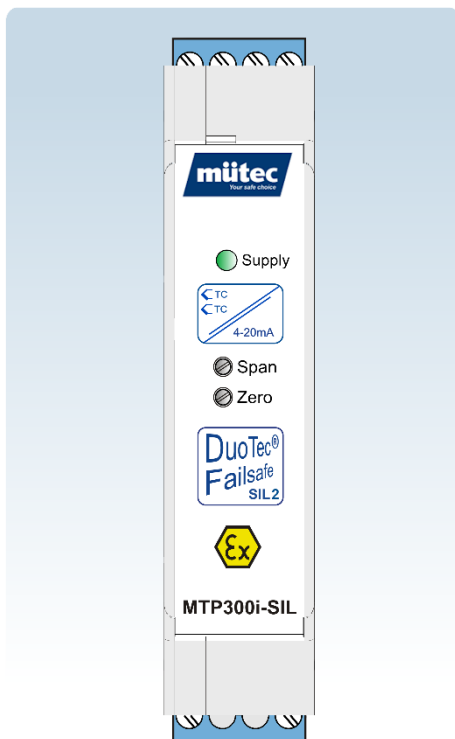


## MTP300i-SIL-\*

Thermoelement	1 Messeingang	2 Messeingänge
Typ K (NiCr-Ni)	MTP300i-SIL-K	MTP300i-SIL-2K
Typ J (Fe-CuNi)	MTP300i-SIL-J	MTP300i-SIL-2J
Typ E (NiCr-CuNi)	MTP300i-SIL-E	MTP300i-SIL-2E
Typ N (NiCrSi-NiSi)	MTP300i-SIL-N	MTP300i-SIL-2N



### Eigenschaften

- 2-Lt.-Transmitter für Thermoelemente
- Galvanisch getrennte Messeingänge mit Vergleichsstellenkompensation
- Signaldurchlaufzeit:  
  ohne Butterworth-Filter ≤ 3 ms  
  mit Butterworth-Filter ≤ 38 ms
- Installation in Zone 1 oder 2 möglich
- Eigensicher nach EN 60079-11
- SIL 2 entsprechend IEC 61508
- Gerätetyp B entsprechend IEC 61508
- Fehlersignalisierung entsprechend NAMUR NE 43
- LED-Statusanzeige



### Beschreibung

Der 2-Leiter-Temperaturmessumformer **MTP300i-SIL\*** ist mit einem, der **MTP300i-SIL-2\*** mit zwei galvanisch getrennten Thermoelement-Eingängen ausgestattet. Die Transmitter wurden speziell für eine schnelle Temperaturmessung im Ex-Bereich entwickelt. Ein Pt100-Sensor an den Klemmen jedes mV-Eingangs dient der Erfassung der Kaltstellentemperatur. Der Thermoelement-Transmitter muss durch ein Speisegerät oder eine Zener-Barriere eigensicher versorgt werden.

\* **Thermoelement-Typ**




#### Warnung: Explosionsgefahr

Das Gerät ist ein eigensicheres Betriebsmittel und ist auch für den Einsatz in Zone 1 oder Zone 2 konzipiert, wenn die Bedingungen nach EN IEC 60079-0 erfüllt sind. Bei Installation und Betrieb des Geräts müssen die geltenden Sicherheitsrichtlinien (einschließlich nationaler Sicherheitsrichtlinien), Unfallverhütungsvorschriften sowie allgemeine technische Vorschriften eingehalten werden. Beachten Sie die Sicherheitsbestimmungen und -hinweise zur Installation auf Seite 6.

## Inhaltsverzeichnis

1	Technische Daten .....	2
2	Sicherheitsvorschriften und Installationshinweise .....	6
3	Allgemeine Informationen für Errichtung und Betrieb.....	7
4	Installation .....	8
5	Vergleich der sicherheitstechnischen Daten .....	9
6	Überwachungsprinzip .....	9
7	Sicherheitsfunktion .....	10
8	Sicherheitsgerichtete Anwendungen für SIL 2 .....	12
9	PFD-Berechnungen .....	13
10	Anlage_1: EU-Konformitätserklärung	
11	Anlage_2: EU-Baumusterprüfbescheinigung	

## 1 Technische Daten

<b>Ex-Zertifikat</b>	 BVS 08 ATEX E 082 X Ausgabe 01 II 2 (1) G Ex ib [ia Ga] IIC T4 Gb
<b>Konformität mit</b>	EN IEC 60079-0:2018 Allgemeine Anforderungen EN 60079-11:2012 Eigensicherheit „i“
<b>Funktionale Sicherheit (SIL)</b>	SIL 2 entsprechend IEC 61508

### Sicherheitstechnische Daten der eigensicheren Stromkreise

#### Versorgung - Ex ib IIC Gb (Klemmen 1 + 4)

Spannung	U <sub>i</sub>	28 VDC
Strom	I <sub>i</sub>	95 mA
Leistung	P <sub>i</sub>	655 mW
Wirksame innere Kapazität	C <sub>i</sub>	26 nF
Wirksame innere Induktivität	L <sub>i</sub>	vernachlässigbar

#### Thermoelementeingänge - Ex ia IIC Ga (Klemmen 5 + 8 und Klemmen 9 + 12)

Spannung	U <sub>o</sub>	1 Vdc
Strom	I <sub>o</sub>	1,8 mA
Leistung	P <sub>o</sub>	0,5 mW
Zulässige äußere Kapazität	C <sub>o</sub>	10 µF
Zulässige äußere Induktivität	L <sub>o</sub>	100 mH

### Eingangssignal (Klemmen 5 + 8 und 9 + 12)

Thermoelement (Typ K, J, E oder N)	siehe Typenschild
Messbereich (kann nicht geändert werden)	siehe Typenschild
Kaltstellentemperatur-Kompensation mit Pt100 (Abb. 4)	-10 ... +70 °C

### Ausgangssignal (Klemmen 1 + 4)

Strom proportional zur Temperatur	I <sub>o</sub>	4 ... 20 mA
Maximaler Strom	I <sub>max</sub>	< 24 mA
Verhalten im Fehlerfall (entsprechend NE 43)	I <sub>fail</sub>	≤ 3,6 mA

### Statusanzeige für Stromversorgung bzw. mA-Signal

Grüne LED	Helligkeit entsprechend 4 ... 20 mA
Verhalten im Fehlerfall	aus

## Allgemeine Daten

### Signaldurchlaufzeit

Eingang/Ausgang ohne Butterworth Filter (OFF, Bild 2)	≤ 3 ms
Eingang/Ausgang mit Butterworth Filter (ON, Bild 2)	≤ 38 ms (Standard)

### Übertragungsfehler

Typisch	< 0,05 % (des Endwertes)
---------	--------------------------

### Temperaturkoeffizient

Typisch	< 0,05 %/10 K
---------	---------------

### Pt100-Sensor Fehler

DIN IEC 751, Klasse B bei 0°C	< 0,3°C
-------------------------------	---------

### Fehler der Vergleichsstelle

Temperaturbereich 0°C bis +40°C	< 0,5 °C
Temperaturbereich -10°C bis +70°C	< 0,8 °C

### Linearisierungsfehler

Typisch	< 0,1 °C
---------	----------

### Messwertabweichung

Typisch	< 0,6 °C bei 20 °C
---------	--------------------

### Elektrische Trennung

Geprüft nach Normen & Vorschriften der EN 60079-11

### Elektromagnetische Verträglichkeit

Geprüft nach Normen & Vorschriften der EN 61326-3-2

### Versorgungsstromkreis

Spannungsbereich ( $R_{last} = 70 \Omega$ bis 800 $\Omega$ )	12,5 ... 28 V
Strombereich	> 3,5 ... < 24 mA

### Verlustleistung

Minimal (12,5 V x 4 mA)	50 mW
Maximal (28 V x 20 mA)	560 mW

### Umgebungstemperatur

Betrieb	-10°C bis +70°C
Lagerung/Transport	-20°C bis +80°C

### Luftfeuchtigkeit

Zulässige Luftfeuchtigkeit bei Betrieb (nicht kondensierend)	10 % bis 95 %
--	---------------

### Gehäuse

Material	Polyamid
Farbe	hellgrau
Schutzart	IP20
Breite x Länge x Höhe (mit Anschlussklemmen)	22,5 x 115 x 108 mm
Brennbarkeitsklasse nach UL 94	V0
Gehäusetyp für die Montage	35 mm DIN-Schiene
Gewicht mit Klemmen	ca. 200 g

### Anschlussklemmen

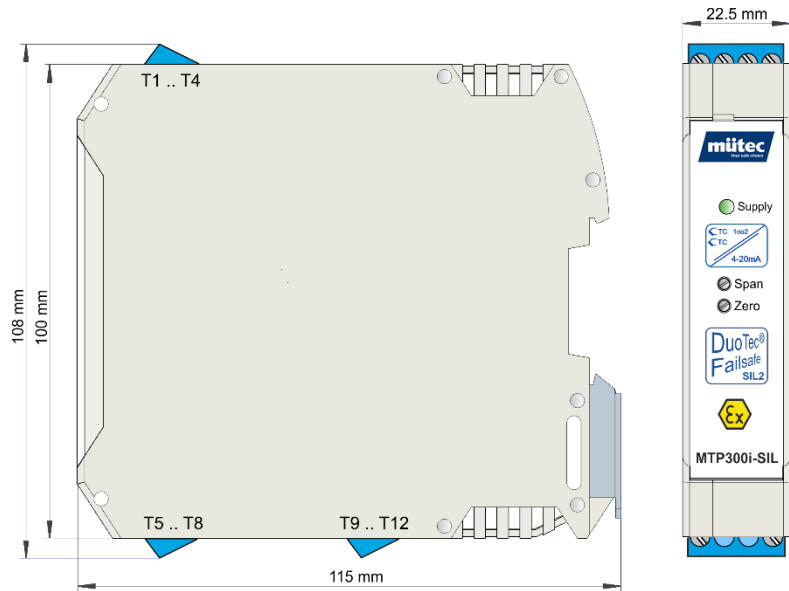
Draht (minimal/maximal)	0,2 mm <sup>2</sup> /2,5 mm <sup>2</sup>
Litze (minimal/maximal)	0,2 mm <sup>2</sup> /2,5 mm <sup>2</sup>
Leiterquerschnitt AWG/kcmil (minimal/maximal)	24/14
Abisolierlänge	7 mm
Anschlussstechnik	steckbarer Schraubanschluss
Anzugsdrehmoment	0,5 ... 0,6 Nm

### Installation

Sicherer Bereich:	Installieren Sie das Gerät in einer sauberen und trockenen Umgebung.
Ex-Bereich (Zone 1):	Das Gehäuse muss mindestens der Schutzart IP54 entsprechen und die Forderungen der IEC/EN 60079-0 erfüllen.

**Abmessungen**

Abb. 1



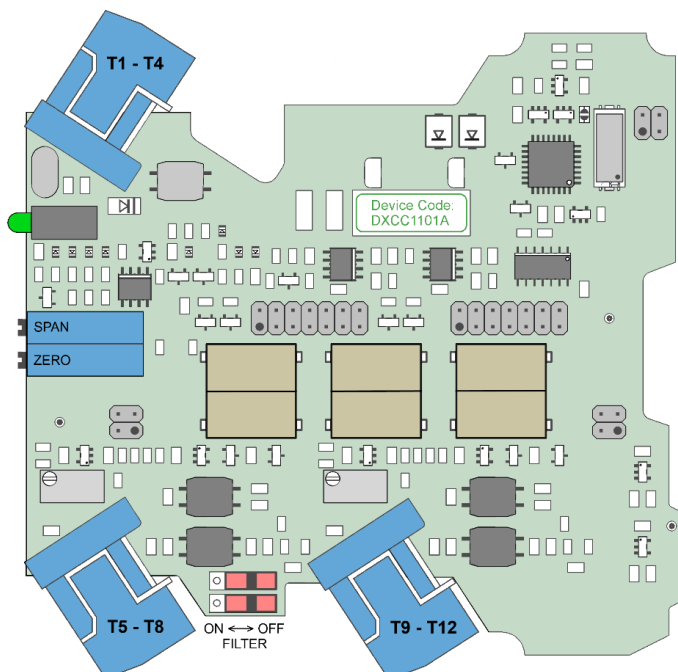
**Typenschild**

Abb. 2

Mütec Instruments GmbH Bei den Kämpfen 26 D-21220 Seevetal			
<b>Temperature Transmitter MTP300i-SIL-2X</b>			
CE 0158 BVS 08 ATEX E 082 X Ex II 2 (1) G Ex ib [ia Ga] IIC T4 Gb			
Electrical data: see manual		Made in Germany	
Terminal 9...12	TC 2 TC9(+)/12(-) Int. C.A.C.: 10/11	Inp.: TC Type K, 0 to +400°C Serial-No.: 10180 TAG No.: < leer >	T <sub>amb.</sub> : -10°C to +70°C Date: 2350 Supply: 1(+)/4(-) Ground: 2,3
Terminal 5...8	TC 1 TC5(+)/8(-) Int. C.A.C.: 6/7		Terminal 1...4

**Feinabgleich  
für  
Messanfang (4 mA)  
und  
Messende (20 mA)**

Abb. 3



### Temperaturfehler der Vergleichsstelle im Bereich von -10°C bis +70°C

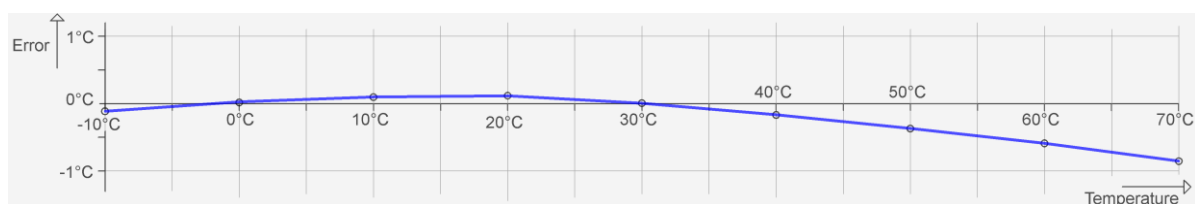


Abb. 4

### Montage

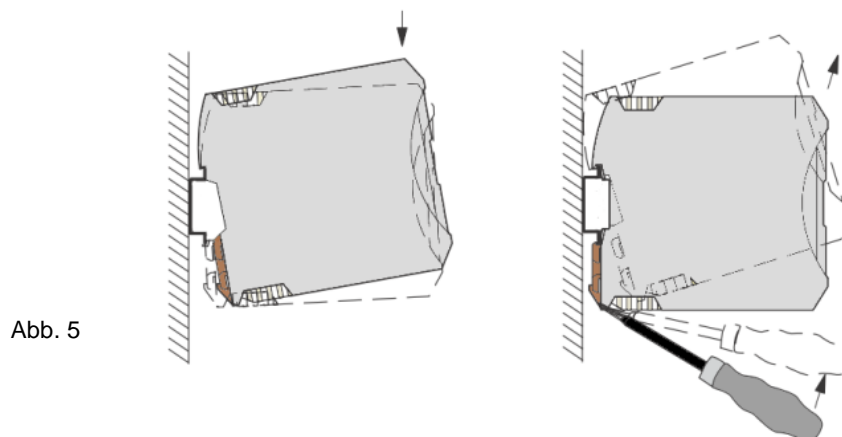


Abb. 5

Montieren Sie die Baugruppe auf eine 35 mm Hutschiene nach EN 60715. Installieren Sie das Modul in einem geeigneten Gehäuse, das die Anforderungen für der Schutzklasse erfüllt.

Montage: Einhängen und Schnappverschluss verriegeln (linker Teil der Zeichnung)

Ausbau: Mit Schraubendreher (rechter Teil der Zeichnung) den Schnappverschluss entriegeln



Bevor Sie beginnen, prüfen Sie die richtige Verkabelung und die Kennzeichnung der eigensicheren Stromkreise!

### Anschließen der Kabel:

Zulässige Leitungsquerschnitte sind 0,2 mm<sup>2</sup> bis 2,5 mm<sup>2</sup> Litze mit Aderendhülsen

### Schraubanschluss:

Führen Sie das Kabelende in die entsprechende Öffnung der Klemme und befestigen Sie es mit Hilfe eines Schlitzschraubendrehers und der entsprechenden Schraubklemme.

## 2 Sicherheitsvorschriften und Installationshinweise

### Folgen Sie den Anweisungen für die Installation:



**Hinweis:** Die Installation, der Betrieb und die Wartung darf nur von qualifiziertem Fachpersonal durchgeführt werden.

Bei Installation und Betrieb des Gerätes sind die geltenden Sicherheitsrichtlinien (einschließlich der nationalen Sicherheitsrichtlinie), Unfallverhütungsvorschriften, sowie allgemeine technische Vorschriften zu beachten.



**Hinweis:** Auf die Stromkreise im Gerät darf nicht zugegriffen werden.

Reparieren Sie nicht das Gerät selbst, sondern ersetzen Sie es durch ein gleichwertiges Gerät. Reparaturen dürfen nur vom Hersteller durchgeführt werden.



**Hinweis:** Das Gerät ist für die Schutzart IP20 geeignet, wenn:

- Es außerhalb explosionsgefährdeter Bereiche installiert ist
- Die Umgebung sauber und trocken ist

Installieren Sie das Gerät in einem geeigneten Gehäuse mit einer geeigneten Schutzart gemäß EN IEC 60079-0 zum Schutz vor mechanischen und elektrischen Schäden.

Die sicherheitsrelevanten Daten finden Sie in der Betriebsanleitung und im ATEX-Zertifikat (EU-Baumusterprüfbescheinigung bzw. andere Zertifikate, falls notwendig).

### Sicherheitsvorschriften für die Installation in explosionsgefährdeten Bereichen und Vorschriften für eigensichere Stromkreise:



#### **Warnung: Explosionsgefahr**

Bei der Durchführung von Messungen auf der eigensicheren Seite sind die relevanten Vorschriften in Bezug auf die Verbindung der eigensicheren elektrischen Betriebsmittel zu beachten. Verwenden Sie nur zugelassene Geräte für den Einsatz in eigensicheren Stromkreisen.



#### **Warnung: Explosionsgefahr**

Wenn das Gerät vorher in nicht eigensicheren Stromkreisen verwendet wurde, darf es für eigensichere Stromkreise nicht mehr eingesetzt werden. Kennzeichnen Sie das Gerät deutlich als nicht mehr eigensicher.

### Besondere Bedingungen für Installation und Betrieb (X-Kennzeichnung)



#### **Warnung: Explosionsgefahr**

Das Gerät ist ein eigensicheres Betriebsmittel der Schutzart "Ex-i" und muss außerhalb des explosionsgefährdeten Bereiches errichtet werden.



#### **Installation in Zone 1 oder Zone 2**

Installieren Sie das Gerät in ein geeignetes Gehäuse mit mindestens der Schutzart IP54 und in Übereinstimmung mit EN IEC 60079-0.

### Installation in Bereichen mit Gefahr von Staubexplosionen:




#### **Warnung: Explosionsgefahr**

Das Gerät ist nicht für den Einbau in Bereichen mit der Gefahr von Staubexplosionen zugelassen.

Nehmen Sie die Zusammenschaltung mit eigensicheren Stromkreisen in staubexplosionsgefährdeten Bereichen der Zonen 20, 21 bzw. 22 nur vor, wenn die an diesen Stromkreisen angeschlossenen Betriebsmittel für diese Zone zugelassen sind (z.B. Kategorie 1D, 2D bzw. 3D).

### 3 Allgemeine Informationen für Errichtung und Betrieb

#### Kennzeichnung nach Richtlinie 2014/34/EU:

Prüfstelle \_\_\_\_\_ **0158**  **II (2) G**

Gerätegruppe \_\_\_\_\_

zugehöriges Betriebsmittel mit externen Stromkreisen  
zum Anschluss an Geräte der Kategorie 2 \_\_\_\_\_

für explosionsfähige Gemische aus Luft und brennbaren  
Gasen, Dämpfen oder Nebeln \_\_\_\_\_

#### Kennzeichnung der Zündschutzart:

zugehöriges elektrisches Betriebs-  
mittel nach Europeanorm \_\_\_\_\_

Zündschutzart \_\_\_\_\_

EPL (Equipment Protection Level) \_\_\_\_\_

Betriebsmittelgruppe \_\_\_\_\_

**[Ex ia Ga] IIC**

#### Weitere Sicherheitshinweise

Das Gerät muss außer Betrieb genommen und gegen unbeabsichtigten Betrieb gesichert werden, wenn angenommen werden muss, dass ein gefahrloser Betrieb nicht mehr möglich ist. Gründe für diese Annahme können sein:

- sichtbare Beschädigung des Gerätes
- Ausfall der elektrischen Funktion
- längere Lagerung bei Temperaturen über 85 °C
- schwere Transportbeanspruchung

Bevor das Gerät wieder in Betrieb genommen wird, ist eine fachgerechte Stückprüfung nach DIN EN 61010, Teil 1 durchzuführen. Diese Prüfung sollte unbedingt beim Hersteller erfolgen. Reparaturarbeiten an Ex-Geräten dürfen nur unter Beachtung von §9 der Ex-Verordnung (Elex V) durchgeführt werden.

Geräte mit eigensicheren Stromkreisen dürfen niemals an nicht eigensicheren Stromkreisen betrieben werden. Sollen Ex-Geräte an nicht eigensicheren Stromkreisen betrieben werden, so sind diese besonders zu kennzeichnen und die Ex-Aufschriften müssen unbedingt entfernt werden, damit diese Geräte später nicht wieder für eigensichere Stromkreise Verwendung finden. Eine spätere Nachprüfung der Geräte auf Einhaltung der Bedingungen für den Ex-Schutz ist auch beim Hersteller nur mit einem unverhältnismäßig hohen Aufwand möglich und wird deshalb in der Regel abgelehnt.

## 4 Installation



### Hinweis: Elektrostatische Entladung

Das Gerät enthält Bauelemente, die durch elektrostatische Entladung beschädigt oder zerstört werden können. Beachten Sie beim Umgang mit dem Gerät die notwendigen Sicherheitsmaßnahmen gegen elektrostatische Entladung (ESD) gemäß EN 61340-5-1 und EN 61340-5-2.

### Blockschaltbild des MTP300i-SIL-1\*:

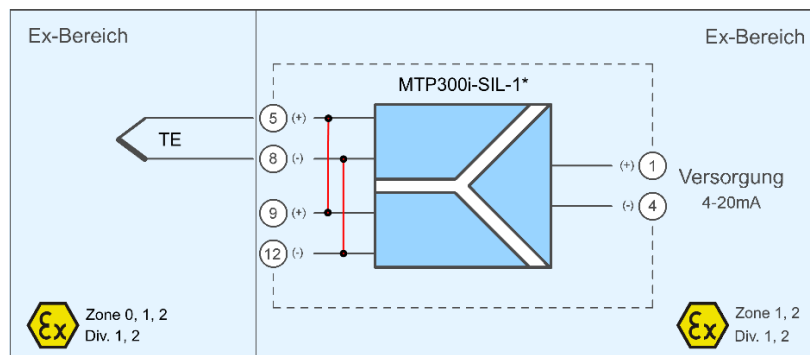


Abb. 6

### Messeingang (eigensicher):

1 Thermoelement an Klemme 5/+ und 8/- oder 9/+ und 12/-

**Achtung: Klemmen 5+8 und 9+12 sind schon intern verbunden!**

### Speisestromkreis/Ausgangssignal (eigensicher):

Speisestromkreis an Klemme 1/+ und 4/-

### Blockschaltbild des MTP300i-SIL-2\*:

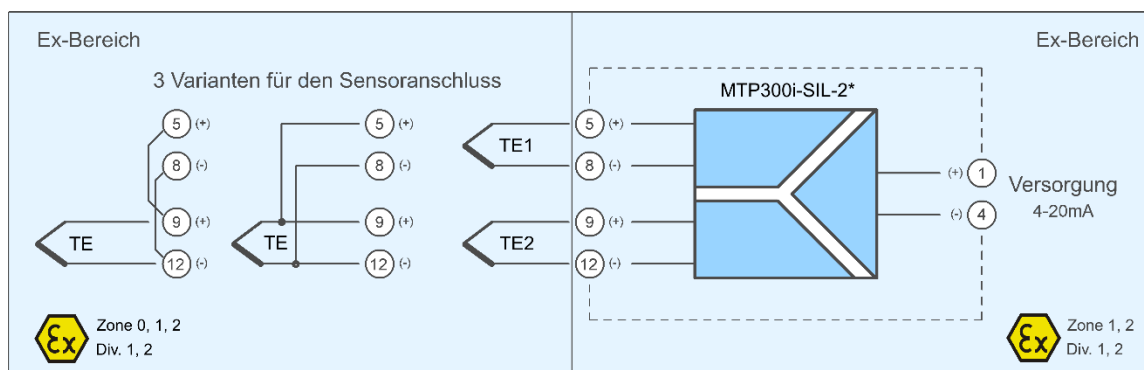


Abb. 7

### Messeingänge (eigensicher):

1 Thermoelement an den Klemmen 5/+ und 8/- oder 9/+ und 12/-, Klemmen 5+9 und 8+12 brücken

1 Thermoelement (4-Lt.-Schaltung) an Klemme 5/+ und 9/+ sowie 8/- und 12/-

2 Thermoelemente an den Klemmen 5/+ und 8/- sowie 9/+ und 12/-

### Speisestromkreis/Ausgang (eigensicher):

Speisestromkreis an den Klemmen 1/+ und 4/-

## 5 Vergleich der sicherheitstechnischen Daten

### Warnung: Explosionsgefahr

Vergleichen Sie die sicherheitstechnischen Daten, bevor Sie einen eigensicheren Versorgungstromkreis an den MTP300i-SIL-\* oder MTP300i-SIL-2\* anschließen.

Sicherheitstechnische Daten	<b>MTP300i-SIL-*/2*:</b>	<b><math>U_i, I_i, P_i, L_i, C_i</math></b>
	<b>Speisestromkreis:</b>	<b><math>U_o, I_o, P_o, L_o, C_o</math></b>

Die Werte für  $U_o, I_o, P_o, L_o$  and  $C_o$  finden Sie unter **sicherheitstechnische Daten** nach **ATEX** für **eigensichere Stromkreise** auf Seite 2 unter der Bezeichnung „Versorgung“ und müssen immer  $\leq U_i, I_i, P_i, L_i$  und  $C_i$  sein.

Als Voraussetzung für die Eigensicherheit (einfache Stromkreise) gilt:



$$U_i \geq U_o$$

$$I_i \geq I_o$$

$$P_i \geq P_o$$

$$L_i + L_c \leq L_o \quad (L_c \text{ ist abhängig vom verwendeten Kabel})$$

$$C_i + C_c \leq C_o \quad (C_c \text{ ist abhängig vom verwendeten Kabel})$$

## 6 Überwachungsprinzip:

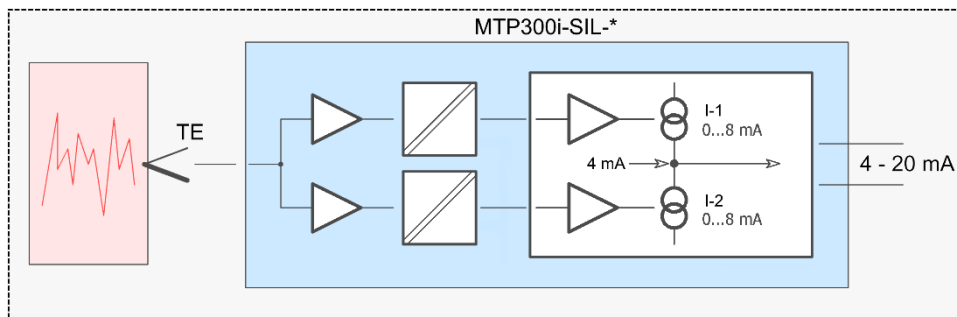


Abb. 8

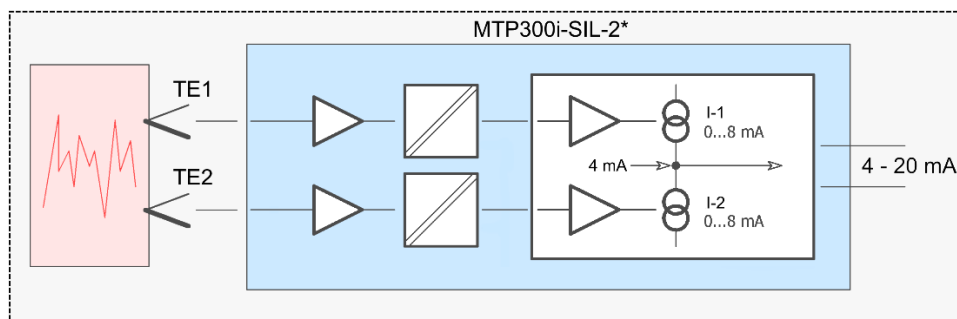


Abb. 9

Der **MTP300i-SIL-\*** hat zwei parallel geschaltete Eingangskanäle. Im Unterschied dazu hat der **MTP300i-SIL-2\*** zwei untereinander galvanisch getrennte Eingangskanäle. Bei beiden Geräten werden damit die galvanisch getrennten Endstufen für das 4-20 mA-Signal im Versorgungstromkreis gesteuert. Die zweikanalige Struktur des Transmitters garantiert einen hohen Grad der funktionalen Sicherheit ( $\lambda_{du} = 4,7$  FIT).

Die Funktionsgruppen der internen Schaltung und die Messstromkreise mit den Thermoelementen und Ausgleichleitungen unterliegen einer kontinuierlichen Selbstdiagnose. Im Fehlerfall wird das Ausgangssignal entsprechend der NE43 (NAMUR-Empfehlung) auf  $< 3,6$  mA reduziert.

## 7 Sicherheitsfunktion:

Im Fehlerfall wird die Sicherheitsfunktion aktiviert und der Strom auf  $I_a < 3,6 \text{ mA}$  begrenzt.

Eine Abweichung von  $> 5 \%$  zwischen den beiden Messwerten der galvanisch getrennten Eingangskanäle oder ein interner Fehlerfall führt zur Auslösung der Sicherheitsfunktion. Eine Reduzierung des mA-Wertes im Ausgangs- bzw. Versorgungsstromkreis auf  $< 3,6 \text{ mA}$  meldet diesen Zustand. Nach einer Unterbrechungsdauer von etwa 7-9 Sekunden (Abb. 7) kommt das Ausgangssignal zurück und die Selbstüberwachung prüft erneut, ob der Fehlerfall noch vorliegt. Bei einem weiter vorliegenden Fehlerfall wiederholt sich die Reduzierung des Stromwertes. Nur ein externer Fehler (Thermoelement- oder Leitungsbruch) führt zu einer dauerhaften Absenkung des mA-Wertes ( $< 3,6 \text{ mA}$ ) im Versorgungsstromkreis.

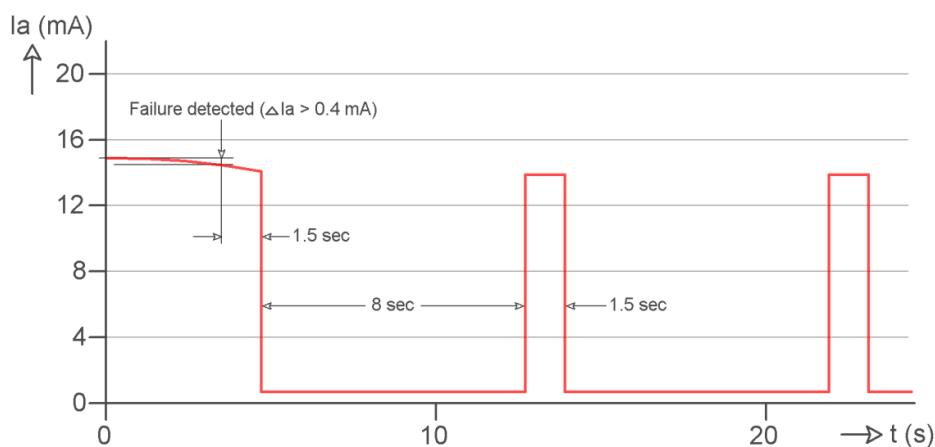


Fig. 10

Verhalten des mA-Ausgangs bei internen Fehlern:

- Überwachung der Konstantstromquellen  
Übersteigt die Abweichung den Wert von 5%, so springt der mA-Wert im Ausgangsstromkreis periodisch auf  $< 3,6 \text{ mA}$ .
- Überwachung der Versorgungs- und Referenzspannungen  
Übersteigt die Abweichung den Wert von 5%, so springt der mA-Wert im Ausgangsstromkreis periodisch auf  $< 3,6 \text{ mA}$ .
- Überwachung des Transmitter-Versorgungsstromes  
Übersteigt die Abweichung den Wert von 5%, so springt der mA-Wert im Ausgangsstromkreis periodisch auf  $< 3,6 \text{ mA}$ .
- Überwachung der Taktfrequenz  
Übersteigt die Abweichung der halben Periodendauer den Wert von 10 %, so springt der mA-Wert im Ausgangsstromkreis periodisch auf  $< 3,6 \text{ mA}$ .

Verhalten des mA-Ausgangs bei externen Fehlern des MTP300i-SIL-\*

- Bruch des TE-Sensors oder der Ausgleichsleitung  
Das mA-Ausgangssignal wird dauerhaft auf  $< 3,6 \text{ mA}$  begrenzt.
- Kurzschluss im Messstromkreis  
Das mA-Ausgangssignal entspricht dem Vergleichsstellen-Temperaturwert des Pt100-Sensors.

### Verhalten des mA-Ausgangs bei externen Fehlern des MTP300i-SIL-2\*

- Sensor-/Ausgleichsleitungsbruch (Transmitter mit nur 1 Thermoelement)  
Das mA-Ausgangssignal wird dauerhaft auf  $< 3,6$  mA begrenzt.
- Ausgleichsleitungskurzschluss (Transmitter mit nur 1 Thermoelement)  
Das mA-Ausgangssignal entspricht dem Vergleichsstellen-Temperaturwert des Pt100-Sensors.
- Sensor-/Ausgleichsleitungsbruch (Transmitter mit 2 Thermoelementen)  
Das mA-Ausgangssignal entspricht dem zwischen beiden mV-Signalen der Messeingänge gemittelten Temperaturwert. Bei einer Abweichung von mehr als 5 % zwischen den beiden Kanälen springt der mA-Wert im Ausgangstromkreis periodisch auf  $< 3,6$  mA.
- Kurzschluss im Messstromkreis (Transmitter mit 2 Thermoelementen)  
Das mA-Ausgangssignal entspricht dem Vergleichsstellen-Temperaturwert des Pt100-Sensors des fehlerhaften Messeingangs plus dem Temperaturwert des nicht fehlerhaften zweiten Messeingangs. Bei einer Abweichung von mehr als 5 % zwischen beiden Kanälen springt der mA-Wert im Ausgangstromkreis periodisch auf  $< 3,6$  mA.

## 8 Sicherheitsgerichtete Anwendungen für SIL 2

### Sicherheits-Integritätsanforderungen (siehe Technical Report 4.139.18 / Risknowlogy)

#### Fehlerraten der Temperaturmesskreise:

Typ B-Gerät (nach EN 61508-2), Safety Integrity Level (SIL) 2

$\lambda_{sd}$	$\lambda_{su}$	$\lambda_{dd}$	$\lambda_{du}$	SFF
0 FIT	78,5 FIT	61,3 FIT	4,7 FIT	96,8%

$\lambda_{su}$  schließt Fehler mit ein, die nicht zur Fehlerauslösung führen!

SFF = Safe Failure Fraction (Anteil ungefährlicher Ausfälle)

FIT = Failure in Time (1 FIT = 1 Failure /  $10^9$  h)

#### PFD<sub>AVG</sub> Werte des MTP300i-SIL... ohne Thermoelement (e):

Der Beta-Faktor ist 2 % und wurde abgeleitet aus der IEC/EN 61508-6, Anhang D

T [Proof]	1 Jahr	2 Jahre	5 Jahre	10 Jahre	20 Jahre
PFD <sub>AVG</sub>	5.63E-05	1.11E-04	2.77E-04	5.54E-04	1.11E-03
% SIL 2	0,56 %	1,11 %	2,77 %	5.54 %	11.07 %

PFD<sub>AVG</sub> = Mittelwert der Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls bei Anforderung

T [Proof] = Nachweis-Testintervall

Die berechneten PFD<sub>AVG</sub>-Werte liegen innerhalb des zulässigen Bereichs für SIL 2 entsprechend Tabelle 2 der IEC/EN 61508-1 und erfüllen die Anforderung, nach 20 Jahren nicht mehr als 15 % des zulässigen Bereiches abzudecken.

**PFS<sub>AVG</sub> für 1 Jahr: 2.63E-05**

PFS<sub>AVG</sub> = Mittelwert der Wahrscheinlichkeit eines sicheren Ausfalls

#### Ausfallgrenzwert:

Zugrunde gelegt wird die Betriebsart mit niedriger Anforderungsrate. Der Anteil des **MTP300i-SIL...** am PFD<sub>AVG</sub> der gesamten Sicherheitskette soll nicht mehr als 15 % betragen.

TC-Sensor	MTP300i-SIL	Speisegerät	Signalverarbeitung (PLS)
<b>35 %</b>	<b>15 %</b>	<b>35 %</b>	<b>15 %</b>

#### Bedingungen:

- Die Ausfallraten der eingesetzten Bauteile sind über die Einsatzdauer konstant.
- Die Ausbreitung von Fehlern durch das Gerät in der Anlage wird nicht betrachtet.
- Die Reparaturzeit (=Austausch) soll weniger als 72 Stunden betragen.
- Die Durchschnittstemperatur, in der das Gerät zum Einsatz kommen soll, beträgt +40°C. Dabei wird von normalen industriellen Bedingungen ausgegangen.
- Die angegebenen Fehlerraten beziehen sich auf eine Umgebungstemperatur von +40°C. Für eine Umgebungstemperatur von +60°C müssen die Fehlerraten mit einem Faktor von 2.5 multipliziert werden. Dieser Faktor basiert auf Erfahrungswerten.

#### Nachweis-Test:

Unternehmen Sie die passenden Schritte, um Fehlanwendungen zu vermeiden.

Ein Beispiel für das Thermoelement Typ K:

Ein Signal von 0 ... 16,395 mV entspricht dem Temperaturbereich von 0 bis 400 °C.

Das dazu korrespondierende Ausgangssignal soll 4 ... 20 mA betragen.

Mit dem Simulieren der Werte < 3,6 mA und > 22 mA kann verifiziert werden, ob die nachfolgenden Geräte der Signalkette das außerhalb des Messbereiches liegende Signal verarbeiten können.

Im Fehlerfall ist das Gerät gegen ein gleichwertiges auszutauschen.

Stellen Sie anschließend die volle Funktion des Sicherheitskreises wieder her.

Überprüfen Sie abschließend den normalen Betrieb.

### 9 PFD-Berechnungen

#### Ausfallrate eines Thermoelements:

	Sensor ohne Ausgleichsleitung				Sensor mit Ausgleichsleitung			
	s [FIT]	d [FIT]	DC	SFF	s [FIT]	d [FIT]	DC	SFF
Stress, klein	40	9	95 %	81.63 %	381	95	95 %	80.04 %
Stress, gross	787	173	95 %	81.98 %	7600	1900	95 %	80.00 %

#### Ausfallrate mit einer Ausgleichsleitung:

	Ausgleichsleitung			
	s [FIT]	d [FIT]	DC	SFF
Stress, klein	341	86	95 %	79.86 %
Stress, gross	6813	1727	95 %	79.96 %

#### TE-Anschlussvarianten (A, B, C) beim MTP300i-SIL\*:

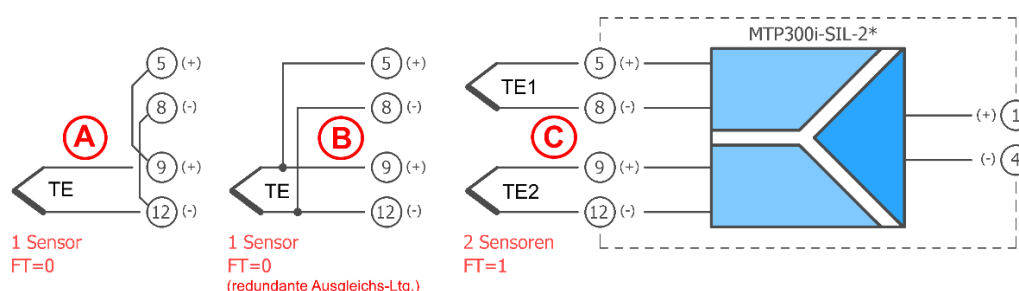


Abb. 11

#### A: Ausfallrate für 1 Thermoelement mit Ausgleichsleitung (großer Stress):

MTP300i-SIL-\* (Klemmen 5+8 und 9+12 sind intern verbunden)  
 MTP300i-SIL-2\* (Klemmen 5+8 und 9+12 sind extern zu verbinden)

T [PROOF]	1 Jahr	2 Jahre	5 Jahre	10 Jahre	20 Jahre
tce	291	510	1167	2262	4452
PFD <sub>AVG</sub> Sensor+Kabel	5.53E-04	9.69E-04	2.22E-03	4.30E-03	8.46E-03
PFD <sub>AVG</sub> MTP300i-SIL	5.63E-05	1.11E-04	2.77E-04	5.54E-04	1.11E-03
PFD <sub>AVG</sub> total	6.09E-04	1.08E-03	2.49E-03	4.85E-03	9.57E-03
% SIL 2	6.1 %	10.8 %	24.9 %	48.5 %	95.7 %

#### B: Ausfallrate für 1 Thermoelement mit redundanter Ausgleichsleitung (großer Stress):

MTP300i-SIL-\* (Ausgleichsleitungen mit den Klemmen 5+8 und 9+12 und dem Thermoelement verbunden)

T [PROOF]	1 Jahr	2 Jahr	5 Jahre	10 Jahre	20 Jahre
tce	291	510	1167	2262	4452
PFD <sub>AVG</sub> Sensor	5.03E-05	8.82E-05	2.02E-04	3.91E-04	7.70E-04
tge 2 Ausgleichs-Ltg.	218	364	802	1532	2992

T [PROOF]	1 Jahr	2 Jahr	5 Jahre	10 Jahre	20 Jahre
PFD <sub>AVG</sub> redundantes Kabel	2.55E-05	4.50E-05	1.06E-04	2.14E-04	4.56E-04
PFD <sub>AVG</sub> MTP300i-SIL	5.63E-05	1.11E-04	2.77E-04	5.54E-04	1.11E-03
PFD <sub>AVG</sub> total	1.32E-04	2.45E-04	5.85E-04	1.16E-03	2.33E-03
% SIL 2	1.3 %	2.5 %	5.9 %	11.6 %	23.3 %

### C: Ausfallrate für 2 Thermoelemente mit Ausgleichsleitungen (großer Stress):

MTP300i-SIL-2\* (Ausgleichsleitung für TE1 an Klemme 5 und 8,  
Ausgleichsleitung für TE2 an Klemme 9 und 12)

T [PROOF]	1 Jahr	2 Jahre	5 Jahre	10 Jahre	20 Jahre
t <sub>ce</sub>	218	364	802	1532	2992
PFD <sub>AVG</sub> Sensor+Kabel	2.81E-05	4.97E-05	1.17E-04	2.37E-04	5.10E-04
PFD <sub>AVG</sub> MTP300i-SIL	5.63E-05	1.11E-04	2.77E-04	5.54E-04	1.11E-03
PFD <sub>AVG</sub> total	8.44E-05	1.61E-04	3.94E-04	7.91E-04	1.62E-03
% SIL 2	0.8 %	1.6 %	3.9 %	7.9 %	16.2 %

#### PFD-Berechnung für 1 Thermoelement:

$$\text{PFD}_{\text{AVG}} \text{ Sensor} \approx 0,5 \times \lambda_{\text{du}} \times T$$

$$\lambda_{\text{du}} = (1 - \text{DC}) \times \lambda_{\text{d}}$$

#### PFD-Berechnung für 2 Thermoelemente:

$$\text{PFD}_{\text{AVG}} \text{ Sensor} \approx 0,5 \times \beta \times \lambda_{\text{du}} \times T$$

$$\beta = 5 \% \text{ (für Sensoren)}$$

#### PFD-Berechnung für MTP300i-SIL... mit Messstromkreis(en):

$$\text{PFD}_{\text{AVG}} \text{ gesamt} = \text{PFD}_{\text{AVG}} \text{ MTP300i} + \text{PFD}_{\text{AVG}} \text{ Sensor} + \text{Kabel}$$