SD01632T/09/DE/01.17
71376606

Sonderdokumentation
Temperaturfeldtransmitter iTEMP TMT162

Handbuch zur funktionalen Sicherheit

Endress+Hauser
People for Process Automation

Inhaltsverzeichnis

1 Konformitätserklärung 4
1.1 Sicherheitstechnische Kenngrößen 5

2 Hinweise zum Dokument 6
2.1 Dokumentfunktion 6
2.2 Umgang mit dem Dokument 6
2.3 Verwendete Symbole 6
2.4 Mitgeltende Gerätedokumentation 7

3 Zulässige Gerätetypen 8
3.1 SIL-Kennzeichnung auf dem Typenschild 8

4 Sicherheitsfunktion 9
4.1 Definition der Sicherheitsfunktion 9
4.2 Randbedingungen für die Anwendung im sicherheitsbezogenen Betrieb 11
4.3 Gefährliche unerkannte Fehler in dieser Betrachtung 13
4.4 Sicherheitsmessabweichung 14
4.5 Gebrauchsdauer elektrischer Bauteile .. 16

5 Einsatz in Schutzeinrichtungen 16
5.1 Geräteverhalten im Betrieb 16
5.2 Geräteparametrierung für sicherheitsbezogene Anwendungen 21
5.3 Parameter und Default-Einstellungen für den SIL Betrieb 28
5.4 Inbetriebnahme- und Wiederholungsprüfung 31

6 Lebenszyklus 36
6.1 Anforderungen an das Personal 36
6.2 Installation 36
6.3 Inbetriebnahme 36
6.4 Bedienung 36
6.5 Wartung 37
6.6 Reparatur 37
6.7 Modifikation 37
6.8 Außerbetriebnahme 38

7 Anhang 39
7.1 Aufbau des Messsystems 39
7.2 Protokoll Inbetriebnahme- oder Wiederholungsprüfung 42
7.3 Sonstiges 47
7.4 Weiterführende Informationen 48
7.5 Versionshistorie 49

1 Konformitätserklärung

SIL_00220_01.17

Endress+Hauser
People for Process Automation

Konformitätserklärung

Funktionale Sicherheit nach IEC 61508:2010
Beiblatt 1 / NE130 Formblatt B1

Endress+Hauser Wetzer GmbH+Co. KG Obere Wank 1, 87484 Nesselwang

erklärt als Hersteller, dass der folgende Temperaturtransmitter

iTEMP TMT162

für den Einsatz in sicherheitsrelevanten Anwendungen bis SIL3 nach IEC61508:2010 geeignet ist.

In sicherheitsrelevanten Anwendungen gemäß IEC 61508 und IEC 61511 sind die Angaben des Handbuchs zur Funktionalen Sicherheit zu beachten.

Nesselwang, 28.09.2017
Endress+Hauser Wetzer GmbH+Co. KG

Harald Hertweck
Managing Director

i.V. Thomas Jögel
Head of Department R&D Transmitters

1/2

A0035164-DE

1.1 Sicherheitstechnische Kenngrößen

Allgemein			
Gerätebezeichnung und zulässige Ausführungen	TMT162 (Bestellmerkmal "Weitere Zulassungen": Option LA "SIL")		
Sicherheitsbezogene Ausgangssignale	4...20mA		
Fehlerstrom	≤ 3,6 mA oder ≥ 21,0 mA		
Bewertete Messgröße / Funktion	Temperatur / Spannung / Widerstand		
Sicherheitsfunktion(en)	Min., Max., Bereich		
Gerätetyp gem. IEC 61508-2	☐ Typ A	☑ Typ B	
Betriebsart	☑ Low Demand Mode	☑ High Demand	☐ Continuous Mode
Gültige Hardware-Version	04.01.00 oder höher		
Gültige Firmware-Version	04.01.zz oder höher		
Sicherheitshandbuch	SD01632T/09/DE		
Art der Bewertung (nur eine Variante wählbar)	☑	Vollständige entwicklungsbegleitende HW/SW Bewertung inkl. FMEDA und Änderungsprozess nach IEC 61508-2, 3	
	☐	Bewertung über Nachweis der Betriebsbewährung HW/SW inkl. FMEDA und Änderungsprozess nach IEC 61508-2, 3	
	☐	Auswertung von Felddaten HW/SW zum Nachweis "Frühere Verwendung" gem. IEC 61511	
	☐	Bewertung durch FMEDA gem. IEC 61508-2 für Geräte ohne Software	
Bewertung durch / Zertifikatsnummer	TÜV SÜD Rail GmbH, Germany / Zertifikat Nr. ----------		
Prüfungsunterlagen	Entwicklungsdokumente, Testreports, Datenblätter		

SIL - Integrität			
Systematische Sicherheitsintegrität		☐ SIL 2 fähig	☑ SIL 3 fähig
Hardware Sicherheitsintegrität	Einkanaliger Einsatz (HFT = 0)	☑ SIL 2 fähig	☐ SIL 3 fähig
	Mehrkanaliger Einsatz (HFT ≥ 1)	☐ SIL 2 fähig	☑ SIL 3 fähig

FMEDA	Transmitter
Sicherheitsfunktion(en)	Min., Max., Bereich
λ_{DU} [1)2)]	29 FIT
λ_{DD} [1) 2)]	269 FIT
λ_{SU} [1) 2)]	139 FIT
λ_{SD} [1) 2)]	0,2 FIT
SFF - Safe Failure Fraction	93%
PFD_{avg} für T1 = 1 Jahr [2)] (einkanalige Architektur)	$1{,}3 \cdot 10^{-4}$
PFD_{avg} für T1 = 5 Jahre [2)] (einkanalige Architektur)	$6{,}4 \cdot 10^{-4}$
PFH	$2{,}9 \cdot 10^{-8} \cdot 1/h$
PTC [3)]	96%
MTBF [4)]	142 Jahre
Diagnose-Testintervall [5)]	25 min
Fehlerreaktionszeit [6)]	15,2 s
Prozesssicherheitszeit [7)]	42 h

Erklärung	
☑	Unser firmeninternes Qualitätsmanagement stellt die Information von zukünftig bekannt werdenden sicherheitsrelevanten systematischen Fehlern sicher.

[1)] FIT = Failure In Time, Anzahl der Ausfälle pro 10^9 h
[2)] Gültig für gemittelte Umgebungstemperaturen bis zu +40 °C (+104 °F)
Bei einer durchschnittlichen Dauereinsatztemperatur nahe +60 °C (+140 °F) sollte ein Faktor von 2,1 berücksichtigt werden
[3)] PTC = Proof Test Coverage (Diagnoseaufdeckungsgrad von Gerätefehlern bei manueller Wiederholungsprüfung)
[4)] Dieser Wert berücksichtigt alle Ausfallarten der Elektronikkomponenten gemäß Siemens SN29500
[5)] In dieser Zeit werden alle Diagnosefunktionen mindestens 1x ausgeführt
[6)] Maximale Zeit zwischen Fehlererkennung und Fehlerreaktion
[7)] Die Prozesssicherheitszeit beträgt: Diagnose-Testintervall x 100 (Berechnung nach IEC 61508)

2/2

A0035163-DE

2 Hinweise zum Dokument

2.1 Dokumentfunktion

Das Dokument ist Teil der Betriebsanleitung und dient als Nachschlagewerk für anwendungsspezifische Parameter und Hinweise.

- Allgemeine Informationen über Funktionale Sicherheit: SIL
- Die allgemeinen Informationen zu SIL sind verfügbar:
  Im Download-Bereich der Endress+Hauser Internetseite: www.de.endress.com/SIL

2.2 Umgang mit dem Dokument

Informationen zum Dokumentaufbau

Zur Anordnung der Parameter gemäß der Menüstruktur Menü **Betrieb**, Menü **Setup**, Menü **Diagnose** mit Kurzbeschreibungen: Betriebsanleitung zum Gerät

2.3 Verwendete Symbole

2.3.1 Warnhinweissymbole

Symbol	Bedeutung
GEFAHR A0011189-DE	**GEFAHR!** Dieser Hinweis macht auf eine gefährliche Situation aufmerksam, die, wenn sie nicht vermieden wird, zu Tod oder schwerer Körperverletzung führen wird.
VORSICHT A0011191-DE	**VORSICHT!** Dieser Hinweis macht auf eine gefährliche Situation aufmerksam, die, wenn sie nicht vermieden wird, zu leichter oder mittelschwerer Körperverletzung führen kann.
HINWEIS A0011192-DE	**HINWEIS!** Dieser Hinweis enthält Informationen zu Vorgehensweisen und weiterführenden Sachverhalten, die keine Körperverletzung nach sich ziehen.

2.3.2 Symbole und Bezeichnungen für Informationstypen

Symbol	Bedeutung
A0011193	**Tipp** Kennzeichnet zusätzliche Informationen.
A0011194	**Verweis auf Dokumentation** Verweist auf die entsprechende Dokumentation zum Gerät.
A0011195	**Verweis auf Seite** Verweist auf die entsprechende Seitenzahl.

Symbol	Bedeutung
A0011196	**Verweis auf Abbildung** Verweist auf die entsprechende Abbildungsnummer und Seitenzahl.
1., 2., 3.	**Handlungsschritte**

2.3.3 Symbole und Bezeichnungen in Grafiken

Symbol	Bedeutung
1,2,3 ...	Positionsnummern
A, B, C, ...	Ansichten
A-A, B-B, C-C, ...	Schnitte
A0011187	**Explosionsgefährdeter Bereich** Kennzeichnet den explosionsgefährdeten Bereich.
A0011188	**Sicherer Bereich (nicht explosionsgefährdeter Bereich)** Kennzeichnet den nicht explosionsgefährdeten Bereich.

2.4 Mitgeltende Gerätedokumentation

Dokument	Inhalt des Dokuments
Technische Information TI01344T/09/de/01.17 und alle nachfolgenden Versionen	**Planungshilfe für Ihr Gerät** Das Dokument liefert alle technischen Daten zum Gerät und gibt einen Überblick, was rund um das Gerät bestellt werden kann.
Betriebsanleitung BA01801T/09/de/01.17 und alle nachfolgenden Versionen	Diese Anleitung liefert alle Informationen, die in den verschiedenen Phasen des Lebenszyklus des Geräts benötigt werden: Von der Produktidentifizierung, Warenannahme und Lagerung über Montage, Anschluss, Bedienungsgrundlagen und Inbetriebnahme bis hin zur Störungsbeseitigung, Wartung und Entsorgung.
Ex-Dokumentation [1)] ▪ XA00031R/09/a3/14.16 ▪ XA00032R/09/a3/14.16 ▪ XA00033R/09/a3/14.16 ▪ XA00065R/09/a3/14.16	Sicherheitshinweise und technische Daten für elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche gemäß Richtlinie 2014/34/EU (ATEX)

1) gültig für alle nachfolgenden Versionen in der Liste

Dieses Sicherheitshandbuch gilt ergänzend zur Betriebsanleitung, technischer Information und ATEX-Sicherheitshinweise. Die mitgeltende Gerätedokumentation ist bei Installation, Inbetriebnahme und Betrieb zu beachten. Die für die Schutzfunktion abweichenden Anforderungen sind in diesem Sicherheitheitshandbuch beschrieben.

3 Zulässige Gerätetypen

Die in diesem Handbuch enthaltenen Angaben zur Funktionalen Sicherheit sind für die unten angegebenen Geräteausprägungen und ab der genannten Firmware- und Hardwareversion gültig. Sofern nicht anderweitig angegeben, sind alle nachfolgenden Versionen ebenfalls für Sicherheitsfunktionen einsetzbar.

Bei Geräteänderungen wird ein zu IEC 61508 konformer Modifikationsprozess angewendet. Gültige Geräteausprägungen für sicherheitsbezogenen Einsatz:

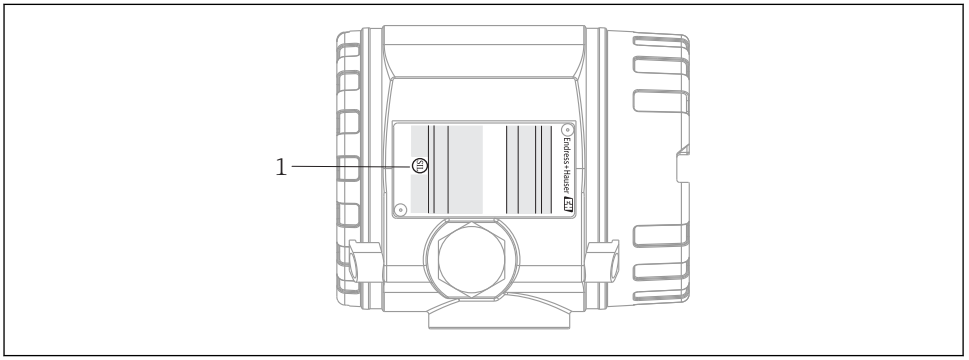
Merkmal	Benennung	Ausprägung
010	Zulassung	alle
...	...	...
590	Weitere Zulassung	LA
...	...	...

Ordercode:

TMT162 - xxxxxxxx + xxxx**LA**xxxx A0034088 Der vollständige Ordercode ist elektronisch im Gerät hinterlegt, auf dem Typenschild ist er aus Platzgründen gekürzt.	Gültige Firmware-Version	ab 04.01.00
	Gültige Hardware-Version (Elektronik)	ab 04.01.00
	Gültige Gerätetreiber	DTM ab Version 1.8.120.3991 DD ab Revision 0x01

SIL-zertifizierte Geräte sind mit folgendem SIL-Symbol auf dem Typenschild gekennzeichnet. SIL

3.1 SIL-Kennzeichnung auf dem Typenschild



A0034089

1 SIL-Symbol

4 Sicherheitsfunktion

4.1 Definition der Sicherheitsfunktion

Die Sicherheitsfunktionen des Gerätes sind:
- Grenzwertüberwachung → 🖹 11
- Sichere Messung → 🖹 11

4.1.1 Sicherheitsbezogenes Ausgangssignal

Das sicherheitsbezogene Signal des Geräts ist das analoge Ausgangssignal 4 ... 20 mA gemäß NAMUR NE43. Alle Sicherheitsmaßnahmen beziehen sich ausschließlich auf dieses Signal. Zusätzlich führt das Gerät informativ die Kommunikation über HART® aus und beinhaltet alle HART®-Merkmale mit zusätzlichen Geräteinformationen. Die HART®-Kommunikation ist **nicht** Teil der Sicherheitsfunktion.

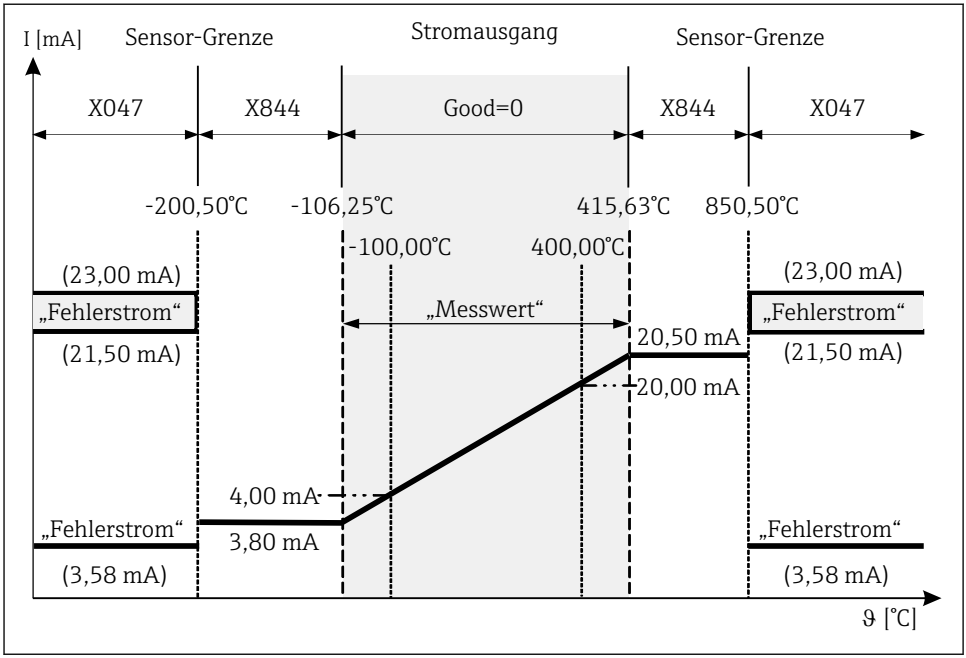
Das sicherheitsbezogene Ausgangssignal wird einer nachgeschalteten Logikeinheit wie z.B. einer speicherprogrammierbaren Steuerung oder einem Grenzsignalgeber zugeführt und dort überwacht auf:
- Überschreiten und/oder Unterschreiten eines vorgegebenen Grenzwertes
- Eintreten einer Störung, z.B. Fehlerstrom (≤ 3,6 mA, ≥ 21,0 mA, Unterbrechung oder Kurzschluss der Signalleitung)

Im Fehlerfall ist sicherzustellen, dass die zu überwachende Anlage in einem sicheren Zustand bleibt oder in einen sicheren Zustand gebracht werden kann. Siehe Kap. 'Aufbau des Messsystems' → 🖹 39

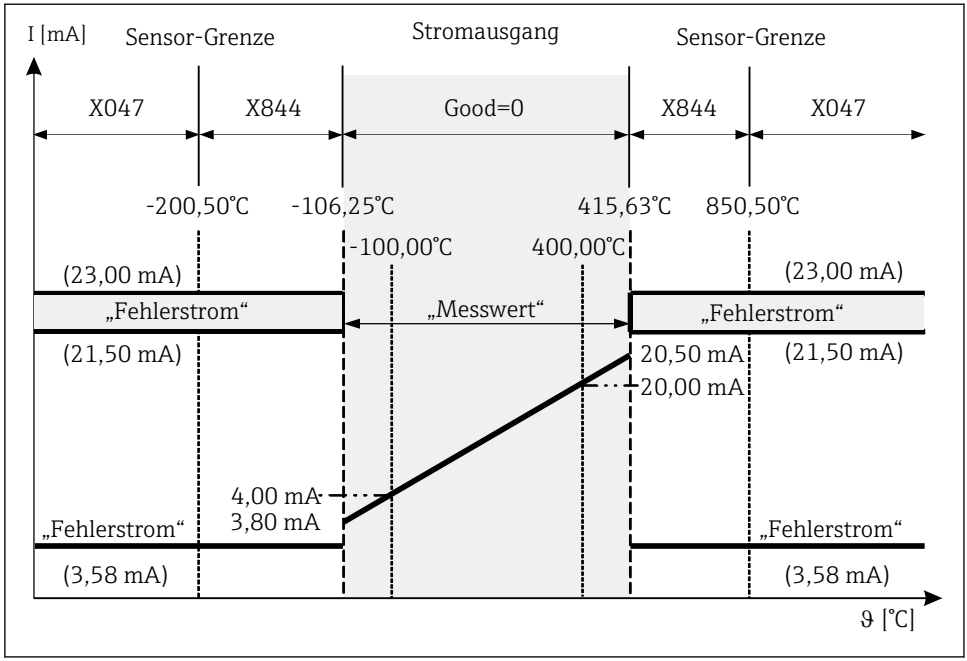
4.1.2 Grenzwertüberwachung

Die Sicherheitsfunktion dient der Überwachung des Messwertes. Im SIL-Mode wird bei einer Messung außerhalb eines benutzerdefinierten Messbereichs (X_{min} ...X_{max}) ein Fehler- oder ein Sättigungsstrom in Abhängigkeit der Einstellung des Parameters „Diagnoseverhalten“ (Alarm, Warning) ausgegeben.

Beispiel in der Abbildung: $I_{4\ mA}$ = -100 °C, $I_{20\ mA}$ = +400 °C, Sensortyp Pt100 IEC



1 Ausgangssignale bei Diagnoseverhalten Warnung



2 Ausgangssignale bei Diagnoseverhalten Alarm

4.1.3 Sichere Messung

Die Sicherheitsfunktion des Transmitters besteht in der Ausgabe eines dem Spannungs-, Widerstands- oder Temperaturwertes proportionalen Strom am Ausgang.

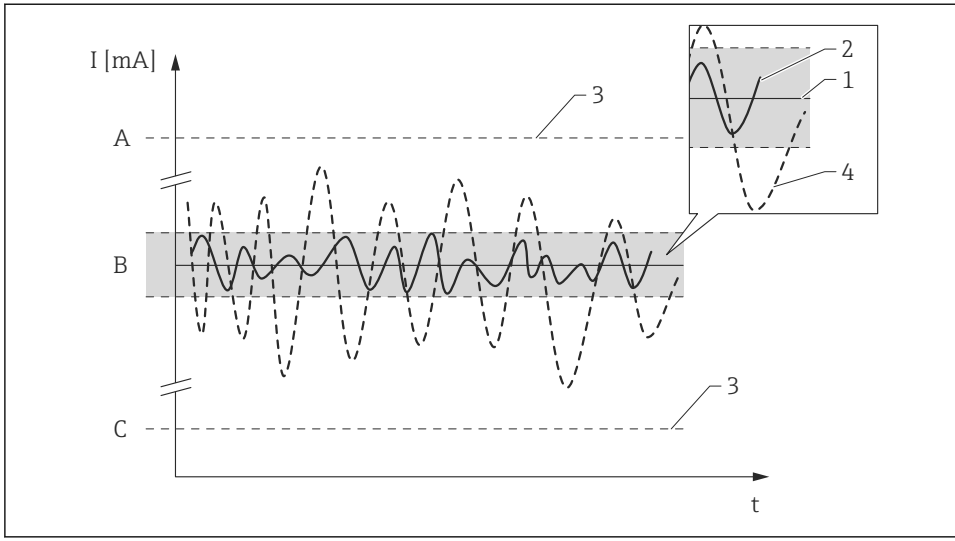
Alle Sicherheitsfunktionen können mit allen Sensor-Konfigurationen aus dem Kapitel 'Aufbau des Messsystems' verwendet werden → 7, 39. Dabei ist zu beachten, dass immer nur der Messwert eines Sensors oder der Wert einer Funktion (Mittelwert/Differenz der beiden Messwerte) am Stromausgang ausgegeben werden kann.

4.2 Randbedingungen für die Anwendung im sicherheitsbezogenen Betrieb

- Es ist auf einen anwendungsgemäßen Einsatz des Messsystems unter Berücksichtigung der Mediumseigenschaften und Umgebungsbedingungen zu achten. Die Hinweise auf kritische Prozesssituationen und Installationsverhältnisse aus den Betriebsanleitungen sind zu beachten. Die anwendungsspezifischen Grenzen sind einzuhalten.
- Angaben zum sicherheitsbezogenen Signal. → 9
- Die Spezifikationen aus den Betriebsanleitungen müssen eingehalten werden. → 7
- Die Umgebungstemperatur des Gerätes beträgt –40 … +75 °C (–40 … +167 °F)
- Die Umgebungsbedingungen gemäß IEC 61326-3-2 Anhang B sind einzuhalten.
- Die Verwendung der FXA291- und TXU10-Kommunikationsbox ist für den Expertenmodus nicht möglich (nur mittels HART®-Kommunikation).

- Das Gerät muss von einer Spannungsversorgung 11,5 … 42 V_{DC} gemäß NEC-Klasse 02 (Niederspannung/- strom) mit Kurzschluss-Leistungsbegrenzung auf 8 A/150 VA gespeist werden (gemäß IEC 61010-1, CSA 1010.1-92).
- Netz-Frequenz-Filter korrekt einstellen (50 Hz/60 Hz).
- Die Fehlerreaktionszeit muss die Sicherheitsanforderung erfüllen.
- Maximal zulässiger Sensorleitungswiderstand bei Spannungsmessung: 1 000 Ω.
- Der Messwert „Gerätetemperatur“ darf im sicherheitsbezogenem Betrieb nicht auf die erste Gerätevariable (PV) ausgegeben werden.
- Die beiden Funktionen „Sensorumschaltung“ und „Mittelwert mit Backup“ können für den Betrieb in sicherheitsbezogenem Einsatz **nicht** verwendet werden.
- Ab einer Sensor-Leitungslänge von 30 m (98,4 ft) muss eine geschirmte, beidseitig geerdete Leitung verwendet werden. Generell wird der Einsatz von geschirmten Sensorleitungen empfohlen.
- Zusätzlich gilt für den sicherheitsbezogenen Einsatz folgende Einschränkung:
  Starke, impulsartige EMV-Störungen auf der Versorgungsleitung können zu kurzzeitigen (< 1 s) Abweichungen des Ausgangssignals (≥ ±1%) führen. Deshalb sollte in der nachgeschalteten Logikeinheit eine Filterung mit einer Zeitkonstante ≥ 1 s durchgeführt werden.
  Das Toleranzband (Sicherheitsmessabweichung → 🖹 13) ist sensorspezifisch und wird ab Werk gemäß FMEDA (Failure Modes, Effects and Diagnostic Analysis) definiert. Es sind alle in der technischen Information TI beschriebenen Einflussfaktoren bereits enthalten: Nichtlinearität, Nichtwiederholbarkeit, Hysterese, Nullpunktabweichung, Temperaturdrift.
  Die sicherheitstechnischen Fehler sind gemäß IEC / EN 61508 in unterschiedliche Kategorien eingeteilt (siehe folgende Tabelle). Die Tabelle zeigt die Auswirkungen auf das sicherheitsbezogene Ausgangssignal und die Messunsicherheit.

Sicherheitstechnische Fehler	**Erklärung**	**Auswirkung auf das sicherheitsbezogene Ausgangssignal (Position, siehe nachfolgende Abbildung)**
Kein Gerätefehler	Safe: Keine Fehler vorhanden	1 Liegt innerhalb der Spezifikation
λ_{SD}	Safe detected: Sicherer und erkennbarer Fehler	3 Gerät geht auf Ausfallsignal (→ 🖹 17)
λ_{SU}	Safe undetected: Sicherer aber nicht erkennbarer Fehler	2 Liegt innerhalb des festgelegten Toleranzbandes (→ 🖹 14)
λ_{DD}	Dangerous detected: Gefährlicher aber erkennbarer Fehler (Diagnose im Gerät)	3 Gerät geht auf Ausfallsignal (→ 🖹 17)
λ_{DU}	Dangerous undetected: Gefährlicher und nicht erkennbarer Fehler	4 Kann außerhalb des festgelegten Toleranzbandes liegen (→ 🖹 14)



A High-Alarm ≥21 mA
B Toleranzband → 🖹 14
C Low-Alarm ≤3,6 mA

Geschirmte Versorgungsleitungen verwenden (siehe mitgeltende Betriebsanleitung).

4.3 Gefährliche unerkannte Fehler in dieser Betrachtung

Als "gefährlicher unerkannter Fehler" wird ein falsches Ausgangssignal betrachtet, das von dem in diesem Handbuch spezifizierten Wert abweicht, wobei das Ausgangssignal weiterhin im Bereich von 4 ... 20 mA liegt. → 🖹 11

4.4 Sicherheitsmessabweichung

Thermoelemente

Standard	Bezeichnung (Index zur eindeutigen Identifizierung)	Min. Messspanne	Eingeschränkter Sicherheitsmessbereich	Messabweichung		Langzeitdrift in °C/Jahr [1]
				Digital (+A/D), −40 … +70 °C (−40 … +158 °F) [2]	(D/A) [3]	
IEC 60584-1	Typ A (W5Re-W20Re) (30)	50 K (90 °F)	0 … +2 500 °C (+32 … +4 532 °F)	12 K (21,6 °F)	0,5%	1,42
	Typ B (PtRh30-PtRh6) (31)	50 K (90 °F)	+500 … +1 820 °C (+932 … +3 308 °F)	5,1 K (9,2 °F)		2,01
	Typ E (NiCr-CuNi) (34)	50 K (90 °F)	−150 … +1 000 °C (−238 … +1 832 °F)	4,9 K (8,8 °F)		0,43
	Typ J (Fe-CuNi) (35)	50 K (90 °F)	−150 … +1 200 °C (−238 … +2 192 °F)	4,9 K (8,8 °F)		0,46
	Typ K (NiCr-Ni) (36)	50 K (90 °F)	−150 … +1 200 °C (−238 … +2 192 °F)	5,1 K (9,2 °F)		0,56
	Typ N (NiCrSi-NiSi) (37)	50 K (90 °F)	−150 … +1 300 °C (−238 … +2 372 °F)	5,5 K (9,9 °F)		0,73
	Typ R (PtRh13-Pt) (38)	50 K (90 °F)	+50 … +1 768 °C (+122 … +3 214 °F)	5,6 K (10,1 °F)		1,58
	Typ S (PtRh10-Pt) (39)	50 K (90 °F)	+50 … +1 768 °C (+122 … +3 214 °F)	5,6 K (10,1 °F)		1,59
	Typ T (Cu-CuNi) (40)	50 K (90 °F)	−150 … +400 °C (−238 … +752 °F)	5,2 K (9,4 °F)		0,52
IEC 60584-1; ASTM E988-96	Typ C (W5Re-W26Re) (32)	50 K (90 °F)	0 … +2 000 °C (+32 … +3 632 °F)	7,6 K (13,7 °F)		0,94
ASTM E988-96	Typ D (W3Re-W25Re) (33)	50 K (90 °F)	0 … +2 000 °C (+32 … +3 632 °F)	7,1 K (12,8 °F)		1,14
DIN 43710	Typ L (Fe-CuNi) (41) Typ U (Cu-CuNi) (42)	50 K (90 °F)	−150 … +900 °C (−238 … +1 652 °F) −150 … +600 °C (−238 … +1 112 °F)	4,2 K (7,6 °F) 5,0 K (9 °F)		0,42 0,52
GOST R8.8585-2001	Typ L (NiCr-CuNi) (43)	50 K (90 °F)	−200 … +800 °C (−328 … +1 472 °F)	8,4 K (15,1 °F)		0,53
Spannungsgeber (mV)		5 mV	−20 … 100 mV	200 µV		27,39 µV/a

1) Angaben bei 25 °C, Werte müssen gegebenfalls auf andere Temperaturen hochgerechnet werden.
2) Mittels HART® übertragener Messwert.
3) Prozentangaben bezogen auf die konfigurierte Messspanne des analogen Ausgangssignals.

Widerstandssensoren

Standard	Bezeichnung	Min. Messspanne	Eingeschränkter Sicherheitsmessbereich	Messabweichung		Langzeitdrift in °C/Jahr [1]
				Digital (+A/D), −40 … +70 °C (−40 … +158 °F) [2]	(D/A) [3]	
IEC 60751:2008	Pt100 (1)	10 K (18 °F)	−200 … +600 °C (−328 … +1 112 °F)	1,1 K (2,0 °F)	0,5%	0,23
	Pt200 (2)	10 K (18 °F)	−200 … +600 °C (−328 … +1 112 °F)	1,6 K (2,9 °F)		0,92
	Pt500 (3)	10 K (18 °F)	−200 … +500 °C (−328 … +932 °F)	0,9 K (1,6 °F)		0,38
	Pt1000 (4)	10 K (18 °F)	−200 … +250 °C (−328 … +482 °F)	0,6 K (1,1 °F)		0,19
JIS C1604:1984	Pt100 (5)	10 K (18 °F)	−200 … +510 °C (−328 … +950 °F)	1,0 K (1,8 °F)		0,32
DIN 43760 IPTS-68	Ni100 (6)	10 K (18 °F)	−60 … +250 °C (−76 … +482 °F)	0,4 K (0,7 °F)		0,22
	Ni120 (7)		−60 … +250 °C (−76 … +482 °F)	0,3 K (0,54 °F)		0,18
GOST 6651-94	Pt50 (8)	10 K (18 °F)	−180 … +600 °C (−292 … +1 112 °F)	1,3 K (2,34 °F)		0,61
	Pt100 (9)	10 K (18 °F)	−200 … +600 °C (−328 … +1 112 °F)	1,2 K (2,16 °F)		0,34
OIML R84: 2003, GOST 6651-2009	Cu50 (10)	10 K (18 °F)	−180 … +200 °C (−292 … +392 °F)	0,7 K (1,26 °F)		0,46
	Cu100 (11)	10 K (18 °F)	−180 … +200 °C (−292 … +392 °F)	0,5 K (0,9 °F)		0,23
	Ni100 (12)	10 K (18 °F)	−60 … +180 °C (−76 … +356 °F)	0,4 K (0,72 °F)		0,21
	Ni120 (13)	10 K (18 °F)	−60 … +180 °C (−76 … +356 °F)	0,3 K (0,54 °F)		0,18
OIML R84: 2003, GOST 6651-94	Cu50 (14)	10 K (18 °F)	−50 … +200 °C (−58 … +392 °F)	0,7 K (1,26 °F)		0,45
Widerstandsgeber Ω	400 Ω	10 Ω	10 … 400 Ω	0,5 Ω		0,096 Ω/a
	2 000 Ω	100 Ω	10 … 2 000 Ω	2,1 Ω		0,51 Ω/a

1) Angaben bei 25 °C, Werte müssen gegebenfalls auf andere Temperaturen hochgerechnet werden.
2) Mittels HART® übertragener Messwert.
3) Prozentangaben bezogen auf die konfigurierte Messspanne des analogen Ausgangssignals.

In diesen Angaben sind keine Abweichungen durch EMV-Beeinflussung berücksichtigt. Im Falle von nicht vernachlässigbaren EMV-Störungen ist eine zusätzliche Abweichung von 1% der Messspanne auf die obigen Werte zu addieren.

⚠ VORSICHT

Bei Verwendung einer 2-Leiter Widerstandsmessung:

▶ Einen notwendigen Abgleich der Leitungswiderstände durchführen.

Beispielrechnung mit Pt100 in 4-Leiter Anschluss, Messbereich 0 ... +100 °C (+32 ... +212 °F), Umgebungstemperatur +25 °C (+77 °F), Versorgungsspannung 24 V:

Messabweichung digital = 1,1 K (2,0 °F)
Messabweichung D/A = 0,5 % x 100 °C (212 °F) = 0,5 K (0,9 °F)
Messwertabweichung: 1,6 K (2,9 °F); bei Sicherheitsmessabweichungen muss mit den ungünstigsten Werten gerechnet werden.

Gültigkeiten der Angaben zur Sicherheitsmessabweichung:
- Gesamter zulässiger Temperaturbereich des Transmitters im SIL-Mode
- Definierter Bereich der Versorgungsspannung
- Eingeschränkter Sicherheitsmessbereich des Sensorelements
- Genauigkeit beinhaltet alle Linearisierungs- und Rundungsfehler
- Minimale Messspanne jedes Sensors beachten
- Angaben sind 2σ-Werte, d. h. 95,4 % aller Messwerte liegen innerhalb der Angaben

4.5 Gebrauchsdauer elektrischer Bauteile

Die zugrunde gelegten Ausfallraten elektrischer Bauteile gelten innerhalb der Gebrauchsdauer gemäß IEC 61508-2:2010 Abschnitt 7.4.9.5 Hinweis 3.

Nach DIN EN 61508-2:2011 Abschnitt 7.4.9.5 Nationale Fußnote N3) sind durch entsprechende Maßnahmen des Herstellers und des Betreibers längere Gebrauchsdauern zu erreichen.

Dieses Gerät enthält keine elektronischen Bauteile nach „EMCRH Electrical & Mechanical Component Reliability Handbook“ Third Edition (Fa. exida.com), die eine nutzbare Gebrauchsdauer kleiner 50 Jahre haben.

5 Einsatz in Schutzeinrichtungen

5.1 Geräteverhalten im Betrieb

Nach der SIL-Verriegelung sind zusätzliche Diagnosen aktiv und kritische Parameter im Sicherheitspfad auf sichere Werte gestellt. Das Geräteverhalten kann daher im 'SIL-Mode' vom 'Normal-Mode' abweichen. Findet vor der finalen Produktivschaltung der Anlage eine Testphase statt, wird für eine maximale Aussagekraft empfohlen, diese bereits im 'SIL-Mode' durchzuführen.

5.1.1 Geräteverhalten beim Einschalten

Nach Einschalten durchläuft das Gerät eine Diagnosephase, während dieser Zeit befindet sich der Stromausgang auf Fehlerstrom (Low-Alarm, ≤ 3,6 mA).

Während der Diagnosephase ist keine Kommunikation über die Serviceschnittstelle (CDI) oder über HART® möglich, auch ist die Anzeige nicht aktiv.

5.1.2 Geräteverhalten bei Anforderung der Sicherheitsfunktion

Das Gerät gibt einen dem zu überwachenden Grenzwert entsprechenden Stromwert aus, der in einer angeschlossenen Logikeinheit überwacht und weiterverarbeitet werden muss.

5.1.3 Sichere Zustände

Je nach erkanntem Fehler nimmt das System einen der drei Zustände ein.

Fehlerverhalten / Beschreibung	Sicherer Zustand / Ausgangsstrom
Applikationsfehler werden vom Gerät erkannt und der eingestellte Fehlerstrom wird ausgegeben. Das Gerät kann weiterhin über HART® kommunizieren (Gerätezustand: „Temporär Sicher“). Dieser Zustand bleibt so lange erhalten, bis der Applikationsfehler behoben wird und das Gerät wieder einen gültigen Messwert am Stromausgang liefern kann. Alle Parameter können gelesen werden. Beispiel: Ein Sensorleitungsbruch wird erkannt.	I ≤ 3,6 mA (Low-Alarm) oder I ≥ 21,5 mA (High-Alarm)
Das Gerät kann weiterhin über HART® kommunizieren (Gerätezustand „Aktiv Sicher“), jedoch gibt der Stromausgang dauerhaft den eingestellten Fehlerstrom aus. Dieser Zustand bleibt so lange erhalten, bis das Gerät neu gestartet wird. Alle Parameter können gelesen werden. Beispiel: Unterspannung am Gerät wird erkannt.	
Das Gerät stoppt sofort und startet nach spätestens 0,5 s neu. Das Gerät gibt keine Fehlermeldungen aus. Beispiel: Im Programmablauf wird ein Fehler erkannt.	

5.1.4 Geräteverhalten bei Alarmen und Warnungen

Der Ausgangsstrom bei Alarm kann auf einen Wert von ≤ 3,6 mA oder ≥ 21,5 mA eingestellt werden. In einigen Fällen, z. B. Ausfall der Versorgung, einem Versorgungsleitungsbruch sowie Störungen im Stromausgang selbst, bei denen der Fehlerstrom ≥ 21,5 mA nicht ausgegeben werden kann, liegen unabhängig vom eingestellten Fehlerstrom Ausgangsströme ≤ 3,6 mA an.

In einigen anderen Fällen, z. B. Kurzschluss der Zuleitung, liegen unabhängig vom eingestellten Fehlerstrom Ausgangsströme ≥ 21,5 mA an.

HINWEIS

Alarmüberwachung

- Zur Alarmüberwachung muss die nachgeschaltete Logikeinheit High-Alarme (≥ 21,0 mA) und Low-Alarme (≤ 3,6 mA) erkennen können.

5.1.5 Alarm- und Warnmeldungen

Die ausgegebenen Alarm- und Warnmeldungen in Form von Fehlercodes und zugehörigen Klartextmeldungen sind zusätzliche Informationen. Folgende Tabelle zeigt den Zusammenhang zwischen Fehlercode und ausgegebenem Strom.

HINWEIS

Bei der SIL-Verriegelung des Gerätes werden zusätzliche Diagnosen aktiviert, z.B. ein Vergleich des rückgelesenen Ausgangsstroms mit dem Sollwert. Falls eine dieser Diagnosen zu einer Fehlermeldung führt (z.B. F261 Elektronikmodul), wird ein Fehlerstrom ausgegeben.

- In diesem Fall das Gerät kurz von der Spannungsversorgung trennen, z.B. durch Abklemmen der Anschlussklemmen.
- Beim anschließenden Neustart des Geräts findet ein Selbsttest statt. Die Fehlermeldung wird zurückgesetzt.

Übersicht zu Diagnoseereignissen

Jedem Diagnoseereignis ist ab Werk ein bestimmtes Ereignisverhalten zugeordnet. Diese Zuordnung kann der Anwender bei bestimmten Diagnoseereignissen ändern.

Beispiel:

		Einstellungen		Geräteverhalten			
Konfigurationsbeispiele	**Diagnosenummer**	**Statussignal**	**Diagnoseverhalten ab Werk**	**Statussignal (Ausgang über HART® Kommunikation)**	**Stromausgang**	**PV, Status**	**Anzeige**
1. Werkseinstellung	047	S	Warnung	S	Messwert	Messwert, UNCERTAIN	S047
2. Manuelle Einstellung: Statussignal S nach F umgestellt	047	F	Warnung	F	Messwert	Messwert, UNCERTAIN	F047
3. Manuelle Einstellung: Diagnoseverhalten **Warnung** nach **Alarm** umgestellt	047	S	Alarm	S	Eingestellter Fehlerstrom	Messwert, BAD	S047
4. Manuelle Einstellung: **Warnung** nach **Deaktiviert** umgestellt	047	S [1]	Deaktiviert	- [2]	Letzter gültiger Messwert [3]	Letzter gültiger Messwert, GOOD	S047

1) Einstellung ist nicht maßgebend.
2) Statussignal wird nicht angezeigt.
3) Ist kein gültiger Messwert vorhanden, wird der Fehlerstrom ausgegeben.

Im SIL-Mode ist das Diagnoseverhalten nicht mehr einstellbar, das Status Signal ist einstellbar.

Der für diese Diagnoseereignisse relevante Sensoreingang kann mit dem Parameter **Aktuelle Diagnose Kanal** oder am Display identifiziert werden.

Diagnose-nummer	Kurztext	Behebungsmaßnahme	Statussignal ab Werk	Diagnoseverhalten ab Werk
Diagnose zum Sensor				
001	Gerätestörung Sensor n [1] (Sensor RJ)	1. Gerät neu starten 2. Elektronik ersetzen	F	Alarm
041	Sensorbruch erkannt Sensor n	1. Elektr. Verdrahtung prüfen. 2. Sensor ersetzen. 3. Konfiguration der Anschlussart prüfen.	F	Alarm
042	Sensor n korrodiert	1. Sensor prüfen. 2. Sensor ersetzen.	M	Warnung
043	Kurzschluss Sensor n	1. Elektrische Verdrahtung prüfen. 2. Sensor prüfen. 3. Sensor oder Kabel ersetzen.	F	Alarm
044	Sensordrift erkannt	1. Sensor oder Hauptelektronik prüfen. 2. Sensor oder Hauptelektronik ersetzen.	M	Warnung
047	Sensorlimit erreicht Sensor n (Sensor RJ)	1. Sensor prüfen. 2. Prozessbedingungen prüfen.	S	Warnung
048	Driftüberwachung nicht möglich	1. Elektrische Verdrahtung prüfen. 2. Sensor prüfen. 3. Sensor ersetzen.	M	Warnung
062	Sensorverbindung fehlerhaft Sensor n (Sensor RJ)	Sensorverbindung prüfen.	F	Alarm
105	Kalibrierintervall	1. Kalibrierung durchführen und Kalibrierintervall zurücksetzen. 2. Kalibrierzähler ausschalten.	M	Warnung
145	Kompensation Referenzmessstelle Sensor n	1. Klemmentemperatur prüfen. 2. Externe Referenzmessstelle überprüfen.	F	Alarm
Diagnose zur Elektronik				
201	Elektronik fehlerhaft	1. Gerät neu starten. 2. Elektronik ersetzen.	F	Alarm
221	Referenzsensor defekt Sensor RJ	Gerät ersetzen.	M	Alarm
241	Firmware fehlerhaft	1. Gerät neu starten. 2. Energieversorgung des Geräts aus- und wieder einschalten. 3. Elektronik ersetzen.	F	Alarm
242	Firmware inkompatibel	1. Firmwareversion prüfen. 2. Hauptelektronik flashen oder ersetzen.	F	Alarm
261	Elektronikmodul defekt	1. Gerät neu starten. 2. Hauptelektronikmodul ersetzen.	F	Alarm

Diagnose-nummer	Kurztext	Behebungsmaßnahme	Statussignal ab Werk	Diagnose-verhalten ab Werk
283	Speicherinhalt inkonsistent	1. Gerät neu starten. 2. Elektronik ersetzen.	F	Alarm
286	Datenspeicher inkonsistent	1. Sichere Parametrierung wiederholen. 2. Elektronik ersetzen.	F	Alarm
Diagnose zur Konfiguration				
401	Werksreset aktiv	Werksreset aktiv, bitte warten.	C	Warnung
402	Initialisierung aktiv Sensor n (Sensor RJ)	Initialisierung aktiv, bitte warten.	C	Warnung
410	Datenübertragung fehlgeschlagen	1. Verbindung prüfen. 2. Datenübertragung wiederholen.	F	Alarm
			C	
411	Up-/Download aktiv	Up-/Download aktiv, bitte warten.		Warnung
412	Download aktiv	Download aktiv, bitte warten	C	Warnung
435	Linearisierung fehlerhaft Sensor n (Sensor RJ)	Linearisierung prüfen.	F	Alarm
438	Datensatz unterschiedlich	1. Datensatzdatei prüfen. 2. Geräteparametrierung prüfen. 3. Download der neuen Geräteparametrierung durchführen.	M	Warnung
439	Datensatz	Sichere Parametrierung wiederholen	F	Alarm
485	Simulation Prozessgröße aktiv Sensor n (Gerätetemperatur)	Simulation ausschalten.	C	Warnung
491	Simulation Stromausgang	Simulation ausschalten.	C	Warnung
495	Simulation Diagnoseereignis aktiv	Simulation ausschalten.	C	Warnung
531	Werksabgleich fehlt Sensor n (Stromausgang)	1. Service kontaktieren. 2. Gerät ersetzen.	F	Alarm
537	Konfiguration Sensor n (Stromausgang)	1. Geräteparametrierung prüfen 2. Up- und Download der neuen Konfiguration. (Bei Stromausgang: Parametrierung des Analogausgangs prüfen.)	F	Alarm
583	Simulation Eingang Sensor n	Simulation ausschalten.	C	Warnung
Diagnose zum Prozess				
801	Versorgungsspannung zu niedrig [2)]	Versorgungsspannung erhöhen.	S	Alarm

Diagnose-nummer	Kurztext	Behebungsmaßnahme	Statussignal ab Werk	Diagnoseverhalten ab Werk
825	Betriebstemperatur	1. Umgebungstemperatur prüfen. 2. Prozesstemperatur prüfen.	S	Warnung
844	Prozesswert außerhalb Spezifikation-Stromausgang	1. Prozesswert prüfen. 2. Applikation prüfen. Sensor prüfen.	S	Warnung

1) n = Anzahl der Sensoreingänge (1 und 2)
2) Das Gerät gibt bei diesem Diagnoseereignis immer den Alarmzustand 'low' (Ausgangsstrom ≤ 3,6 mA) aus.

5.2 Geräteparametrierung für sicherheitsbezogene Anwendungen

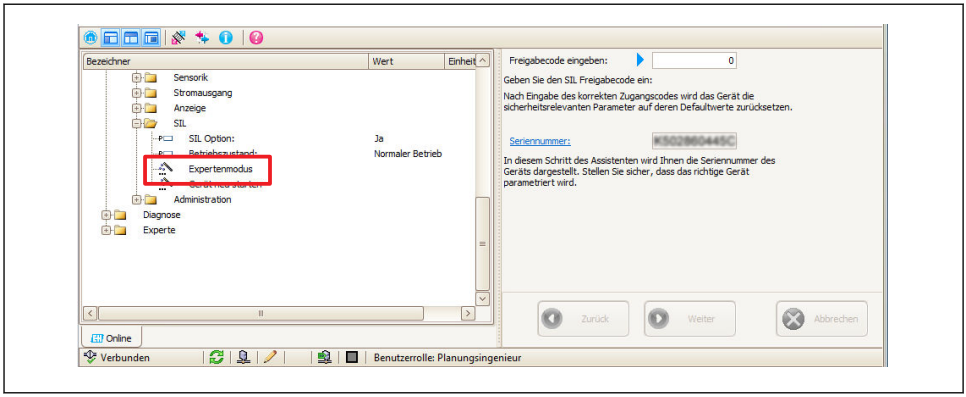
5.2.1 Methoden der Parametrierung

Beim Einsatz der Geräte in PLT-Schutzeinrichtungen muss die Geräteparametrierung zwei Anforderungen erfüllen:
- Bestätigungskonzept:
  Nachgewiesenes unabhängiges Überprüfen eingegebener sicherheitsrelevanter Parameter.
- Verriegelungskonzept:
  Verriegelung des Geräts nach erfolgter Parametrierung (gemäß IEC 61511-1 Kap. 11.6.4).

Zur Aktivierung des SIL-Betriebs muss eine Bediensequenz durchlaufen werden, wobei die Bedienung im Bedien-/Konfigurationstool erfolgen kann (z.B. FieldCare, Pactware, AMS, PDM, Field Communicator 375/475), für das Gerätetreiberdateien (DD oder DTM) zur Verfügung stehen.

"Expertenmodus" (SIL-Mode Aktivierung = SiMA)

Hier werden die aktuellen Einstellungen des Transmitters für den SIL-Mode übernommen (Einschränkungen siehe Kap. 'Parameter und Default-Einstellungen für den SIL Betrieb' → 28). So können definierte oder vorkonfigurierte Einstellungen für die passende Applikation verwendet werden.



A0034385-DE

3 Methode zur Geräteparametrierung: Expertenmodus

Eine detaillierte Beschreibung erfolgt in den nachfolgenden Abschnitten. Nur bei SIL-Geräten (Bestellmerkmal 590: "Weitere Zulassungen", Option LA "SIL") ist der Expertenmodus ausschließlich über HART ausführbar. Daher sind auch nur solche Geräte für Schutzeinrichtungen verwendbar.

HINWEIS

Die Parametrierung eines SIL-Gerätes muss dokumentiert werden!

- Die konfigurierten Parameter in der Spalte: 'Eingestellter Wert' eintragen. Das Datum, Uhrzeit und die abschließend angezeigte SIL-Prüfsumme müssen notiert werden.

Dazu eignet sich das 'Protokoll Inbetriebnahme- oder Wiederholungsprüfung' → 42

Die SIL-Prüfsumme kann für die Verifikation der eingestellten Parameter mehrerer Geräte verwendet werden.

Generell muss sichergestellt werden, dass der Burst- und der Multidrop-Modus deaktiviert sind.

5.2.2 Verriegelung im Expertenmodus, SIL-Mode Aktivierung = SiMA

Abhängig vom verwendeten Bedientool und der ausgewählten Sprache kann die Benutzeroberfläche von den hier dargestellten Abbildungen abweichen.

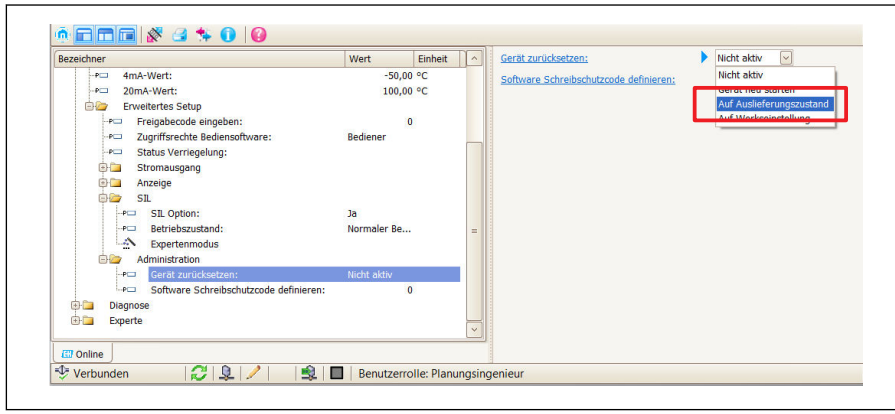
HINWEIS

Unterbrechung der SIL-Mode Aktivierung

- Während des Vorgangs der SIL-Mode Aktivierung im Expertenmodus gibt der Transmitter einen Fehlerstrom ≥ 21,5 mA (High-Alarm) aus. Tritt während der SIL-Mode Aktivierung im Expertenmodus ein Fehler auf oder wird diese unterbrochen, ist die SIL-Mode Aktivierung nicht erfolgreich durchgeführt und muss wiederholt werden.

Ablauf der SIL-Mode Aktivierung

1.



A0034761-DE

Falls der Transmitter sich nicht im Original Auslieferzustand befindet, ist Folgendes durchzuführen:

Im Menü Setup → Erweitertes Setup → Administration in der Auswahl **Gerät zurücksetzen** AUF AUSLIEFERUNGSZUSTAND durchführen.

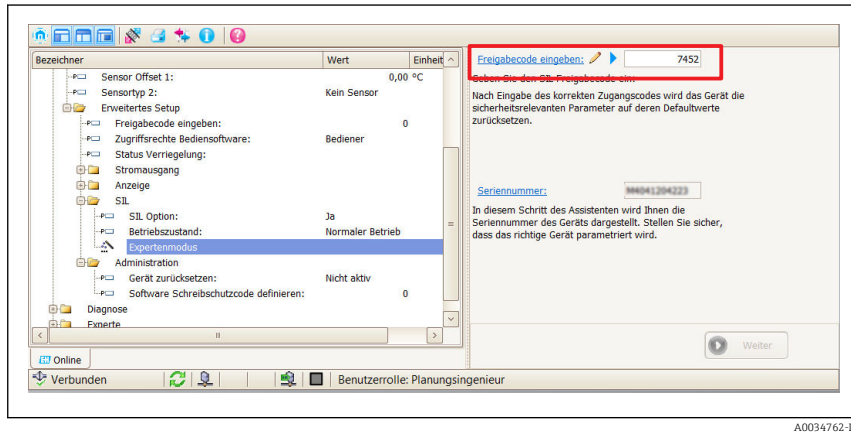
2. Bestätigung durch die Taste ENTER.

3. Die für die Anwendung in der Schutzeinrichtung nötige Einstellung aller Parameter vornehmen.

4. Die SIL-Mode Aktivierung kann nur im Online-Betrieb über die HART® Kommunikation durchgeführt werden.

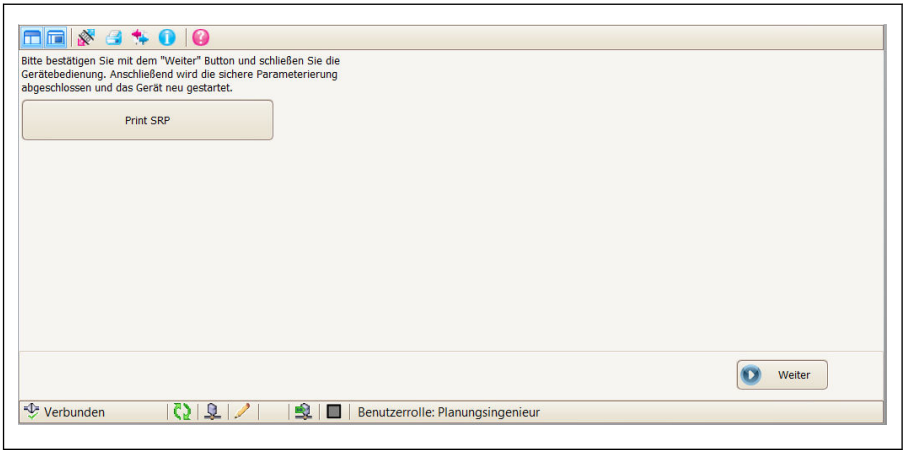
   Im Untermenü Setup → Erweitertes Setup → SIL: den Assistenten **Expertenmodus** starten.

   ↳ Es öffnet sich der Assistent **Expertenmodus**



A0034762-DE

5. Im Eingabefenster **Freigabecode eingeben** den Zahlencode **7452** eingeben und mit der Taste ENTER bestätigen. Anschließend mit der Schaltfläche WEITER fortfahren.
   ↳ Die für die Sicherheit des Geräts relevanten Parameter (SRP), die im SIL-Betrieb nicht verändert werden dürfen, werden auf Defaulteinstellung zurückgesetzt. Siehe Tabelle `Parameter und Default-Einstellungen für den SIL-Mode' (→ 28). Alle anderen sicherheitsrelevanten Parameter werden vom Gerät übernommen und gegen Manipulation geschützt.

6. 

A0034763-DE

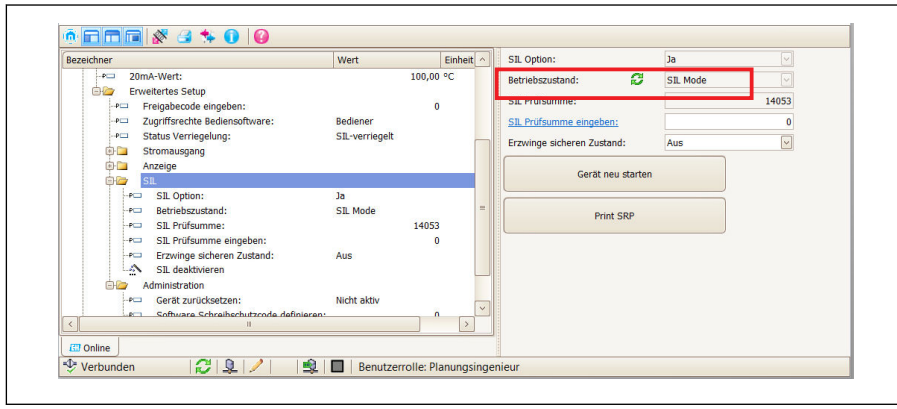
   Das Gerät führt nach Betätigen der Schaltfläche WEITER selbstständig einen Neustart in den SIL-Mode aus.
   ↳ Die SIL-Mode Aktivierung im Expertenmodus ist abgeschlossen.

Über die Schaltfläche Print SRP können alle sicherheitsrelevanten Parameter (SRP) und deren Einstellungen lokal gespeichert und ausgedruckt werden.

7. Die **SIL Prüfsumme** im Inbetriebnahmeprotokoll notieren. Diese kann zur Verifikation der Einstellung mehrerer Geräte verwendet werden.

Prüfung des Betriebszustands

8.



A0034784-DE

4 Anzeige des Betriebszustands

Betriebszustand des Transmitters (**SIL-Mode**) vor dem Einsatz in Schutzeinrichtungen prüfen.

9. Vor der Inbetriebnahme des Transmitters in Schutzeinrichtungen muss eine Inbetriebnahmeprüfung durchgeführt werden. → 31

Die aktuelle Einstellung des Transmitters im SIL-Mode kann z.B. mit dem Handheld-Bediengerät FC475 überprüft werden.

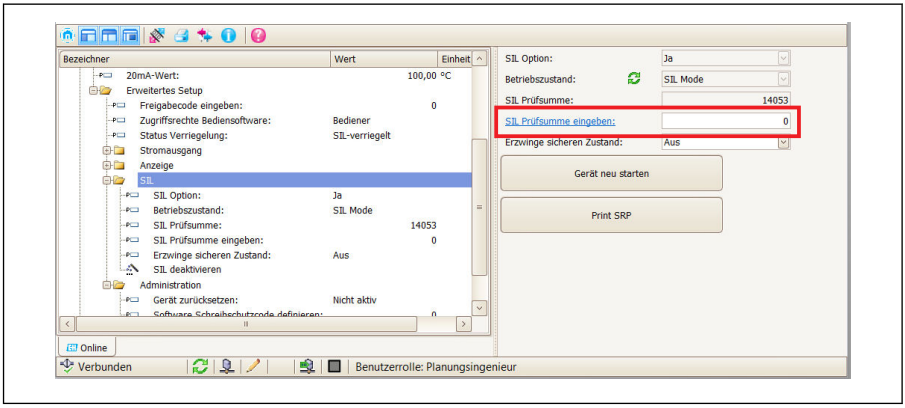
Zu prüfende Parameter	Verwendung der Funktionstastenfolge auf dem FC475 (HART7)
Betriebszustand (SIL-Mode)	3 → 3
Anfang Messbereich (4 mA)	3 → 6 → 1
Ende Messbereich (20 mA)	3 → 6 → 2
PV	1 → 3
Sensortyp 1	1 → 7
Sensortyp 2	3 → 5 → 3 → 1
Anschlussart 1	1 → 8
Anschlussart 2	3 → 5 → 3 → 2
Sensor Offset 1	1 → 9
Sensor Offset 2	3 → 5 → 3 → 3
Einheit	1 → 2
Netzfrequenzfilter	3 → 4 → 4

5.2.3 Deaktivierung des SIL-Mode

Es bestehen zwei Möglichkeiten (A oder B), um den SIL-Mode zu deaktivieren. Hardware-Schreibschutz des Transmitters zuvor ausschalten.

Die Vorgehensweise hierzu ist in der zugehörigen Betriebsanleitung BA01801T/09 beschrieben.

1.

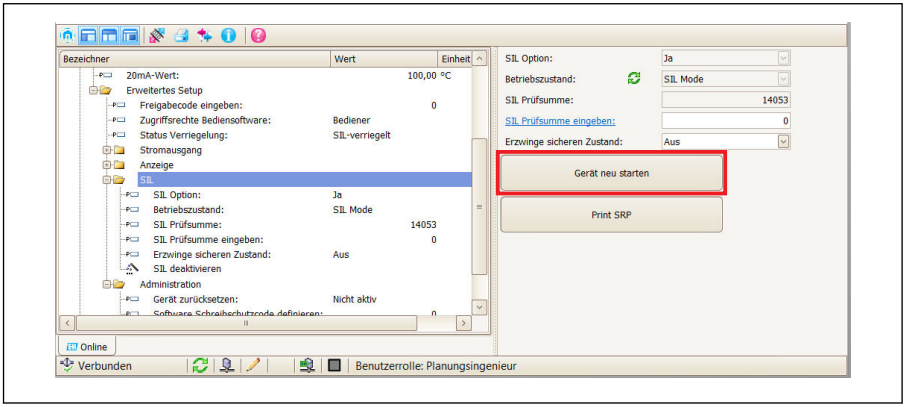


A0034785-DE

A) Eingabe der Ziffer **0** im Feld **SIL Prüfsumme eingeben**.

2. Bestätigung durch die Taste ENTER.

3.

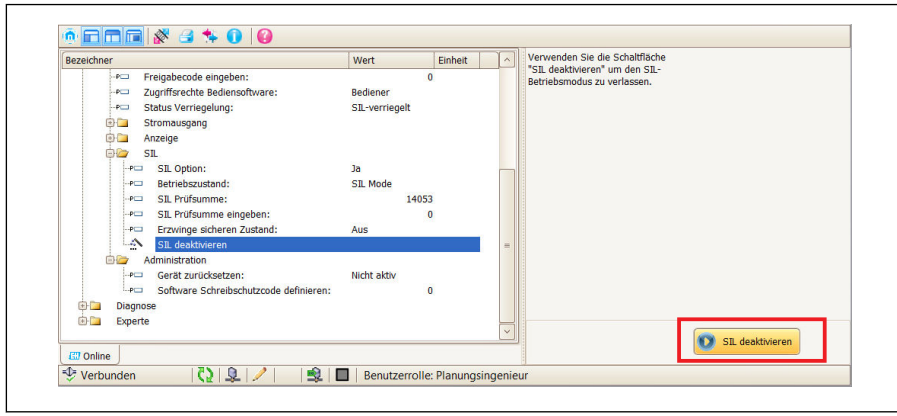


A0034786-DE

Geräteneustart durchführen: Ausführen des Assistenten **Gerät neu starten** oder durch Unterbrechen der Versorgungsspannung für den Transmitter.

Nach dem Neustart ist das Gerät im nicht sicheren Betrieb (Normal-Mode). Um wiederum in den SIL-Mode zu wechseln, muss an dieser Stelle eine SIL-Mode Aktivierung (SiMA) gestartet werden. → 21

4.



A0034787-DE

B) Den Assistenten **SIL deaktivieren** im Untermenü starten: **Setup → Erweitertes Setup → SIL**.

5.

A0034788-DE

Das Feld **SIL deaktivieren** nochmals aktivieren und somit den Wechsel in den Betriebsmodus 'Normal-Mode' bestätigen.

↳ Nach dem automatischen Neustart ist das Gerät im nicht sicheren Betrieb (Normal-Mode).

⚠ VORSICHT

Durch das Beenden des SIL-Mode werden Diagnosen deaktiviert und das Gerät kann die Sicherheitsfunktion nicht mehr ausführen. Deshalb muss durch geeignete Maßnahmen sichergestellt werden, dass während der Zeit, in der der SIL-Mode deaktiviert ist, keine Gefährdung auftreten kann.

5.2.4 Geräteschutz

Die Geräte können gegen äußere Einflüsse wie folgt geschützt werden:
- Hardware-Schreibschutz
- Software-Schreibschutz

Detaillierte Informationen zum Geräteschreibschutz: Betriebsanleitung → 7

5.3 Parameter und Default-Einstellungen für den SIL Betrieb

Folgende Parameter beeinflussen die Sicherheitsfunktion. **Empfehlung:** Eingestellte oder geänderte Werte notieren!

Parameter und Default-Einstellungen für den Expertenmodus	
Firmware-Version	Anzeige der installierten Gerätefirmware-Version. Anzeige max. 6-stellige Zeichenfolge im Format xx.yy.zz. Die aktuell gültige Firmware-Version dem Typenschild oder der zugehörigen Betriebsanleitung entnehmen.
Seriennummer	Anzeige der Seriennummer des Geräts. Sie befindet sich auch auf dem Typenschild. Max. 11-stellige Zeichenfolge aus Buchstaben und Zahlen.
Freigabecode eingeben	Freischalten der Service-Parameter via Bedientool. Werkseinstellung: **0**
Gerät zurücksetzen	Zurücksetzen der gesamten Gerätekonfiguration oder eines Teils der Konfiguration auf einen definierten Zustand. Werkseinstellung: **Nicht aktiv** (Defaulteinstellung für SIL-Mode, nicht veränderbar)
Hardware-Revision	Anzeige der Hardware-Revision des Geräts.
Simulation Stromausgang	Ein- und Ausschalten der Simulation des Stromausgangs. Wenn die Simulation aktiv ist, wird im Wechsel zur Messwertanzeige eine Diagnosemeldung der Kategorie Funktionskontrolle (C) angezeigt. Werkseinstellung: **Aus** (Defaulteinstellung für SIL-Mode, nicht veränderbar)
Wert Simulation Stromausgang	Einstellen eines Stromwerts für die Simulation. Auf diese Weise lässt sich die korrekte Justierung des Stromausgangs und die korrekte Funktion nachgeschalteter Auswertegeräte prüfen. Werkseinstellung: **3,58 mA** (Defaulteinstellung für SIL-Mode, nicht veränderbar)
Stromtrimmung 20 mA	Einstellen des Korrekturwerts für den Stromausgang am Messbereichsende bei 20 mA. Werkseinstellung: **20,000 mA** (Defaulteinstellung für SIL-Mode, nicht veränderbar)
Stromtrimmung 4 mA	Einstellen des Korrekturwerts für den Stromausgang am Messbereichsanfang bei 4 mA. Werkseinstellung: **4 mA** (Defaulteinstellung für SIL-Mode, nicht veränderbar)
Anfang Messbereich	Zuordnung eines Messwertes zum Stromwert 4 mA. Werkseinstellung: **0**
Ende Messbereich	Zuordnung eines Messwertes zum Stromwert 20 mA. Werkseinstellung: **100**
Fehlerstrom	Einstellen des Stromwerts, den der Stromausgang im Störungsfall ausgibt. Werkseinstellung: **22,5 mA**
Fehlerverhalten	Auswahl des Ausfallsignalpegels den der Stromausgang im Fehlerfall ausgibt. Werkseinstellung: **Low-Alarm**
HART®-Adresse	Definition der HART®-Adresse des Geräts. Werkseinstellung: **0** (Defaulteinstellung für SIL-Mode, nicht veränderbar)

Parameter und Default-Einstellungen für den Expertenmodus	
Geräterevision	Anzeige der Geräterevision (Device Revision), mit der das Gerät bei der HART® Communication Foundation registriert ist. Sie wird benötigt, um dem Gerät die passende Gerätebeschreibungsdatei (DD) zuzuordnen. Werkseinstellung: **4** (fester Wert)
Sensortyp n	Auswahl des Sensortyps für den jeweiligen Sensoreingang n: ▪ Sensortyp 1: Einstellungen für Sensoreingang 1 ▪ Sensortyp 2: Einstellungen für Sensoreingang 2 Werkseinstellung: ▪ **Sensortyp 1: Pt100 IEC751** ▪ **Sensortyp 2: Kein Sensor**
Obere Sensorgrenze n	Anzeige des maximalen physikalischen Messbereichsendwerts. Werkseinstellung: ▪ Für Sensortyp 1 = Pt100 IEC751: **+850 °C (+1562 °F)** ▪ Sensortyp 2 = Kein Sensor
Untere Sensorgrenze n	Anzeige des minimalen physikalischen Messbereichsendwerts. Werkseinstellung: ▪ Für Sensortyp 1 = Pt100 IEC751: **–200 °C (–328 °F)** ▪ Sensortyp 2 = Kein Sensor
Sensor Offset n	Einstellen der Nullpunktkorrektur (Offset) des Sensormesswertes. Der angegebene Wert wird zum Messwert addiert. Werkseinstellung: **0,0**
Anschlussart n	Auswahl der Anschlussart des Sensors. Werkseinstellung: ▪ Sensor 1 (Anschlussart 1): **4-Leiter** ▪ Sensor 2 (Anschlussart 2): **2-Leiter**
Vergleichsstelle n	Auswahl der Vergleichsstellenmessung bei der Temperaturkompensation von Thermoelementen (TC). Werkseinstellung: **Interne Messung**
Vergleichsstelle Vorgabewert n	Festlegen des fixen Vorgabewerts für die Temperaturkompensation. Bei der Auswahl **Vergleichsstelle n** (= fixer Wert) muss der Parameter **Vorgabewert** eingestellt sein. Werkseinstellung: **0,00**
Call./v. Dusen coeff. A, B und C	Einstellen der Koeffizienten für die Sensorlinearisierung nach der Callendar/Van Dusen Methode. Voraussetzung: Im Parameter **Sensortyp** ist die Auswahl RTD Platin (Callendar/Van Dusen) aktiviert. Werkseinstellung: ▪ **Koeffizient A: 3,910000e-003** ▪ **Koeffizient B: -5,780000e-007** ▪ **Koeffizient C: -4,180000e-012**
Call./v. Dusen Koeff. R0	Einstellen des R0-Werts für die Linearisierung mit dem Callendar/Van Dusen Polynom. Voraussetzung: Im Parameter **Sensortyp** ist die Auswahl RTD Platin (Callendar/Van Dusen) aktiviert. Werkseinstellung: **100 Ω**

Parameter und Default-Einstellungen für den Expertenmodus	
Polynom Koeff. A, B	Einstellen der Koeffizienten für die Sensorlinearisierung von Kupfer-/Nickelwiderstandsthermometer. Voraussetzung: Im Parameter **Sensortyp** ist die Auswahl RTD Polynom Nickel oder RTD Polynom Kupfer aktiviert. Werkseinstellung: ▪ **Polynom Koeff. A = 5.49630e-003** ▪ **Polynom Koeff. B = 6.75560e-006**
Polynom Koeff. R0	Einstellen des R0-Werts für die Linearisierung von Nickel/Kupfer Sensoren. Voraussetzung: Im Parameter **Sensortyp** ist die Auswahl RTD Polynom Nickel oder RTD Polynom Kupfer aktiviert. Werkseinstellung: **100 Ω**
Sensortrimmung	Auswahl welche Linearisierungsmethode für den angeschlossenen Sensor verwendet wird. Werkseinstellung: **FactoryTrim** (Defaulteinstellung für SIL-Mode, nicht veränderbar)
Einheit	Auswahl der Maßeinheit für alle Messwerte. Werkseinstellung: **°C**
Netzfrequenzfilter	Auswahl des Netzfilters für A/D-Wandlung. Werkseinstellung: **50 Hz**
Drift/Differenzüberwachung	Auswahl, ob das Gerät auf eine Über- oder Unterschreitung des Drift-/Differenzgrenzwerts reagiert. Nur bei 2-Kanal Betrieb auswählbar. Werkseinstellung: **Aus**
Drift/Differenzgrenzwert	Einstellung der maximal zulässigen Messwertabweichung zwischen Sensor 1 und Sensor 2, die zu einer Drift-/Differenzerkennung führt. Voraussetzung: Der Parameter **Drift/Differenzüberwachung** muss mit Auswahl **Überschreitung (Drift)** oder **Unterschreitung** aktiviert sein. Werkseinstellung: **999,0**
Drift/Differenz Alarmverzögerung	Alarmverzögerung der Drifterkennungsüberwachung. Voraussetzung: Der Parameter **Drift/Differenzüberwachung** muss mit Auswahl **Überschreitung (Drift)** oder **Unterschreitung** aktiviert sein. Werkseinstellung: **5 s** (Defaulteinstellung für SIL-Mode, nicht veränderbar)
Erzwinge sicheren Zustand	Während der Inbetriebnahme- oder Wiederholungsprüfung kann mit diesem Parameter die Fehlererkennung und der sichere Zustand des Geräts getestet werden. Voraussetzung: Der Parameter **Betriebszustand** zeigt **SIL Mode** an. Werkseinstellung: **Aus**
Zuordnung Stromausgang (PV)	Zuordnung einer Messgröße zum ersten HART®-Wert (PV) Werkseinstellung: **Sensor 1**
Zuordnung SV	Zuordnung einer Messgröße zum zweiten HART®-Wert (SV) Werkseinstellung: **Gerätetemperatur**
Zuordnung TV	Zuordnung einer Messgröße zum dritten HART®-Wert (TV) Werkseinstellung: **Sensor 1**
Zuordnung QV	Zuordnung einer Messgröße zum vierten HART®-Wert (QV) Werkseinstellung: **Sensor 1**

Parameter und Default-Einstellungen für den Expertenmodus	
Dämpfung	Einstellen der Zeitkonstante für die Dämpfung des Stromausgangs. Werkseinstellung: **0,00 s** (Defaulteinstellung für SIL-Mode, nicht veränderbar)
Burst-Modus	Aktivierung des HART®-Burst-Modus für die Burst-Nachricht X. Nachricht 1 hat die höchste Priorität, Nachricht 2 die zweithöchste, usw. Werkseinstellung: **Aus** (Defaulteinstellung für SIL-Mode, nicht veränderbar)
Simulation Diagnose	Ein- und Ausschalten einer Diagnose-Simulation. Werkseinstellung: **Aus** (Defaulteinstellung für SIL-Mode, nicht veränderbar)
Diagnoseeinstellungen	3 Einstellungen im Diagnoseverhalten für den SIL-Mode möglich, im SIL-Mode allerdings nicht mehr veränderbar: 044 - Sensordrift erkannt 825 - Betriebstemperatur 844 - Prozesswert außerhalb Spezifikation-Stromausgang

Nicht genannte Parameter beeinflussen die Sicherheitsfunktion nicht und können auf beliebige, sinnvolle Werte eingestellt werden. Die Sichtbarkeit der genannten Parameter im Bedienmenü hängt teilweise von der Benutzerrolle, von bestellten Firmware-Optionen und von Einstellungen anderer Parameter ab.

5.4 Inbetriebnahme- und Wiederholungsprüfung

Die Funktionsfähigkeit des Transmitters im SIL-Mode ist bei der Inbetriebnahme, bei Änderungen an sicherheitsrelevanten Parametern, sowie in angemessenen Zeitabständen zu überprüfen.

HINWEIS

Durchführung einer Inbetriebnahmeprüfung

- Für die Inbetriebnahme des Gerätes ist diese durchzuführen!

⚠ VORSICHT

Während einer Inbetriebnahme- oder Wiederholungsprüfung ist die Sicherheitsfunktion nicht gewährleistet. Die Prozesssicherheit muss während der Prüfung durch geeignete Maßnahmen gewährleistet werden.

- Das sicherheitsbezogene Ausgangssignal 4 … 20 mA darf während der Prüfung nicht für die Schutzeinrichtung genutzt werden.
- Eine durchgeführte Prüfung ist zu dokumentieren, dafür kann das Template im Anhang benutzt werden. → 🖹 42

Der Betreiber legt das Prüfintervall fest und dieses muss bei der Ermittlung der Versagenswahrscheinlichkeit PFD_{avg} des Sensorsystems berücksichtigt werden.

Wenn keine betreiberspezifischen Vorgaben für die Wiederholungsprüfung vorhanden sind, bietet sich folgende alternative Möglichkeit zur Prüfung des Transmitters in Abhängigkeit der für die Sicherheitsfunktion genutzten Messgröße an. Für die folgend beschriebenen Prüfungsabläufe sind die jeweiligen Abdeckungsgrade (PTC = proof test coverage) angegeben, die zur Berechnung verwendet werden können.

Die Prüfung des Geräts kann wie folgt durchgeführt werden:
- Prüfablauf A: Vollständige Prüfung mit HART-Bedienung
- Prüfablauf B: Vollständige Prüfung ohne HART-Bedienung
- Prüfablauf C: Vereinfachte Prüfung mit oder ohne HART-Bedienung

Bei den Prüfabläufen Folgendes beachten:
- Prüfablauf C ist für eine Inbetriebnahmeprüfung **nicht** zulässig.
- Die Überprüfung des Transmitters ohne Sensor kann mit einem entsprechenden Sensorsimulator (Widerstandsdekade, Referenzspannungsquelle, etc.) erfolgen.
- Die Genauigkeit des eingesetzten Messgeräts muss der Spezifikation des Transmitters genügen.
- Werden beide Eingangskanäle des Transmitters verwendet, so ist die Prüfung für den zweiten Sensor entsprechend zu wiederholen.
- Bei Verwendung einer kundenspezifischen Linearisierung (z.B. mittels CvD-Koeffizienten) ist eine Dreipunktkalibrierung durchzuführen. Zusätzlich sind die **Obere Sensorgrenze** und **Untere Sensorgrenze** zu überprüfen.

Bei einer Inbetriebnahmeprüfung zusätzlich zu den Prüfabläufen A und B Folgendes beachten:
Werden beide Eingangskanäle des Transmitter verwendet, müssen die Zwei-Kanal-Funktionen wie **Sensordrift** oder **Backup** (Kanalzuordnung am Stromausgang) ebenfalls geprüft werden.
Bei der Verwendung von Thermoelementen ist die Einstellung der Auswahl **Vergleichsstelle** und deren Vorgabewert zu überprüfen.
Die Funktion der Bereichsverletzungs-Kategorie muss an ihren Grenzen 3,8 mA oder 20,5 mA überprüft werden.
Der Betriebszustand des Transmitters muss überprüft werden (SIL-Mode).

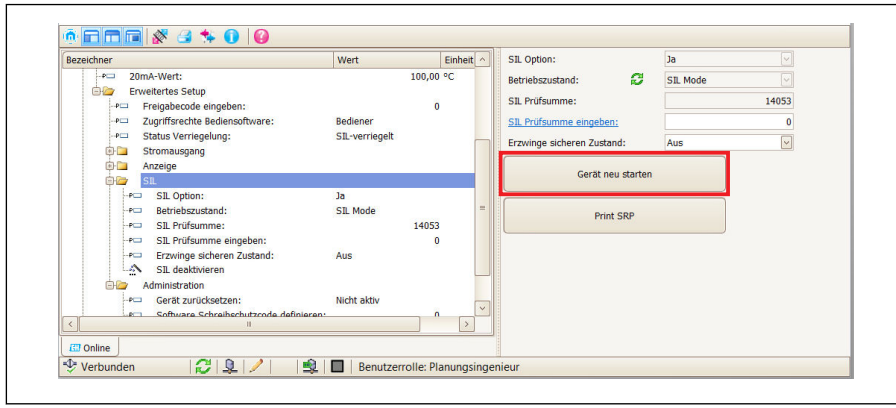
5.4.1 Prüfablauf A

1. Zweipunktkalibrierung

   Den Stromausgang durch Anlegen der Referenztemperatur am Sensor oder eines entsprechenden Referenzsignals (Widerstand, Spannung) an 2 Punkten überprüfen. Für den Messanfang: **4 … 6 mA** und für das Messende: **18 … 20 mA** wählen.

   ↳ Die Messergebnisse müssen innerhalb der angegebenen Sicherheitsmessabweichung liegen, ansonsten ist die Prüfung nicht bestanden.

2.



A0034786-DE

5 Auslösen eines Geräteneustarts mittels der entsprechenden Funktion im verwendeten Bedientool oder mittels HART-Kommando 42.

Überprüfung des sicheren Zustands (High- und Low-Alarm)

Die beiden Alarmzustände (High und Low) durch einen Neustart des Gerätes mittels der entsprechenden Funktion im verwendeten Bedientool oder mittels HART-Kommando 42 überprüfen.

↳ Es werden nacheinander die Alarmzustände: High-Alarm (≥ 21,0 mA) und Low-Alarm (≤ 3,6 mA) für jeweils länger als 4 s ausgegeben.
Die beiden Stromwerte sind zu überprüfen.

Durch diese Prüfung werden 96% der gefährlichen unerkannten Ausfälle aufgedeckt (Diagnose-Deckungsgrad der Wiederholungsprüfung, PTC = 0,96). Der Stromausgang des Geräts verhält sich während des Prüfablaufs typisch wie in → 6, 35 dargestellt.

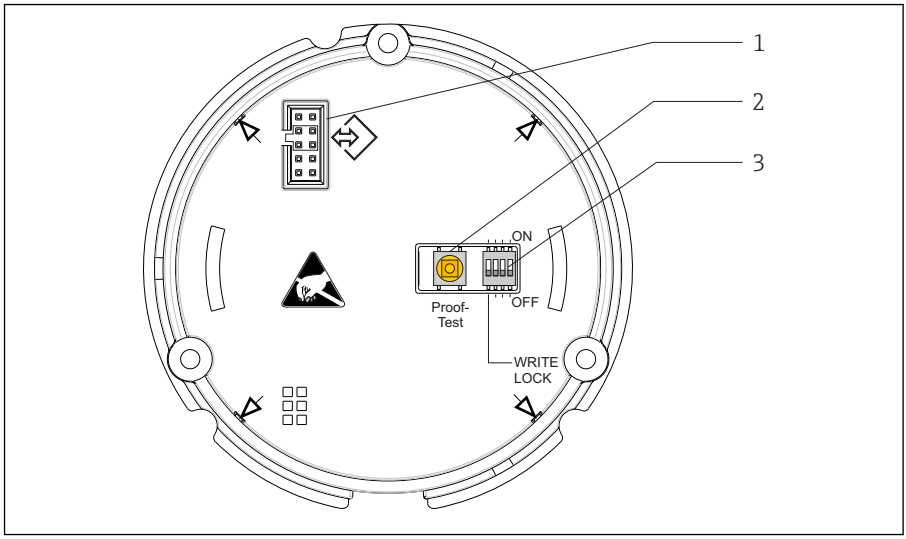
5.4.2 Prüfablauf B

1. Zweipunktkalibrierung

Den Stromausgang durch Anlegen der Referenztemperatur am Sensor oder eines entsprechenden Referenzsignals (Widerstand, Spannung) an 2 Punkten überprüfen. Für den Messanfang: **4 … 6 mA** und für das Messende: **18 … 20 mA** wählen.

↳ Die Messergebnisse müssen innerhalb der angegebenen Sicherheitsmessabweichung liegen, ansonsten ist die Prüfung nicht bestanden.

2.

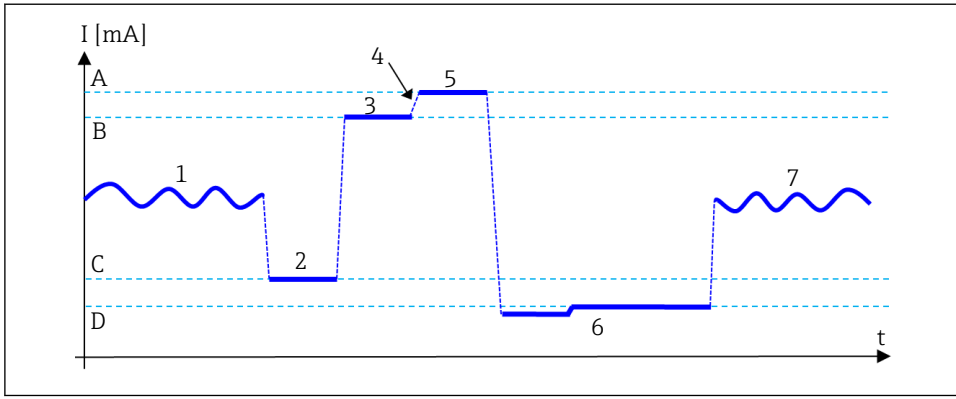


1 Elektrischer Anschluss für das Display-Modul
2 Proof-Test-Taster zur Prüfung im SIL-Betrieb ohne HART-Bedienung
3 DIP-Schalter zur Aktivierung oder Deaktivierung des Geräte-Schreibschutzes

Die beiden Alarmzustände (High und Low) durch einen Neustart des Geräts mittels des Proof-Test-Tasters (siehe Abbildung oben) überprüfen. Den Proof-Test-Taster dazu min. 3 s lang drücken.

↳ Es werden nacheinander die Alarmzustände: High-Alarm (≥ 21,0 mA) und Low-Alarm (≤ 3,6 mA) für jeweils länger als 4 s ausgegeben.
Die beiden Stromwerte sind zu überprüfen.

Durch diese Prüfung werden 94% der gefährlichen unerkannten Ausfälle aufgedeckt (Diagnose-Deckungsgrad der Wiederholungsprüfung, PTC = 0,94). Der Stromausgang des Geräts verhält sich während des Prüfablaufs typisch wie in → 🖼 6, 🖹 35 dargestellt.



6 *Stromverlauf während der Wiederholungsprüfung A und B*

A ≥ 21,0 mA (High-Alarm)
B 20 mA
C 4 mA
D ≤ 3,6 mA
1 Messbetrieb
2 Abgleich Messanfang (Zweipunktkalibrierung)
3 Abgleich Messende (Zweipunktkalibrierung)
4 Neustart des Gerätes (via HART oder Proof-Test-Taster)
5 High-Alarm (≥ 21,0 mA)
6 Low-Alarm (≤ 3,6 mA)
7 Messbetrieb

5.4.3 Prüfablauf C

Prüfablauf C

1. Aktuelles Messsignal auf Plausibilität prüfen. Der Messwert muss auf Basis von Erfahrungswerten aus dem Betrieb der Anlage bewertet werden, hierbei liegt die Verantwortung beim Betreiber.
2. Überprüfung des sicheren Zustands (High- und Low-Alarm)
   Die beiden Alarmzustände (High und Low) durch einen Neustart des Geräts mittels Proof-Test-Taster → 34 alternativ über HART-Kommando überprüfen. → 32 oder → 33
   ↳ Es werden nacheinander die Alarmzustände: High-Alarm (≥ 21,0 mA) und Low-Alarm (≤ 3,6 mA) für jeweils länger als 4 s ausgegeben.
   Die beiden Stromwerte sind zu überprüfen.
   Der Stromausgang des Gerätes verhält sich während des Prüfablaufs typisch wie in dargestellt. Die Punkte 2 und 3 entfallen. → 6, 35

Durch diese Prüfung werden 59% der gefährlichen unerkannten Ausfälle aufgedeckt (Diagnose-Deckungsgrad der Wiederholungsprüfung, PTC = 0,59). **Der Prüfablauf C ist für eine Inbetriebnahmeprüfung nicht zulässig.**

HINWEIS

- Die Wiederholungsprüfung dient zur Aufdeckung gefährlicher unentdeckter Geräteausfälle (λ_{du}). Der Einfluss systematischer Fehler auf die Sicherheitsfunktion wird durch diese Prüfung nicht abgedeckt und ist gesondert zu betrachten. Systematische Fehler können beispielsweise durch Stoffeigenschaften, Betriebsbedingungen, Ansatzbildung oder Korrosion verursacht werden.

Für Prüfabläufe A, B, C: Ist eines der Prüfkriterien der oben beschriebenen Prüfabläufe nicht erfüllt, darf das Gerät nicht mehr als Teil einer Schutzeinrichtung eingesetzt werden.

6 Lebenszyklus

6.1 Anforderungen an das Personal

Das Personal für Installation, Inbetriebnahme, Diagnose und Wartung muss folgende Bedingungen erfüllen:
- Ausgebildetes Fachpersonal: Verfügt über Qualifikation, die dieser Funktion und Tätigkeit entspricht
- Vom Anlagenbetreiber autorisiert
- Mit den nationalen Vorschriften vertraut
- Vor Arbeitsbeginn: Anweisungen in Anleitung und Zusatzdokumentation sowie Zertifikate (je nach Anwendung) lesen und verstehen
- Anweisungen und Rahmenbedingungen befolgen

Das Bedienpersonal muss folgende Bedingungen erfüllen:
- Entsprechend den Aufgabenanforderungen vom Anlagenbetreiber eingewiesen und autorisiert,
- Anweisungen in dieser Anleitung befolgen.

6.2 Installation

Die Montage und Verdrahtung des Geräts sowie die zulässigen Einbaulagen sind in der zugehörigen Betriebsanleitung beschrieben. → 7

6.3 Inbetriebnahme

Die Inbetriebnahme des Gerätes ist in der zugehörigen Betriebsanleitung beschrieben. → 7
Vor dem Betrieb in einer Sicherheitseinrichtung ist eine Inbetriebnahmeprüfung durchzuführen. → 31

6.4 Bedienung

Die Bedienung des Gerätes ist in der zugehörigen Betriebsanleitung beschrieben. → 7

6.5 Wartung

Wartungshinweise und Hinweise zur Nachkalibrierung sind der zugehörigen Betriebsanleitung zu entnehmen. → 🖹 7

Während der Parametrierung, Wiederholungsprüfung und Wartungsarbeiten am Gerät müssen zur Gewährleistung der Prozesssicherheit alternative überwachende Maßnahmen ergriffen werden.

6.6 Reparatur

HINWEIS

Reparatur bedeutet Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit durch den Austausch von defekten Komponenten. Hierfür müssen Komponenten gleichen Typs verwendet werden.

- Wir empfehlen die Reparatur zu dokumentieren. Hierzu gehört die Angabe der Geräte-Seriennummer, Reparaturdatum, Art der Reparatur und ausführende Person.

Ein Austausch folgender Komponenten darf durch Fachpersonal des Kunden vorgenommen werden, wenn Original-Ersatzteile verwendet und die jeweiligen Einbauanleitungen beachtet werden:

Komponente	Geräteprüfung nach Reparatur
Display	Sichtkontrolle, ob alle Teile vorhanden und ordnungsgemäß montiert sind und ob das Gerät im Gut-Zustand ist.
Gehäusedeckel	
Dichtungssätze zu den Gehäusedeckeln	
Sicherungskrallen Gehäuse	
Überspannungsschutz-Modul	

Einbauanleitungen der Ersatzteile siehe im Bereich: Download unter www.endress.com

Die ausgetauschte Komponente oder das defekte Gerät muss zwecks Fehleranalyse an den Hersteller eingesendet werden, falls das Gerät in einer Schutzeinrichtung betrieben wurde und ein Gerätefehler nicht ausgeschlossen werden kann. In diesem Fall ist bei der Rücksendung des defekten Gerätes die „Erklärung zur Kontamination und Reinigung“ mit dem entsprechenden Hinweis „Einsatz als SIL-Gerät in Schutzeinrichtung“ beizulegen. Hierfür das Kapitel „Rücksendung“ in der Betriebsanleitung beachten. → 🖹 7

6.7 Modifikation

HINWEIS

Modifikationen sind Änderungen an bereits ausgelieferten bzw. installierten SIL-Geräten.

- Üblicherweise werden Modifikationen von SIL-Geräten im Herstellerwerk durchgeführt.
- Modifikationen an SIL-Geräten beim Anwender vor Ort sind nach Freigabe durch das Herstellerwerk möglich. In diesem Fall müssen die Modifikationen durch einen Servicetechniker des Herstellers durchgeführt und dokumentiert werden.
- Modifikationen von SIL-Geräten durch den Anwender sind nicht erlaubt.

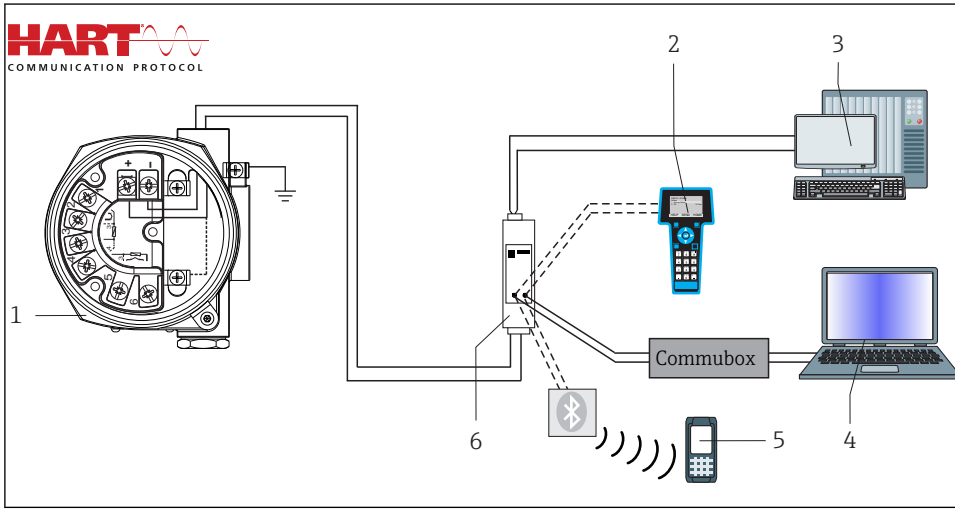
6.8 Außerbetriebnahme

Bei der Außerbetriebnahme sind die Anforderungen gemäß IEC 61508-1:2010 Abschnitt 7.17 zu beachten.

7 Anhang

7.1 Aufbau des Messsystems

In der folgenden Abbildung sind die Geräte des Messsystems beispielhaft dargestellt.



7 *HART®-Anschluss mit Speisegerät von Endress+Hauser, inklusive eingebautem Kommunikationswiderstand*

1 *Temperaturfeldtransmitter*
2 *HART® Handheld Kommunikator*
3 *SSPS/PLS*
4 *Konfigurationssoftware, z. B. FieldCare*
5 *Konfiguration via Field Xpert SFX350/370*
6 *Speisegerät, z. B. RN221 von Endress+Hauser*

Im Messumformer wird ein dem jeweiligen Sensorwert proportionales, analoges Signal (4 ... 20 mA) erzeugt, das einer nachgeschalteten Logikeinheit (z.B. SSPS, Grenzsignalgeber) zugeführt wird und dort auf das Überschreiten bzw. Unterschreiten eines vorgegebenen Grenzwertes überwacht wird. Zur Störungsüberwachung muss die Logikeinheit dabei sowohl High-Alarme (≥ 21,0 mA) als auch Low-Alarme (≤ 3,6 mA) erkennen und auswerten können.

HINWEIS

- Das optionale Display ist nicht Teil der Sicherheitsfunktion, weder Hardware noch Software des Displays haben nachweislich einen Einfluss auf die definierten Sicherheitsfunktionen des Transmitters. Die CDI - Schnittstelle ist nicht sicher und darf somit nicht in sicherheitsrelevanten Anwendungen eingesetzt werden. Die Schnittstelle kann nicht für den Expertenmodus verwendet werden.

Der sichere Betrieb des Gerätes setzt eine ordnungsgemäße Installation voraus.

7.1.1 Messfunktion

HINWEIS

Galvanische Trennung

- Bei Anschluss von zwei Sensoren am Transmitter auf eine galvanische Trennung der Sensoren achten.

Zwei-Kanal-Funktionen

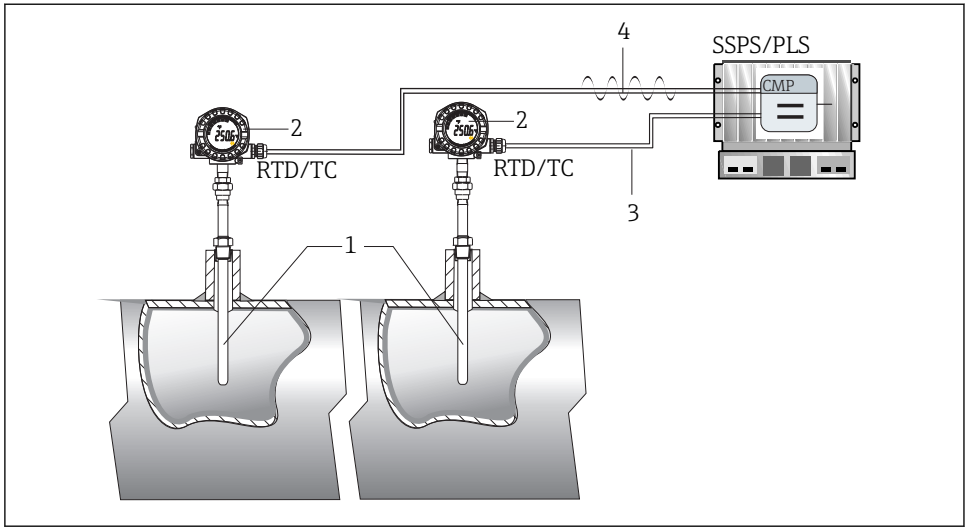
Es können zwei Sensoren am Transmitter angeschlossen und folgende, sichere Funktionen betrieben werden:

- Funktion **Mittelwert**:
  Die Messwerte M1, M2 der beiden Sensoren werden als arithmetrisches Mittel, also (M1+M2)/2, ausgegeben.
- Funktion **Differenz**
  Die Messwerte M1, M2 der beiden Sensoren werden als Differenz M1-M2 ausgegeben.
- Funktion **Backup**:
  Bei Ausfall eines Sensors wird automatisch auf den anderen Messkanal umgeschaltet. Hierbei müssen die Sensortypen identisch sein, z.B. zwei 3-Leiter RTD Pt100. Die Backup Funktion dient zur Erhöhung der Verfügbarkeit bzw. zur Verbesserung der Diagnosefähigkeiten.
  Im SIL-Mode sind somit folgende Sensor-Typen erlaubt:
  – 2x Thermoelement (TC)
  – 2x RTD, 2/3-Leiter
- Funktion **Sensordrift**
  Beim Einsatz von redundanten Sensoren kann z.B. die Langzeitdrift eines Sensors erkannt werden. Dies ist eine Diagnosemaßnahme, da das Signal des zweiten Sensors ausschließlich für diese Diagnose verwendet wird. Werden identische Sensoren eingesetzt, kann zusätzlich die Funktion **Backup** genutzt werden.

Der eingestellte Drift-Differenzgrenzwert sollte mindestens 2x dem Wert der Sicherheits-Genauigkeit entsprechen.

Homogen redundante SIL 3 Konfiguration

Für eine SIL 3 Messstelle sind zwei Temperaturtransmitter mit jeweils einem Sensor erforderlich. Die Messwerte der beiden Transmitter werden in einer Logik-Einheit mit Hilfe eines sicheren Voters ausgewertet. → 8, 41



8 Beispiel mit Stromausgang am ersten Transmitter sowie Stromausgang und HART® Kommunikation am zweiten Transmitter. SSPS/PLS-Voting der beiden Sensorwerte: SIL 3

1 2 Temperatursensoren
2 2 Temperaturtransmitter
3 4...20 mA Stromausgang
4 4...20 mA Stromausgang, optional mit HART®-Kommunikation

7.2 Protokoll Inbetriebnahme- oder Wiederholungsprüfung

Firma / Ansprechpartner	**/**
Ausführender	

Geräteinformationen	
Anlage	Messstellen / TAG Nr.:
Gerätetyp / Bestellcode	
Seriennummer	Firmware-Version
Freigabecode (falls individuell pro Gerät)	SIL Prüfsumme

Informationen zur Verifikation
Datum / Uhrzeit
Durchgeführt von

Verifikationsergebnis		
Gesamtergebnis	☐ Bestanden	☐ Nicht bestanden

Bemerkung:

Datum | Unterschrift Kunde | Unterschrift Ausführender

Art der Sicherheitsfunktion
☐ Grenzwertüberwachung MIN ☐ Grenzwertüberwachung MAX ☐ Sichere Messung

Inbetriebnahmeprüfung
☐ Geräteparametrierung via SIL-Mode Aktivierung (SiMA) ☐ Inbetriebnahmeprüfung Prüfablauf A ☐ Inbetriebnahmeprüfung Prüfablauf B

Wiederholungsprüfung
☐ Prüfablauf A ☐ Prüfablauf B ☐ Prüfablauf C

Protokoll Wiederholungsprüfung			
Prüfschritt	Sollwert	Istwert	Bestanden
1. Abgleich Messanfang Sensor 1			☐ Bestanden ☐ Nicht bestanden
2. Abgleich Messende Sensor 1			☐ Bestanden ☐ Nicht bestanden
3. Abgleich Messanfang Sensor 2			☐ Bestanden ☐ Nicht bestanden ☐ Nicht relevant
4. Abgleich Messende Sensor 2			☐ Bestanden ☐ Nicht bestanden ☐ Nicht relevant
5. Stromwert Alarm			☐ Bestanden ☐ Nicht bestanden
6. Neustart via HART			☐ Bestanden ☐ Nicht bestanden ☐ Nicht relevant
7. Neustart via Proof-Test-Taster			☐ Bestanden ☐ Nicht bestanden ☐ Nicht relevant

Protokoll Inbetriebnahmeprüfung			
Prüfschritt	Sollwert	Istwert	Bestanden
1. Abgleich Messanfang Sensor 1			☐ Bestanden ☐ Nicht bestanden

Protokoll Inbetriebnahmeprüfung			
2. Abgleich Messende Sensor 1			☐ Bestanden ☐ Nicht bestanden
3. Abgleich Messanfang Sensor 2			☐ Bestanden ☐ Nicht bestanden ☐ Nicht relevant
4. Abgleich Messende Sensor 2			☐ Bestanden ☐ Nicht bestanden ☐ Nicht relevant
5. Zwei-Kanalfunktion Sensordrift			☐ Bestanden ☐ Nicht bestanden ☐ Nicht relevant
6. Zwei-Kanalfunktion Backup			☐ Bestanden ☐ Nicht bestanden ☐ Nicht relevant
7. Kanalzuordnung Stromausgang			☐ Bestanden ☐ Nicht bestanden
8. Bereichsverletzungs-Kategorie			☐ Bestanden ☐ Nicht bestanden
9. Vergleichsstelle / Vorgabewert			☐ Bestanden ☐ Nicht bestanden ☐ Nicht relevant
10. Stromwert Alarm			☐ Bestanden ☐ Nicht bestanden
11. Neustart via HART			☐ Bestanden ☐ Nicht bestanden ☐ Nicht relevant
12. Neustart via Proof-Test-Taster			☐ Bestanden ☐ Nicht bestanden ☐ Nicht relevant

Bemerkung:

7.2.1 Parameter-Einstellungen für den SIL-Mode

Parametername	Werkseinstellung	Eingestellter Wert	Geprüft
Freigabecode eingeben	0		
Anfang Messbereich (4 mA)	0		
Ende Messbereich (20 mA)	100		
Fehlerstrom	22,5 mA		
Fehlerverhalten	Low-Alarm		
Sensortyp 1	Pt100 IEC60751		
Sensortyp 2	Kein Sensor		
Obere Sensorgrenze 1 [1)]	+850 °C		
Untere Sensorgrenze 1 [1)]	–200 °C		
Obere Sensorgrenze 2 [1)]	-		
Untere Sensorgrenze 2 [1)]	-		
Sensor Offset 1	0		
Sensor Offset 2	0		
Anschlussart 1	4-Leiter (RTD)		
Anschlussart 2	2-Leiter (TC)		
Vergleichsstelle 1,2	Interne Messung (TC)		
Vergleichsstelle Vorgabewert 1,2	0 (bei Einstellung **Vorgabewert**)		
Call./v. Dusen coeff. A, B und C Sensor 1 [1)]	A: 3.910000e-003 B: -5.780000e-007 C: -4.180000e-012		
Call./v. Dusen coeff. A, B und C Sensor 2 [1)]	A: 3.910000e-003 B: -5.780000e-007 C: -4.180000e-012		
Call./v. Dusen Koeff. R0 Sensor 1 [1)]	100 Ω		
Call./v. Dusen Koeff. R0 Sensor 2 [1)]	100 Ω		
Polynom Koeff. A, B Sensor 1 [1)]	A = 5.49630e-003 B = 6.75560e-006		
Polynom Koeff. A, B Sensor 2 [1)]	A = 5.49630e-003 B = 6.75560e-006		
Polynom Koeff. R0 Sensor 1 [1)]	100 Ω		
Polynom Koeff. R0 Sensor 2 [1)]	100 Ω		
Einheit	°C		
Netzfrequenzfilter	50 Hz		

Parametername	Werkseinstellung	Eingestellter Wert	Geprüft
Drift/Differenzüberwachung	Aus		
Drift/Differenz Alarmverzögerung	5 s		
Drift/Differenzgrenzwert	999		
Erzwinge sicheren Zustand	Aus		
Zuordnung Stromausgang (PV)	Sensor 1		
Zuordnung SV	Gerätetemperatur		
Zuordnung TV	Sensor 1		
Zuordnung QV	Sensor 1		

1) Nur bei Call./v. Dusen- oder Polynom Cu/Ni-Sensoren

7.3 Sonstiges

7.3.1 Anwendung als sicheres Messsystem

Um ein sicheres Messsystem zu realisieren, ist der Temperaturtransmitter mit einem geeigneten Sensor zu kombinieren. Die zur Auslegung des Systems notwendigen Kennzahlen für ein Jahr sind folgenden Tabellen zu entnehmen.

Einkanal-Betrieb

	λ_{du}	λ_{dd}	λ_{su}	λ_{sd}	SFF	PFD_{avg}
Transmitter	29 FIT	269 FIT	139 FIT	0 FIT	93%	$1.3 \cdot 10^{-4}$

		low stress		high stress		low stress		high stress	
		closed coupled				extention wire			
		Sensor	Sensor + TMT162	Sensor	Sensor + TMT162	Sensor	Sensor + TMT162	Sensor	Sensor + TMT162
Thermo-element	λ_{du}	6 FIT	35 FIT	119 FIT	148 FIT	109 FIT	138 FIT	2180 FIT	2209 FIT
	λ_{dd}	94 FIT	363 FIT	1881 FIT	2150 FIT	891 FIT	1160 FIT	17820 FIT	18089 FIT
	λ_{su}	0 FIT	139 FIT	0 FIT	139 FIT	0 FIT	139 FIT	0 FIT	139 FIT
	λ_{sd}	0 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT
	SFF	94%	94% / 93%	94%	94% / 93%	89%	89% / 93%	89%	89% / 93%
	PFD_{avg}		$1.5 \cdot 10^{-4}$		$6.5 \cdot 10^{-4}$		$6.1 \cdot 10^{-4}$		$9.7 \cdot 10^{-3}$
RTD 2/3 Leiter	λ_{du}	9 FIT	38 FIT	181 FIT	210 FIT	99 FIT	128 FIT	1976 FIT	2005 FIT
	λ_{dd}	39 FIT	308 FIT	779 FIT	1048 FIT	376 FIT	645 FIT	7524 FIT	7793 FIT
	λ_{su}	0 FIT	139 FIT	0 FIT	139 FIT	0 FIT	139 FIT	0 FIT	139 FIT
	λ_{sd}	0 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT
	SFF	81%	81% / 93%	81%	81% / 93%	79%	79% / 93%	79%	79% / 93%
	PFD_{avg}		$1.7 \cdot 10^{-4}$		$9.2 \cdot 10^{-4}$		$5.6 \cdot 10^{-4}$		$8.8 \cdot 10^{-3}$
RTD 4 Leiter	λ_{du}	6 FIT	36 FIT	129 FIT	158 FIT	74 FIT	104 FIT	1486 FIT	1515 FIT
	λ_{dd}	44 FIT	313 FIT	871 FIT	1140 FIT	426 FIT	695 FIT	8514 FIT	8783 FIT
	λ_{su}	0 FIT	139 FIT	0 FIT	139 FIT	0 FIT	139 FIT	0 FIT	139 FIT
	λ_{sd}	0 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT
	SFF	87%	87% / 93%	87%	87% / 93%	85%	85% / 93%	85%	85% / 93%
	PFD_{avg}		$1.6 \cdot 10^{-4}$		$6.9 \cdot 10^{-4}$		$4.5 \cdot 10^{-4}$		$6.6 \cdot 10^{-3}$

SFF	Typ	A			B		
	HFT	0	1	2	0	1	2
< 60%		SIL1	SIL2	SIL3	---	SIL1	SIL2
60% - < 90%		SIL2	SIL3	SIL4	SIL1	SIL2	SIL3
90% - < 99%		SIL3	SIL4	SIL4	SIL2	SIL3	SIL4
>99%		SIL3	SIL4	SIL4	SIL3	SIL4	SIL4

1 FIT = $1 \cdot 10^{-9}$ h

SFF	PFD_{avg}
SIL2	< $2.5 \cdot 10^{-3}$
SIL1	> $2.5 \cdot 10^{-3}$
	> $1 \cdot 10^{-2}$

A0034800-DE

Zweikanal-Betrieb

	λ_{du}	λ_{dd}	λ_{su}	λ_{sd}	SFF	PFD_{avg}
Transmitter	29 FIT	269 FIT	139 FIT	0 FIT	93%	$1.3 \cdot 10^{-4}$

		low stress closed coupled		high stress closed coupled		low stress extention wire		high stress extention wire	
		Sensor	Sensor + TMT162	Sensor	Sensor + TMT162	Sensor	Sensor + TMT162	Sensor	Sensor + TMT162
2 x Thermo-element	λ_{du}	11 FIT	40 FIT	70 FIT	99 FIT	158 FIT	187 FIT	3160 FIT	3189 FIT
	λ_{dd}	189 FIT	458 FIT	3786 FIT	4055 FIT	1842 FIT	2111 FIT	36840 FIT	37109 FIT
	λ_{su}	0 FIT	139 FIT	0 FIT	139 FIT	0 FIT	139 FIT	0 FIT	139 FIT
	λ_{sd}	0 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT
	SFF	95%	95% / 93%	98%	95% / 93%	92%	92% / 93%	92%	92% / 93%
	PFD_{avg}		$1.7 \cdot 10^{-4}$		$4.3 \cdot 10^{-4}$		$8.2 \cdot 10^{-4}$		$1.4 \cdot 10^{-2}$
2 x RTD 2/3 Leiter	λ_{du}	8 FIT	37 FIT	258 FIT	287 FIT	141 FIT	170 FIT	1672 FIT	1701 FIT
	λ_{dd}	88 FIT	357 FIT	1662 FIT	1931 FIT	809 FIT	1078 FIT	17328 FIT	17597 FIT
	λ_{su}	0 FIT	139 FIT	0 FIT	139 FIT	0 FIT	139 FIT	0 FIT	139 FIT
	λ_{sd}	0 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT
	SFF	92%	92% / 93%	87%	87% / 93%	85%	85% / 93%	91%	91% / 93%
	PFD_{avg}		$1.6 \cdot 10^{-4}$		$1.3 \cdot 10^{-4}$		$7.4 \cdot 10^{-4}$		$7.5 \cdot 10^{-3}$
RTD 2/3 Leiter + TC	λ_{du}	9 FIT	38 FIT	184 FIT	213 FIT	121 FIT	150 FIT	2416 FIT	2445 FIT
	λ_{dd}	139 FIT	408 FIT	2776 FIT	3045 FIT	1354 FIT	1623 FIT	27084 FIT	27353 FIT
	λ_{su}	0 FIT	139 FIT	0 FIT	139 FIT	0 FIT	139 FIT	0 FIT	139 FIT
	λ_{sd}	0 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT
	SFF	94%	94% / 93%	94%	94% / 93%	92%	92% / 93%	92%	92% / 93%
	PFD_{avg}		$1.7 \cdot 10^{-4}$		$9.3 \cdot 10^{-4}$		$6.6 \cdot 10^{-4}$		$1.1 \cdot 10^{-2}$

SFF	Typ HFT	A 0	A 1	A 2	B 0	B 1	B 2
< 60%		SIL1	SIL2	SIL3	---	SIL1	SIL2
60% - < 90%		SIL2	SIL3	SIL4	SIL1	SIL2	SIL3
90% - < 99%		SIL3	SIL4	SIL4	SIL2	SIL3	SIL4
>99%		SIL3	SIL4	SIL4	SIL3	SIL4	SIL4

1 FIT = $1 \cdot 10^{-9}$ h

SFF	PFD_{avg}
SIL2	< $2.5 \cdot 10^{-3}$
SIL1	> $2.5 \cdot 10^{-3}$
	> $1 \cdot 10^{-2}$

A0034801-DE

- Low stress: < ⅔ Auslastung der max. Beschleunigung (Vibration) des Thermometers
- High stress: > ⅔ Auslastung der max. Beschleunigung (Vibration) des Thermometers
- Closed coupled: < 30 cm
- Extension wire: > 30 cm
- Diagnose: Sensordrift

7.4 Weiterführende Informationen

Allgemeine Informationen über Funktionale Sicherheit (SIL) sind erhältlich unter: www.de.endress.com/SIL (deutsch) bzw. www.endress.com/SIL (englisch) und in der Kompetenzbroschüre CP01008Z/11/DE: "Funktionale Sicherheit in der Prozess-Instrumentierung zur Risikoreduzierung".

7.5 Versionshistorie

Version des Handbuchs	Änderungen	Gültig ab Firmware-Version	Gültig ab Hardware-Version	Bezug zur NE53 Kundeninformation
SD01632T/09/DE/01.17	Erste Version	04.01.00	04.01.00	

Dieses Dokument ist zu archivieren bis 10 Jahre nach Auslieferung des letzten Gerätes.

www.addresses.endress.com

Endress+Hauser

People for Process Automation