangssignal ein, welches deutlich unterhalb des Messbereichsanfangs liegt.
2. Prüfen Sie das Ausgangssignal mittels Multimeter.
   - Bei Verwendung eines Spannungssignals muss der Wert unterhalb von Umin - ΔU liegen.
   - Sollte das Stromsignal verwendet werden muss der Wert unterhalb von 4mA - ΔI liegen.
3. Stellen Sie mit dem Druckkalibrator ein Eingangssignal ein, welches deutlich oberhalb des Messbereichsendes liegt.
4. Prüfen Sie das Ausgangssignal mittels Multimeter.
   - Bei Verwendung eines Spannungssignals muss der Wert oberhalb von Umax + ΔU liegen.
   - Sollte das Stromsignal verwendet werden muss der Wert innerhalb von 20mA + ΔI liegen.
5. Wiederholen Sie diese Schritte für jeden Mess-Kanal.

Überprüfung des Fehlersignals im SIS

1. Verbinden Sie den Analogausgang des DE91 elektrisch mit der übergeordneten Sicherheitssteuerung.
2. Stellen Sie mit dem Druckkalibrator ein Eingangssignal ein, welches deutlich unterhalb des Messbereichsanfangs liegt, so dass ein Fehlersignal erzeugt wird.
3. Prüfen Sie, ob das fehlerhafte Signal von der Sicherheitssteuerung erkannt wird.

4.2.2 Schaltausgang

- Stellen Sie eine Betriebsspannung innerhalb der Spanne der zulässigen Betriebsspannung ein.
- Prüfen Sie die Leistungsaufnahme. Die Leistungsaufnahme darf den im Datenblatt angegebenen Wert nicht überschreiten.
- Bei der Bewertung der Schaltzustände ist zu beachten, ob ein Über- oder ein Unterschreiten der definierten Schaltpunkte überwacht wird. Die korrekten Schaltzustände finden Sie im Abschnitt Gerätebeschreibung/Ausführung mit Schaltausgang.

Verhalten des eingestellten Schaltpunktes prüfen.

P_{SP} ist der parametrierte Schaltpunkt
ΔMB_{max} entspricht der (Grund-) Messabweichung laut Datenblatt.

1. Stellen Sie mit dem Druckkalibrator das Eingangssignal auf den Wert $P < P_{SP} - \Delta MB_{max}$ ein. Prüfen Sie die Zustände der Schaltausgänge. Die Kontakte dürfen nicht schalten (Ausgangszustand).
2. Stellen Sie mit dem Druckkalibrator das Eingangssignal auf den Wert $P > P_{SP} - \Delta MB_{max}$ ein (Überfahren des Schaltpunktes). Prüfen Sie die Zustände der Schaltausgänge. Die Kontakte müssen nun geschaltet haben.
3. Stellen Sie mit dem Druckkalibrator das Eingangssignal auf den Wert $P < P_{SP} - \Delta MB_{max}$ ein. Prüfen Sie die Zustände der Schaltausgänge. Die Kontakte müssen nun wieder in den Ausgangszustand geschaltet haben.

Überprüfung des Fehlersignals im SIS

1. Verbinden Sie die beiden Schaltausgänge des Gerätes elektrisch mit der übergeordneten Sicherheitssteuerung.
2. Stellen Sie mit dem Druckkalibrator ein Eingangssignal ein, welches deutlich unterhalb des eingestellten Schaltpunktes liegt. Prüfen Sie die Zustände der Schaltausgänge. Die Kontakte dürfen nicht schalten (Ausgangszustand). Prüfen Sie, ob die Zustandsänderung des Gerätes von der Sicherheitssteuerung erkannt wird.
3. Ändern Sie nun im Betrieb das Eingangssignal so, dass es deutlich oberhalb des eingestellten Schaltpunktes liegt (Überfahren des Schaltpunktes). Prüfen Sie die Zustände der Schaltausgänge. Die Kontakte müssen nun geschaltet haben. Prüfen Sie, ob die Zustandsänderung des Gerätes von der Sicherheitssteuerung erkannt wird.
4. Stellen Sie mit dem Druckkalibrator ein Eingangssignal ein, welches deutlich unterhalb des eingestellten Schaltpunktes liegt. Prüfen Sie die Zustände der Schaltausgänge. Die Kontakte müssen nun wieder in den Ausgangszustand geschaltet haben. Prüfen Sie, ob die Zustandsänderung des Gerätes von der Sicherheitssteuerung erkannt wird.

4.2.3 Bewertung

Sollte das Gerät einen der genannten Schritte nicht bestanden haben, ist der Funktionstest fehlgeschlagen und das Gerät muss umgehend ersetzt werden.

5 Sicherheitstechnische Kennzahlen

HINWEIS! Die Sicherheits-Kennzahlen gelten nicht für Geräte mit Modbus oder IO-Link. Bei Geräten mit 2 Kanälen müssen beide Kanäle mit keramischen Drucksensoren (Typ A) bestückt sein.

5.1 Ausführung mit Analogausgang

Sicherheitskennzahlen		
λ_s	1039,427 Fit	Fehlerrate - sicher
λ_d	1108,319 Fit	Fehlerrate - gefährlich
λ_{dd}	686,263 Fit	Fehlerrate - gefährlich, entdeckt
λ_{du}	422,056 Fit	Fehlerrate - gefährlich, unentdeckt

SIL (IEC 61508)

Gerätetyp	Typ B	Komplexes Gerät
Betriebsart	Low Demand	Anforderung max. 1/Jahr

1oo1 Architektur

HFT	0	Hardwarefehlertoleranz
SFF	80,35 %	Anteil der ungefährlichen Ausfälle

Die Wahrscheinlichkeit einer Fehlfunktion im Anforderungsfall (PFD) ist abhängig vom Prüfintervall.

Prüfintervall	1 Jahr	2 Jahre	5 Jahre	10 Jahre
PFD	$1{,}86 \cdot 10^{-3}$	$3{,}71 \cdot 10^{-3}$	$9{,}25 \cdot 10^{-3}$	$1{,}85 \cdot 10^{-2}$
IEC 61508	SIL1	SIL1	SIL1	SIL1

1oo2 Architektur

β	10%	Wahrscheinlichkeit, dass der gleiche Fehler zur selben Zeit in beiden Kanälen auftritt.
β_d	5%	Wahrscheinlichkeit, dass der gleiche gefährliche Fehler zur selben Zeit in beiden Kanälen auftritt.
MRT	8 Std.	Mittlere Zeitdauer für eine Reparatur
MTTR	8 Std.	Mittlere Instandsetzungszeit
HFT	1	Hardwarefehlertoleranz
SFF	80,35 %	Anteil der ungefährlichen Ausfälle

Die Wahrscheinlichkeit einer Fehlfunktion im Anforderungsfall (PFD) ist abhängig vom Prüfintervall.

Prüfintervall	1 Jahr	2 Jahre	5 Jahre	10 Jahre
PFD	$1{,}89 \cdot 10^{-4}$	$3{,}86 \cdot 10^{-4}$	$1{,}02 \cdot 10^{-3}$	$2{,}24 \cdot 10^{-3}$
IEC 61508	SIL2	SIL2	SIL2	SIL2

PL (DIN EN ISO 13849)

Gerätetyp	Typ B	Komplexes Gerät	
Betriebsart	High Demand	Anforderung max. 1/Jahr	
$MTTF_d$	103,0 Jahre	hoch	Mittlere Zeit bis zum gefahrbringenden Ausfall
DC	61,92 %	niedrig	Diagnosedeckungsgrad

Erreichbarer Performancelevel	PL
Kategorie 1	c
Kategorie 3	d

5.2 Ausführung mit Schaltausgang

Sicherheitskennzahlen		
λ_s	707,761 Fit	Fehlerrate - sicher
λ_d	1348,499 Fit	Fehlerrate - gefährlich
λ_{dd}	1034,503 Fit	Fehlerrate - gefährlich, entdeckt
λ_{du}	313,996 Fit	Fehlerrate - gefährlich, unentdeckt

SIL (IEC 61508)

Gerätetyp	Typ B	Komplexes Gerät
Betriebsart	Low Demand	Anforderung max. 1/Jahr

1oo1 Architektur

HFT	0	Hardwarefehlertoleranz
SFF	84,73 %	Anteil der ungefährlichen Ausfälle

Die Wahrscheinlichkeit einer Fehlfunktion im Anforderungsfall (PFD) ist abhängig vom Prüfintervall.

Prüfintervall	1 Jahr	2 Jahre	5 Jahre	10 Jahre
PFD	$1{,}39 \cdot 10^{-3}$	$2{,}76 \cdot 10^{-3}$	$6{,}89 \cdot 10^{-3}$	$1{,}38 \cdot 10^{-2}$
IEC 61508	SIL1	SIL1	SIL1	SIL1

1oo2 Architektur

β	10%	Wahrscheinlichkeit, dass der gleiche Fehler zur selben Zeit in beiden Kanälen auftritt.
β_d	5%	Wahrscheinlichkeit, dass der gleiche gefährliche Fehler zur selben Zeit in beiden Kanälen auftritt.
MRT	8 Std.	Mittlere Zeitdauer für eine Reparatur
MTTR	8 Std.	Mittlere Instandsetzungszeit
HFT	1	Hardwarefehlertoleranz
SFF	84,73 %	Anteil der ungefährlichen Ausfälle

Die Wahrscheinlichkeit einer Fehlfunktion im Anforderungsfall (PFD) ist abhängig vom Prüfintervall.

Prüfintervall	1 Jahr	2 Jahre	5 Jahre	10 Jahre
PFD	$1{,}40 \cdot 10^{-4}$	$2{,}85 \cdot 10^{-4}$	$7{,}44\ 10^{-4}$	$1{,}60 \cdot 10^{-3}$
IEC61508	SIL2	SIL2	SIL2	SIL2

PL (DIN EN ISO 13849)

Gerätetyp	Typ B	Komplexes Gerät	
Betriebsart	High Demand	Anforderung max. 1/Jahr	
$MTTF_d$	84,65 Jahre	hoch	Mittlere Zeit bis zum gefahrbringenden Ausfall
DC	76,72 %	niedrig	Diagnosedeckungsgrad

Erreichbarer Performancelevel	PL
Kategorie 1	c
Kategorie 3	d

6 Anhang

6.1 Herstellererklärungen SIL/PL

FISCHER MESS- UND REGELTECHNIK

(Original)

Herstellererklärung

Der Hersteller

FISCHER Mess- und Regeltechnik GmbH
Bielefelder Str. 37a
D-32107 Bad Salzuflen

Tel.+49 5222 974-0
www.fischermesstechnik.de

erklärt hiermit für die nachfolgend beschriebenen Geräte der Serie:

Produktbezeichnung **Differenzdrucktransmitter**

Typenbezeichnung **DE91 mit Analogausgang**

Das Gerät kann in sicherheitsbezogenen Systemen eingesetzt werden. Gemäß IEC 61508 bzw. ISO 13849 ist die korrekte Funktion der Sicherheitsfunktion nachzuweisen. Die dazu notwendigen Kennzahlen, Sicherheitshinweise, Montage- und Instandhaltungsvorschriften finden Sie im Sicherheitshandbuch.

λ_s	1039,427 FIT
λ_d	1108,319 FIT
λ_{dd}	686,263 FIT
λ_{du}	422,056 FIT

SIL (IEC 61508)			PL (ISO 13849)	
Architektur	1oo1	1oo2	MTTFd	103,0 Jahre
HFT	0	1	DC	61,92 %
SIL	SIL 1	SIL2	Erreichbarer Perfomance Level	
SFF	80,35 %	80,35 %	Kategorie 1	c
PFD (T1=1 Jahr)	$1,86 * 10^{-3}$	$1,89 * 10^{-4}$	Kategorie 3	d
PFD (T1=2 Jahre)	$3,71 * 10^{-3}$	$3,86 * 10^{-4}$		
PFD (T1=5 Jahre)	$9,25 * 10^{-3}$	$1,02 * 10^{-3}$		
PFD (T1=10 Jahre)	$1,85 * 10^{-2}$	$2,24 * 10^{-3}$		

Bad Salzuflen
22.06.2026

T. Malischewski
Geschäftsführer

50044 • HE_DE_DE91_SIL-PL_Analog • Rev. ST4-B • 06/26

1 / 1

Abb. 3: HE_DE_DE91_SIL-PL_Analog

FISCHER MESS- UND REGELTECHNIK

(Original)

Herstellererklärung

Der Hersteller

FISCHER Mess- und Regeltechnik GmbH
Bielefelder Str. 37a
D-32107 Bad Salzuflen

Tel.+49 5222 974-0
www.fischermesstechnik.de

erklärt hiermit für die nachfolgend beschriebenen Geräte der Serie:

Produktbezeichnung **Differenzdrucktransmitter**

Typenbezeichnung **DE91 mit Schaltausgang**

Das Gerät kann in sicherheitsbezogenen Systemen eingesetzt werden. Gemäß IEC 61508 bzw. ISO 13849 ist die korrekte Funktion der Sicherheitsfunktion nachzuweisen. Die dazu notwendigen Kennzahlen, Sicherheitshinweise, Montage- und Instandhaltungsvorschriften finden Sie im Sicherheitshandbuch.

λ_s	*707,761 FIT*
λ_d	*1348,499 FIT*
λ_{dd}	*1034,503 FIT*
λ_{du}	*313,996 FIT*

SIL (IEC 61508)			**PL (ISO 13849)**	
Architektur	*1oo1*	*1oo2*	*MTTFd*	*84,65 Jahre*
HFT	*0*	*1*	*DC*	*76,72 %*
SIL	*SIL 1*	*SIL2*	*Erreichbarer Perfomance Level*	
SFF	*84,73 %*	*84,73 %*	*Kategorie 1*	*c*
PFD (T1=1 Jahr)	*1,39 * 10^{-3}*	*1,40 * 10^{-4}*	*Kategorie 3*	*d*
PFD (T1=2 Jahre)	*2,76 * 10^{-3}*	*2,85 * 10^{-4}*		
PFD (T1=5 Jahre)	*6,89 * 10^{-3}*	*7,44 * 10^{-4}*		
PFD (T1=10 Jahre)	*1,38 * 10^{-2}*	*1,60 * 10^{-3}*		

Bad Salzuflen
22.06.2026

T. Malischewski
Geschäftsführer

Abb. 4: HE_DE_DE91_SIL-PL_Schalt

6.2 Glossar

Abk. ($\downarrow^{A}_{Z}$)	Definition
β	*(en)* **Common Cause Factor** *(de)* Beta-Faktor Proportionalitätsfaktor zwischen der CCF-Rate (Ausfalls infolge gemeinsamer Ursache) und der gefährlichen Ausfallrate des einzelnen Kanals.
DC	*(en)* **Diagnostic Coverage Factor** *(de)* Diagnosedeckungsgrad Der DC Parameter gibt das Verhältnis der Anzahl aller entdeckbaren gefährlichen Fehler (λ_{DD}) zur gesamten Anzahl der gefährlichen Fehler (λ_{D}) an. $DC = \frac{\sum \text{erkannter gefährlicher Fehler}}{\sum \text{gesamter gefährlicher Fehler}} = \frac{\sum \lambda_{DD}}{\sum \lambda_{D}}$
FIT	*(en)* **Failure in Time** *(de)* Ausfälle pro Zeit Ausfallrate bezogen auf das Zeitintervall 10^9 Stunden. $1\ FIT = 1 \times 10^{-9} \frac{1}{h}$
FMEDA	*(en)* **Failure Mode Effect and Diagnostic Analysis** *(de)* Gefährdung und Risikoanalyse Verfahren zur Ermittlung von Fehlerursachen und deren Auswirkung auf das System.
HDM	*(en)* **High Demand Mode** *(de)* Betriebsart mit hoher Anforderungsstufe Betriebsart mit hoher oder kontinuierlicher Anforderung der Sicherheitsfunktion. Die Anforderungsrate an das sicherheitsbezogene System beträgt mehr als einmal pro Jahr.
HFT	*(en)* **Hardware Fault Tolerance** *(de)* Hardware-Fehlertoleranz Die Hardware-Fehlertoleranz gibt an, wie viele gefährliche Fehler aufgrund der Architektur möglich sind, ohne dass die Ausführung der Sicherheitsfunktion gefährdet ist. • HFT = 0 Der Eintritt eines gefährlichen Fehlers führt bereits zum Ausfall der Sicherheitsfunktion. • HFT = 1 Erst der Eintritt von zwei gefährlichen Fehlern führt zum Ausfall der Sicherheitsfunktion.

LDM	*(en)* **Low Demand Mode** *(de)* Betriebsart mit niedriger Anforderungsstufe
	Die Sicherheitsfunktion wird nur auf Anforderung ausgeführt, um das System in einen festgelegten sicheren Zustand zu überführen. Die Häufigkeit von Anforderungen beträgt nicht mehr als einmal pro Jahr.
MooN	*(en)* **Architecture with M out of N channels** *(de)* Systemarchitektur mit M aus N Kanälen
	Systemarchitektur MooN mit den Variablen M und N: Klassifizierung und Beschreibung des sicherheitsbezogenen Systems hinsichtlich der Redundanz und den angewandten Auswahlverfahren. • N - gibt die gesamte Anzahl der redundanten Kanäle einer sicherheitsbezogenen Architektur bzw. eines Sicherheitskreises an. • M – bestimmt, wie viele Kanäle korrekt arbeiten müssen, um die Sicherheitsfunktion auszuführen.
MTBF	*(en)* **Mean Time Between Failures** *(de)* Mittlere Brauchbarkeitsdauer
	Mittlere Betriebsdauer zwischen zwei Ausfällen.
$MTTF_d$	*(en)* **Mean Time To Dangerous Failures** *(de)* Mittlere Zeit bis zum gefahrbringenden Ausfall
	Betriebsdauer bis zu einem gefahrbringenden Fehler.
MRT	*(en)* **Mean Repair Time** *(de)* Mittlere Reparaturdauer
	Mittlere Zeitdauer für die Reparatur.
MTTR	*(en)* **Mean Time To Repair** *(de)* Mittlere Instandsetzungszeit
	Mittlere Zeitdauer zwischen dem Auftreten eines Fehlers und der Widerherstellung des Systems.
PFD	*(en)* **Probability of Failure on Demand** *(de)* Wahrscheinlichkeit einer Fehlfunktion im Anforderungsfall
	Wahrscheinlichkeit eines gefahrbringenden Ausfalls bei Anforderung der Sicherheitsfunktion für eine Betriebsart mit niedriger Anforderungsrate (Low Demand).
PFH	*(en)* **Probability of a dangerous Failure per Hour** *(de)* Ausfallwahrscheinlichkeit pro Stunde für die Sicherheitsfunktion
	Häufigkeit eines gefahrbringenden Ausfalls der Sicherheitsfunktion für eine Betriebsart mit hoher oder kontinuierlicher Anforderungsrate (High Demand).

PFS	*(en)* **Probability of Failure Spurious** *(de)* Ausfallwahrscheinlichkeit aufgrund einer nicht beabsichtigten Prozessabschaltung Häufigkeit eines Ausfalls aufgrund eines Fehlalarms, der zu einer nicht beabsichtigten Prozessabschaltung durch das sicherheitstechnische-System führt. Je kleiner der Wert ist umso verfügbarer ist das System.
SC	*(en)* **systematic capability** *(de)* systematische Eignung Maß des Vertrauens (ausgedrückt auf einer Skala von SC 1 bis SC 4), dass die systematische Sicherheitsintegrität eines Elements den Anforderungen des festgelegten SILs hinsichtlich der festgelegten Element-Sicherheitsfunktion entspricht, wenn das Element in Übereinstimmung mit dem Sicherheitshandbuch für konforme Objekte für das Element festgelegten Anweisungen angewendet wird.
SFF	*(en)* **Safe Failure Fraction** *(de)* Anteil der ungefährlichen Ausfälle Ergibt sich aus der Rate der ungefährlichen Fehler plus der diagnostizierten bzw. erkannten Fehler im Verhältnis zur gesamten Ausfallrate des Systems.[(2)]
SIF	*(en)* **Safety Instrumented Function** *(de)* Sicherheitstechnische Funktion Die Sicherheitsfunktion (SIF) ist eine Schutzmaßnahme, die nur im Störfall aktiviert wird und dann verhindert, dass Personen, Umwelt und Sachwerte Schaden nehmen.
SIL	*(en)* **Safety Integrity Level** *(de)* Sicherheits-Integritätslevel Eine von vier diskreten Stufen, um die Anforderungen an die Zuverlässigkeit der Sicherheitsfunktionen in Sicherheitstechnischen-Systemen zu beurteilen. SIL 4 bezeichnet die höchste und SIL1 die niedrigste Stufe der Sicherheitsintegrität. Jeder Level entspricht einem Wahrscheinlichkeitsbereich für das Versagen einer Sicherheitsfunktion.
SIS	*(en)* **Safety Instrumented System** *(de)* Sicherheitstechnisches-System Sicherheitstechnisches-System zur Ausführung einer oder mehrerer sicherheitstechnischer Funktionen. Ein solches System besteht mindestens aus einem Sensor, einer übergeordneten Sicherheitssteuerung und einem Aktor.
T_1	*(en)* **Proof Test Interval** *(de)* Prüfintervall Das Sicherheitstechnische-System muss sich stets in einem Zustand befinden, der die festgelegte Sicherheits-Integrität garantiert. Der Proof-Test ist die durchzuführende Prüfung, die dies bestätigt. Das Prüfintervall gibt an in welchen Zeitabständen ein Proof-Test durchzuführen ist, um die Sicherheitsfunktion zu garantieren.

[(2)] Aufgrund der fehlenden Diagnose und den vernachlässigbar wenigen Fehlern bei mechanischen Komponenten ist die Methode bei Ventilen, Antrieben und anderen mechanischen Komponenten nur bedingt anwendbar. Es obliegt daher dem Endanwender durch geeignete Diagnosemaßnahmen und eigensichere Konstruktion eine entsprechende SFF sicherzustellen.

6.3 Fehlerraten

Die Fehlerraten unterscheiden sich grundsätzlich wie folgt:

1. sichere Fehler
2. gefährliche Fehler
3. Fehler ohne Auswirkung

Die ersten beiden Fehlertypen werden nochmals unterschieden in entdeckbare und unentdeckbare Fehler.

Die Fehler ohne Auswirkung und die sicheren Fehler, egal ob entdeckt oder unentdeckt, haben auf die Sicherheitsfunktion keinen Einfluss. Gefährliche Fehler führen hingegen zu einem gefährlichen Zustand des Systems. Eine Übersicht gibt das nachfolgende Diagramm.

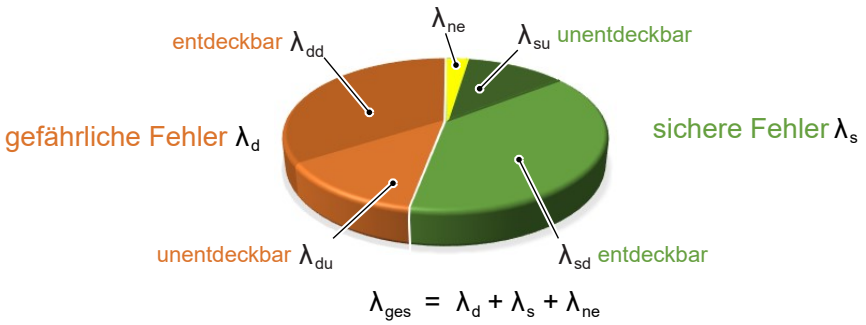


Abb. 5: Fehlerraten

λ_d *(en)* **Dangerous failure rate**
(de) Rate aller gefährlichen Fehler

λ_{dd} *(en)* **Dangerous detected failure rate**
(de) Rate aller entdeckbaren gefährlichen Fehler

λ_{du} *(en)* **Dangerous undetected failure rate**
(de) Rate aller unentdeckbaren gefährlichen Fehler

λ_s *(en)* **Safe failure rate**
(de) Rate aller ungefährlichen Fehler

λ_{sd} *(en)* **Safe detected failure rate**
(de) Rate aller entdeckbaren sicheren Fehler

λ_{su} *(en)* **Safe undetected failure rate**
(de) Rate aller unentdeckbaren sicheren Fehler

λ_{ne} *(en)* **No effect failure rate**
(de) Rate aller Fehler ohne Auswirkung

6.4 Gerätetypen

Typ-A **Einfaches Betriebsmittel**

Typ A Geräte sind „einfache“ Geräte bei denen das Ausfallverhalten aller eingesetzten Bauteile und das Verhalten unter Fehlerbedingungen vollständig bekannt ist.

Sie enthalten z.B. Relais, Widerstände und Transistoren, jedoch keine komplexen elektronischen Bauelemente wie z.B. Mikrocontroller.

Typ-B **Komplexes Betriebsmittel**

Typ B Geräte sind „komplexe“ Geräte bei denen das Ausfallverhalten der eingesetzten Bauteile und das Verhalten unter Fehlbedingungen nicht vollständig bekannt ist.

Diese Geräte enthalten elektronische Bauelemente wie Mikrocontroller, Mikroprozessoren oder ASICs. Bei diesen Bauelementen und insbesondere bei softwaregesteuerten Funktionen ist es schwierig, alle Fehler vollständig zu bestimmen.

Notizen

Notizen

FISCHER Mess- und Regeltechnik GmbH
Bielefelder Str. 37a
D-32107 Bad Salzuflen
Tel. +49 5222 974-0
www.fischermesstechnik.de
info@fischermesstechnik.de