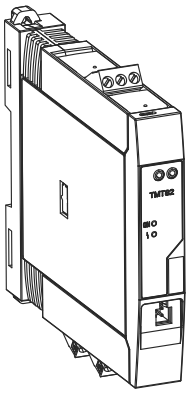
SD01172T/09/DE/06.23-00
71639679
2023-12-11

Sonderdokumentation
Temperaturtransmitter iTEMP TMT82

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit



Endress+Hauser
People for Process Automation

Inhaltsverzeichnis

1 Konformitätserklärung 4
1.1 Sicherheitstechnische Kenngrößen 5

2 Hinweise zum Dokument 7
2.1 Dokumentfunktion 7
2.2 Umgang mit dem Dokument 7
2.3 Verwendete Symbole 7
2.3.1 Warnhinweissymbole 7
2.3.2 Symbole für Informationstypen und Grafiken 7
2.4 Mitgeltende Gerätedokumentation 8
2.4.1 Mitgeltende Dokumente 8

3 Zulässige Gerätetypen 9
3.1 Kennzeichnung 9

4 Sicherheitsfunktion 10
4.1 Definition der Sicherheitsfunktion 10
4.1.1 Sicherheitsbezogenes Ausgangssignal 10
4.1.2 Sichere Messung 10
4.2 Randbedingungen für die Anwendung im sicherheitsbezogenen Betrieb 10
4.2.1 Sicherheitstechnische Fehler gemäß IEC / EN 61508 11
4.3 Gefährliche, unerkannte Fehler in dieser Betrachtung 12
4.4 Sicherheitsmessabweichung 13
4.5 Gebrauchsdauer elektrischer Bauteile 15

5 Einsatz in Schutzeinrichtungen 16
5.1 Geräteverhalten im Betrieb 16
5.1.1 Geräteverhalten beim Einschalten . . . 16
5.1.2 Geräteverhalten bei Anforderung der Sicherheitsfunktion 16
5.1.3 Sichere Zustände 16
5.1.4 Geräteverhalten bei Alarmen und Warnungen 16
5.1.5 Alarm- und Warnmeldungen 17
5.2 Geräteparametrierung für sicherheitsbezogene Anwendungen 17
5.2.1 Methoden der Parametrierung 17
5.2.2 Verriegelung im Expertenmodus, SIL-Mode Aktivierung = SiMA 18
5.2.3 Deaktivierung des SIL-Mode 21
5.2.4 Geräteschutz 22
5.3 Parameter und Default-Einstellungen für den SIL Betrieb 22
5.4 Inbetriebnahme- und Wiederholungsprüfung 25
5.4.1 Prüfablauf A 26
5.4.2 Prüfablauf B 27
5.4.3 Prüfablauf C 28

6 Lebenszyklus 30
6.1 Anforderungen an das Personal 30
6.2 Installation 30
6.3 Inbetriebnahme 30
6.4 Bedienung 30
6.5 Wartung 30
6.6 Reparatur 30
6.7 Modifikation 31
6.8 Außerbetriebnahme 31

7 Anhang 32
7.1 Aufbau des Messsystems 32
7.1.1 Messfunktion 32
7.1.2 Geräteverhalten bei Bereichsverletzung Kategorie (F, S, M) 34
7.2 Protokoll Inbetriebnahme- oder Wiederholungsprüfung 35
7.2.1 Parameter-Einstellungen für den SIL-Modus 38
7.3 Sonstiges 39
7.3.1 Anwendung als sicheres Messsystem 39
7.4 Weiterführende Informationen 40
7.5 Versionshistorie 40

1 Konformitätserklärung

SIL_00023_05.23

Endress+Hauser
People for Process Automation

Herstellererklärung - Manufacturer Declaration
Funktionale Sicherheit - Functional Safety (IEC 61508:2010)
Beiblatt 1 / NE130 Formblatt B1 – Supplement 1 / NE130 From B.1

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

erklärt als Hersteller, dass der folgende Temperaturtransmitter
declares as manufacturer, that the following temperature transmitter

iTEMP TM82

in sicherheitsrelevanten Anwendungen SIL2 (HFT=0) bzw. SIL3 (HFT=1) nach IEC61508:2010 eingesetzt werden kann.
is suitable for use in saftey relevant applications up to SIL2 (HFT=0) rep. SIL3 (HFT=1) according to IEC 61508:2010

Für einen Einsatz in sicherheitsrelevanten Anwendungen entsprechend IEC 61508 sind die Angaben des Handbuchs zur Funktionalen Sicherheit zu beachten.
In safety relevant applications according to IEC 61508, the instructions of the Safety Manual have to be followed.

Nesselwang, 17.11.2023
Endress+Hauser Wetzer GmbH+Co. KG

ppa. Harald Müller
Director Technology

i.V. Thomas Jögel
Head of Department Tech. Transmitter

1/3

A0054589

1.1 Sicherheitstechnische Kenngrößen

SIL_00023_05.23

Endress+Hauser
People for Process Automation

Allgemein			
Gerätebezeichnung und zulässige Ausführungen	TMT82 (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)	sichere Messung		
Gerätetyp gem. IEC 61508-2	☐ Typ A	☑ Typ B	
Betriebsart	☑ Low Demand Mode	☑ High Demand	☐ Continuous Mode
Gültige Hardware-Version	Kopftransmitter: 01.00.07 oder höher Hutschienentransmitter: 01.00.04 oder höher		
Gültige Firmware-Version	01.02.11 oder höher (Dev.Rev.: 3)		
Sicherheitshandbuch	SD01172T/09/		
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. Z10 012833 0005		
Prüfungsunterlagen	Entwicklungsdokumente, Testreports, Datenblätter		

SIL - Integrität			
Systematische Sicherheitsintegrität		☐ SC 2 fähig	☑ SC 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	Kopftransmitter	Hutschienentransmitter
Sicherheitsfunktion(en)	sichere Messung	sichere Messung
λ_{DU} [1),2)]	40 FIT	41 FIT
λ_{DD} [1),2)]	258 FIT	258 FIT
λ_S [1),2)]	130 FIT	126 FIT
SFF - Safe Failure Fraction	91%	90%
PFD_{avg} für T1 = 1 Jahr [2)] (einkanalige Architektur)	$1.75 \cdot 10^{-4}$	$1.80 \cdot 10^{-4}$
PFD_{avg} für T1 = 5 Jahre [2)] (einkanalige Architektur)	$8.76 \cdot 10^{-4}$	$8.98 \cdot 10^{-4}$
PFH	$4.0 \cdot 10^{-8} \cdot 1/h$	$4.1 \cdot 10^{-8} \cdot 1/h$
PTC [3)]	96%	96%
Fehlerreaktionszeit [4)]	< 16,2 s	< 16,2 s
Diagnose-Testintervall [5)]	4,3 min	4,3 min
Prozesssicherheitszeit [6)]	7,2 h	7,2 h
MTTF [7)]	156 Jahre	156 Jahre

Erklärung	
☑	Unser firmeninternes Qualitätsmanagement stellt die Information von zukünftig bekanntwerdenden 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 Daueneinsatztemperatur 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) Maximale Zeit zwischen Fehlererkennung und Fehlerreaktion
5) In dieser Zeit werden alle online Diagnosefunktionen mindestens 1x ausgeführt (32 min inkl. Speichertest)
6) Die Prozesssicherheitszeit beträgt: Diagnose-Testintervall x 100 (Berechnung nach IEC 61508)
7) MTTF (Mean Time To Failure) Dieser Wert berücksichtigt alle Ausfallarten der Elektronikkomponenten gemäß Siemens SN29500

2/3

A0054590

SIL_00023_05.23

Endress+Hauser
People for Process Automation

General			
Device designation and permissible types	TMT82 (Feature "additional approval": Option LA "SIL")		
Safety-related output signal	4...20 mA		
Fault current	≤ 3,6 mA or ≥ 21,0 mA		
Process variable/function	Temperature, Voltage, Resistance		
Safety function(s)	safe measurement		
Device type acc. to IEC 61508-2	☐ Type A	☑ Type B	
Operating mode	☑ Low Demand Mode	☑ High Demand	☐ Continuous Mode
Valid Hardware-Version	Head transmitter: 01.00.07 or higher DIN Rail transmitter: 01.00.04 or higher		
Valid Software-Version	01.02.11 or higher (Dev.Rev.: 3)		
Safety manual	SD01172T/09/		
Type of evaluation (check only one box)	☑	Complete HW/SW evaluation parallel to development incl. FMEDA and change request acc. to IEC 61508-2, 3	
	☐	Evaluation of "Proven-in-use" performance for HW/SW incl. FMEDA and change request acc. to IEC 61508-2, 3	
	☐	Evaluation of HW/SW field data to verify „prior use" acc. to IEC 61511	
	☐	Evaluation by FMEDA acc. to IEC 61508-2 for devices w/o software	
Evaluation through / certificate no.	TÜV SÜD Rail GmbH, Germany / certificate no. Z10 012833 0005		
Test documents	development documents, test reports, data sheets		

SIL - Integrity			
Systematic safety integrity		☐ SC 2 capable	☑ SC 3 capable
Hardware safety integrity	Single channel use (HFT = 0)	☑ SIL 2 capable	☐ SIL 3 capable
	Multi-channel use (HFT ≥ 1)	☐ SIL 2 capable	☑ SIL 3 capable

FMEDA	Head transmitter	DIN Rail transmitter
Safety function	safe measurement	safe measurement
λ_{DU} [1) 2)]	40 FIT	41 FIT
λ_{DD} [1) 2)]	258 FIT	258 FIT
λ_{SU} [1) 2)]	130 FIT	126 FIT
SFF - Safe Failure Fraction	91%	90%
PFD_{avg} T1 = 1 year [2)] (single channel architecture)	$1.75 \cdot 10^{-4}$	$1.80 \cdot 10^{-4}$
PFD_{avg} T1 = 5 years [2)] (single channel architecture)	$8.76 \cdot 10^{-4}$	$8.98 \cdot 10^{-4}$
PFH	$4.0 \cdot 10^{-8} \cdot 1/h$	$4.1 \cdot 10^{-8} \cdot 1/h$
PTC [3)]	96%	96%
Fault reaction time [4)]	< 16.2 s	< 16.2 s
Diagnostic test interval [5)]	4.3 min	4.3 min
Process safety time [6)]	7.2 h	7.2 h
MTTF [7)]	156 years	156 years

Declaration	
☑	Our internal company quality management system ensures information on safety-related systematic faults which become evident in the future

1) FIT = Failure In Time, Number of failures per 10^9 h
2) Valid for average ambient temperature up to +40 °C (+104 °F)
For continuous operation at ambient temperature close to +60 °C (+140 °F), a factor of 2.1 should be applied
3) PTC = Proof Test Coverage
4) Maximum time between error recognition and error response
5) All online diagnostic functions are performed at least once within the Diagnostic test interval (32 min incl. memory test)
6) The Process safety time is: Diagnostic test interval x 100 (calculated acc. to IEC 61508)
7) MTTF (Mean Time To Failure) is the predicted elapsed time between inherent failures of a system during operation in accordance to Siemens SN29500

3/3

A0054591

2 Hinweise zum Dokument

2.1 Dokumentfunktion

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 Sicherheitshandbuch beschrieben.

Allgemeine Informationen über Funktionale Sicherheit (SIL) sind erhältlich unter: www.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

GEFAHR
Dieser Hinweis macht auf eine gefährliche Situation aufmerksam, die, wenn sie nicht vermieden wird, zu Tod oder schwerer Körperverletzung führen wird.

WARNUNG
Dieser Hinweis macht auf eine gefährliche Situation aufmerksam, die, wenn sie nicht vermieden wird, zu Tod oder schwerer Körperverletzung führen kann.

VORSICHT
Dieser Hinweis macht auf eine gefährliche Situation aufmerksam, die, wenn sie nicht vermieden wird, zu leichter oder mittelschwerer Körperverletzung führen kann.

HINWEIS
Dieser Hinweis enthält Informationen zu Vorgehensweisen und weiterführenden Sachverhalten, die keine Körperverletzung nach sich ziehen.

2.3.2 Symbole für Informationstypen und Grafiken

Tipp
Kennzeichnet zusätzliche Informationen

Verweis auf Dokumentation

Verweis auf Abbildung

▶
Zu beachtender Hinweis oder einzelner Handlungsschritt

1., 2., 3.
Handlungsschritte

↳
Ergebnis eines Handlungsschritts

1, 2, 3, ...
Positionsnummern

A, B, C, ...
Ansichten

2.4 Mitgeltende Gerätedokumentation

Eine Übersicht zum Umfang der zugehörigen Technischen Dokumentation bieten:
- *Device Viewer* (www.endress.com/deviceviewer): Seriennummer vom Typenschild eingeben
- *Endress+Hauser Operations App*: Seriennummer vom Typenschild eingeben oder Matrixcode auf dem Typenschild einscannen

Im Download-Bereich der Endress+Hauser Internetseite (www.endress.com/downloads) sind folgende Dokumenttypen verfügbar:

2.4.1 Mitgeltende Dokumente

- BA01028T
- KA01095T
- TI01010T
- XA00102T
- XA01006T
- XA01007T
- XA01012T
- XA01155T
- XA01402R

Technische Information (TI)

Planungshilfe
Das Dokument liefert alle technischen Daten zum Gerät und gibt einen Überblick, was rund um das Gerät bestellt werden kann.

Kurzanleitung (KA)

Schnell zum 1. Messwert
Die Anleitung liefert alle wesentlichen Informationen von der Warenannahme bis zur Erstinbetriebnahme.

Betriebsanleitung (BA)

Ihr Nachschlagewerk
Die Anleitung liefert alle Informationen, die in den verschiedenen Phasen des Lebenszyklus vom Gerät benötigt werden: Von der Produktidentifizierung, Warenannahme und Lagerung über Montage, Anschluss, Bedienungsgrundlagen und Inbetriebnahme bis hin zur Störungsbeseitigung, Wartung und Entsorgung.

Sicherheitshinweise (XA)

Abhängig von der Zulassung liegen dem Gerät bei Auslieferung Sicherheitshinweise (XA) bei. Diese sind integraler Bestandteil der Betriebsanleitung.

Auf dem Typenschild ist angegeben, welche Sicherheitshinweise (XA) für das jeweilige Gerät relevant sind.

Sonderdokumentation (SD)

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 im Download-Bereich der Endress+Hauser Internetseite verfügbar: www.de.endress.com/SIL

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 einen sicherheitsbezogenen Einsatz:

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

Bestellcode:

TMT82 - x x x x x x x x + x x x x LA x x x x x A0026614 Der vollständige Bestellcode ist elektronisch im Gerät gespeichert. Er wird auf dem Typenschild aufgrund des beschränkten Platzes in verkürzter Form angegeben.	Gültige Firmware-Version	ab 01.02.00
	Gültige Hardware-Version (Elektronik)	ab 01.00.00 (Kopftransmitter) ab 01.00.00 (Hutschienengerät)
	Gültige Gerätetreiber	DTM ab Version 1.11.479.5304 DD ab Revision 0x01

SIL-zertifizierte Geräte sind auf dem Typenschild mit dem SIL-Logo gekennzeichnet: SIL

3.1 Kennzeichnung

SIL-zertifizierte Geräte sind auf dem Typenschild mit dem SIL-Logo SIL gekennzeichnet.

4 Sicherheitsfunktion

4.1 Definition der Sicherheitsfunktion

Die Sicherheitsfunktion des Gerätes ist:
Sichere Messung → 📄 10

4.1.1 Sicherheitsbezogenes Ausgangssignal

Das sicherheitsbezogene Ausgangssignal des Gerätes ist das Analogausgangssignal 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)

Der Stromausgang kann im SIL-Mode nicht auf eine inverse Darstellung parametriert werden.

Im Fehlerfall muss sichergestellt werden, dass die überwachte Einrichtung einen sicheren Zustand erreicht oder aufrechterhält. Siehe Kapitel "Aufbau des Messsystems" → 📄 32

4.1.2 Sichere Messung

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

Die Sicherheitsfunktion kann mit allen Sensor-Konfigurationen aus dem Kapitel "Aufbau des Messsystems" verwendet werden→ 📄 32. Dabei ist zu beachten, dass immer nur der Messwert eines Senors oder der Wert einer Funktion (Mittelwert/Differenz der beiden Messwerte) am Stromausgang ausgegeben werden kann.

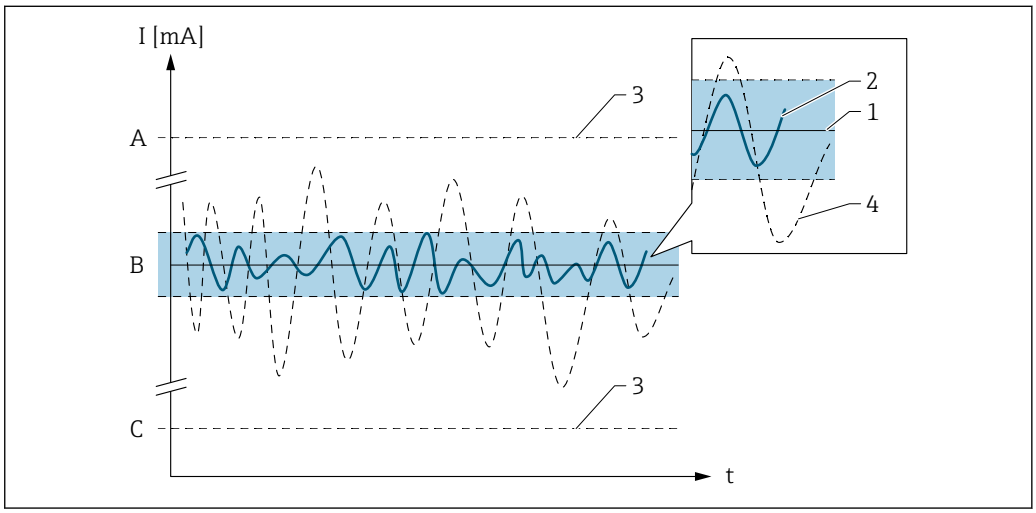
4.2 Randbedingungen für die Anwendung im sicherheitsbezogenen Betrieb

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. Die Spezifikationen aus den Betriebsanleitungen und Technischen Informationen dürfen nicht überschritten werden.

- Informationen zum sicherheitsbezogenen Signal. → 📄 10
- Die Spezifikationen aus den Betriebsanleitungen müssen eingehalten werden. → 📄 8
- Die zulässige Umgebungstemperatur für das Gerät beträgt −40 ... +70 °C (−40 ... +158 °F)
- Die Umgebungsbedingungen gemäß IEC 61326-3-2 Anhang B sind einzuhalten.
- Der Kopftransmitter darf nicht mithilfe des DIN rail Clips und abgesetzten Sensoren als Ersatz für ein Hutschienengerät in einem Schaltschrank betrieben werden.
- Die Verwendung der FXA291- und TXU10-Kommunikationsschnittstelle ist im Experten-Modus nicht möglich (nur über die HART®-Kommunikation).

- Das Gerät darf nur von einem Netzteil mit energiebegrenztem Stromkreis gemäß UL/EN/IEC 61010-1, Kapitel 9.4 und Anforderungen in Tabelle 18, gespeist werden.
- Netz-Frequenz-Filter korrekt einstellen (50 Hz/60 Hz).
- Die Fehlerreaktionszeit muss die Sicherheitsanforderung erfüllen.
- Maximal zulässiger Sensorleitungswiderstand für die Spannungsmessung: 1 000 Ω.
- Der Messwert "Gerätetemperatur" darf im sicherheitsbezogenen Betrieb nicht auf der primären Variable (PV) ausgegeben werden.
- Die Funktionen "Sensorumschaltung" und "Mittelwert mit Backup" können **nicht** im sicherheitsbezogenen Betrieb verwendet werden.
- Es ist ein geschirmtes Kabel zu verwenden, das auf beiden Seiten geerdet ist, wenn das Sensorkabel 30 m (98,4 ft) oder länger ist. Generell wird der Einsatz von geschirmten Sensorleitungen empfohlen.
- Eine Leitungswiderstandskompensation für die 2-Leiter-Messung ist nicht möglich.
- Bei der Version im Gehäuse für die Feldmontage mit separatem Klemmenraum wird bei der Thermoelement-Messung der zweite Kanal für die Messung der Referenztemperatur verwendet. (Siehe auch Betriebsanleitung BA01028T)
- Die folgende Beschränkung gilt auch für den sicherheitsbezogenen Einsatz:
  Starke, impulsartige EMV-Störungen auf der Versorgungsleitung können zu kurzzeitigen (< 1 s) Abweichungen des Ausgangssignals (≥ ±1 %) führen. Aus diesem Grund sollte in der nachgelagerten Logikeinheit eine Filterung mit einer Zeitkonstante von ≥ 1 s erfolgen.
  Das Toleranzband (Sicherheitsmessabweichung → 📄 13) ist sensorspezifisch und wird ab Werk gemäß FMEDA (Failure Modes, Effects and Diagnostic Analysis) definiert. Es enthält bereits alle Einflussfaktoren, die in der Technischen Information TI beschrieben sind (Nichtlinearität, Nichtwiederholbarkeit, Hysterese, Nullpunktabweichung, Temperaturdrift).
  Gemäß IEC / EN 61508 sind die sicherheitsbezogenen Ausfälle in unterschiedliche Kategorien unterteilt, siehe nachfolgende Tabelle. Die Tabelle zeigt die Auswirkungen auf das sicherheitsbezogene Ausgangssignal und die Messunsicherheit.

4.2.1 Sicherheitstechnische Fehler gemäß IEC / EN 61508



A High-Alarm ≥ 21 mA
B SIL-Fehlerband ±2%
C Low-Alarm ≤ 3,6 mA

Kein Gerätefehler
- Keine Fehler vorhanden
- Auswirkung auf das sicherheitsbezogene Ausgangssignal: Keine
- Auswirkung auf die Messunsicherheit:
  1 – Liegt innerhalb der Spezifikation, 📖 Detaillierte Informationen siehe TI/BA

λS (Safe)
- Sicherer Ausfall
- Keine Auswirkung auf das sicherheitsbezogene Ausgangssignal:
  2 – Bewegt sind innerhalb des festgelegten SIL-Fehlerbandes
- Ausgangssignal geht in den sicheren Zustand
- Auswirkung auf die Messunsicherheit:
  2 – Bewegt sich innerhalb des festgelegten SIL-Fehlerbandes
  3 – Hat keinen Einfluss

λ_{DD} (Dangerous detected)
- Gefährlicher, aber erkennbarer Fehler
- Auswirkung auf das sicherheitsbezogene Ausgangssignal: Führt zu einem Fehlerverhalten am Ausgangssignal
- Auswirkung auf die Messunsicherheit:
  3 – Hat keinen Einfluss

λ_{DU} (Dangerous undetected)
- Gefährlicher und nicht erkennbarer Fehler
- Auswirkung auf das sicherheitsbezogene Ausgangssignal: Kann außerhalb des festgelegten Fehlerbandes liegen
- Auswirkung auf die Messunsicherheit:
  4 – Kann außerhalb des festgelegten Fehlerbandes liegen

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. → 🗎 10

4.4 Sicherheitsmessabweichung

Thermoelemente

Standard	Beschreibung (Index zur eindeutigen Identifizierung)	Min. Messspanne	Eingeschränkter Sicherheitsmessbereich	Maximale 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)	4,3 K (7,7 °F) 5,0 K (9 °F)		0,42 0,52
GOST R8.8585-2 001	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) Werte gelten für 25 °C. Für andere Werte muss die Arrhenius Gleichung angewendet werden. Das bedeutet eine Verdoppelung der Drift pro 10 °C Temperaturerhöhung.
2) Messwert über HART® übertragen.
3) Prozentangaben bezogen auf die konfigurierte Messspanne des analogen Ausgangssignals.

Widerstandssensoren

Standard	Bezeichnung	Min. Messspanne	Eingeschränkter Sicherheitsmessbereich	Maximale 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

Standard	Bezeichnung	Min. Messspanne	Eingeschränkter Sicherheitsmessbereich	Maximale Messabweichung		Langzeitdrift in °C/Jahr [1]
				Digital (+A/D), −40 … +70 °C (−40 … +158 °F) [2]	(D/A) [3]	
	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) Werte gelten für 25 °C. Für andere Werte muss die Arrhenius Gleichung angewendet werden. Das bedeutet eine Verdoppelung der Drift pro 10 °C Temperaturerhöhung.
2) Messwert über HART® übertragen.
3) Prozentangaben bezogen auf die konfigurierte Messspanne des analogen Ausgangssignals.

Diese Werte berücksichtigen keine Abweichungen, die durch EMV-Störungen verursacht werden. Bei nicht vernachlässigbaren EMV-Störungen muss zu den oben genannten Werten eine zusätzliche Abweichung von 1 % der Messspanne addiert werden.

⚠ VORSICHT

Bei Verwendung einer 2-Leiter-Widerstandsmessung – gültig ab Hardware-Version 01.00.07 (Kopftransmitter) und 01.00.05 (Hutschienengerät):

- Eine Offsetkorrektur vornehmen, um Werte des Leitungswiderstands entsprechend anzupassen.
- Ein zusätzlicher Fehler von 5 °C (9 °F) muss zu den Werten der Sicherheitsmessabweichungen addiert werden.

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

Messwertabweichung 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.

⚠ VORSICHT

Für die Ausführung im Gehäuse für die Feldmontage mit separatem Anschlussklemmenraum:

- ▶ Bei einer Messung mit einem Thermoelement ist auf die Einstellung der Referenzmessstelle zu achten. Die Einstellung interne Messung **darf nicht** gewählt werden. (Siehe auch Betriebsanleitung BA01028T)

Gültigkeit der Daten für eine Sicherheitsmessabweichung
- Gesamter zulässiger Temperaturbereich des Transmitters im SIL-Mode
- Definierter Bereich der Versorgungsspannung
- Eingeschränkter Sicherheitsmessbereich des Sensorelementes
- Genauigkeit beinhaltet alle Linearisierungs- und Rundungsfehler
- Minimale Messspanne des jeweiligen Sensors beachten.
- Gehäusetypen: Transmitter für Hutschiene und Kopftransmitter
- Werte sind 2σ Werte, d. h. 95,4 % aller Messwerte liegen innerhalb der Spezifikationen.

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 gemäß "EMCRH Electrical & Mechanical Component Reliability Handbook" Third Edition (exida.com), deren Gebrauchsdauer weniger als 50 Jahre beträgt.

Wird das Gerät allerdings bei höheren Temperaturen betrieben, kann die Gebrauchsdauer deutlich geringer sein.

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 des optionalen Aufsteck-Display 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 alle Applikationsfehler behoben werden 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. → 34

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.

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.
- Der für diese Diagnoseereignisse relevante Sensoreingang kann mit dem Parameter **Aktuelle Diagnose Kanal** oder auf dem optionalen Aufsteck-Display identifiziert werden.

5.2 Geräteparametrierung für sicherheitsbezogene Anwendungen

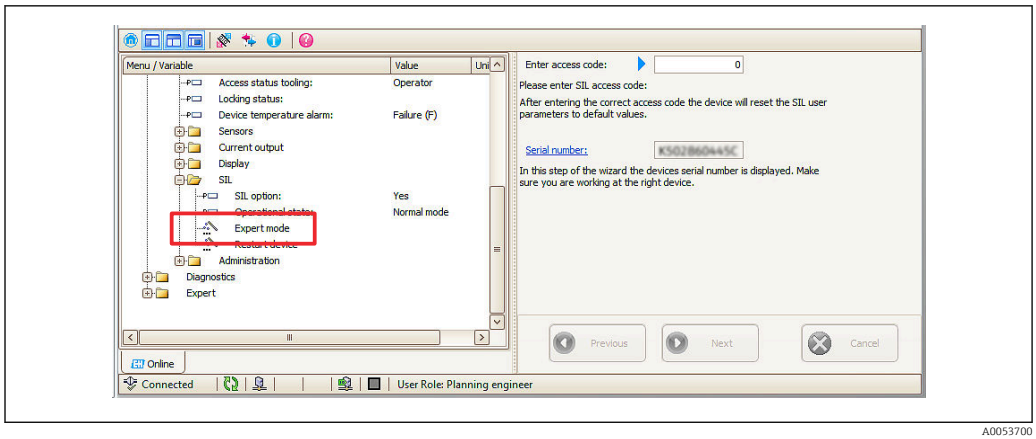
5.2.1 Methoden der Parametrierung

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, DeviceCare, 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→ 🗎 22). So können definierte oder vorkonfigurierte Einstellungen für die passende Applikation verwendet werden.



A0053700

1 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.

Mit Hilfe der Schaltfläche 'Ergebnisse als PDF speichern' können alle sicherheitsrelevanten Parameter (SRP) und deren Einstellungen lokal gespeichert und ausgedruckt werden. → 2, 20

Dazu eignet sich das 'Protokoll Inbetriebnahme- oder Wiederholungsprüfung' → 35

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

5.2.2 Verriegelung im Expertenmodus, SIL-Mode Aktivierung = SiMA

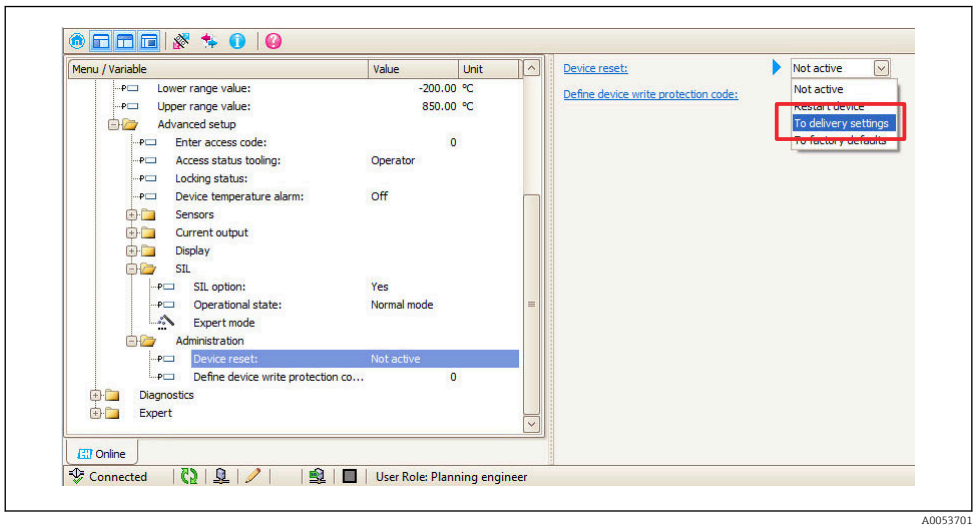
Abhängig vom verwendeten Bedientool und der ausgewählten Sprache kann die Benutzeroberfläche von den hier dargestellten Abbildungen abweichen.

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. 

A0053701

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.

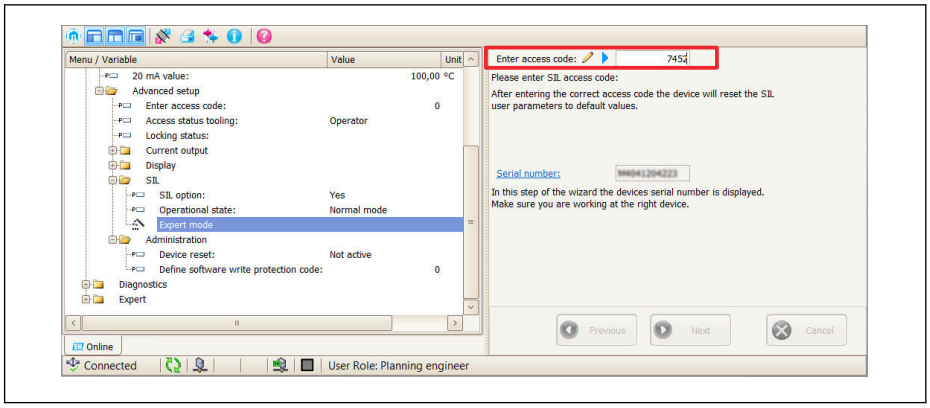
2. Bestätigung durch die Taste ENTER.

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**

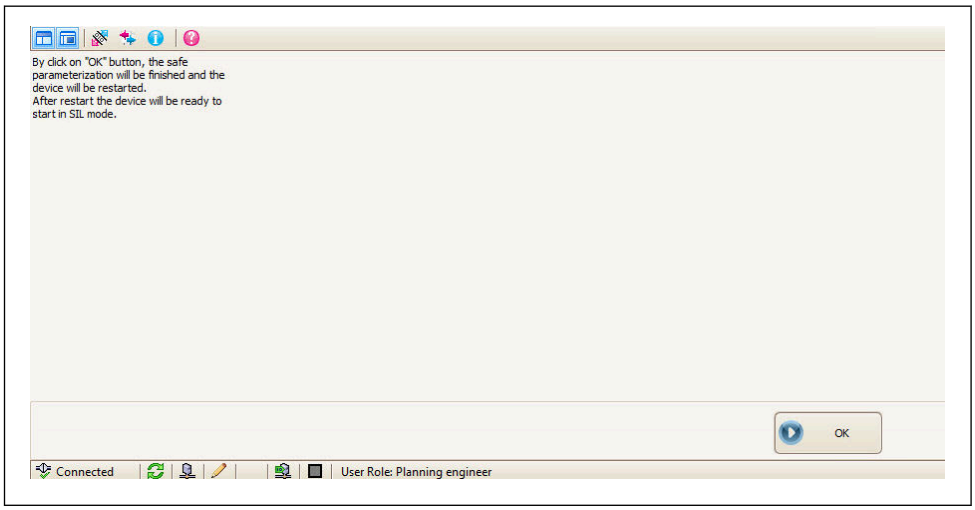


A0053702

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' (→ 22). Alle anderen sicherheitsrelevanten Parameter werden vom Gerät übernommen und gegen Manipulation geschützt.

6.



A0053703

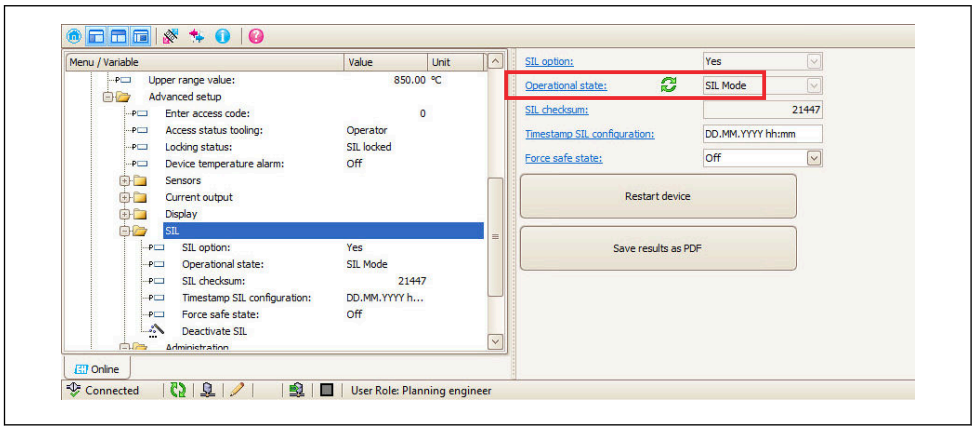
Das Gerät führt nach Betätigen der Schaltfläche OK selbstständig einen Neustart in den SIL-Mode aus.

↳ Die SIL-Mode Aktivierung im Expertenmodus ist abgeschlossen.

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

Prüfung des Betriebszustands

8.



A0053704

2 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. → 25

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-Modus aktiv)	3 → 3
Anfang Messbereich (4 mA)	3 → 6 → 3
Ende Messbereich (20 mA)	3 → 6 → 4
PV	3 → 7 → 3 → 1
Sensortyp 1	1 → 3
Sensortyp 2	1 → 8

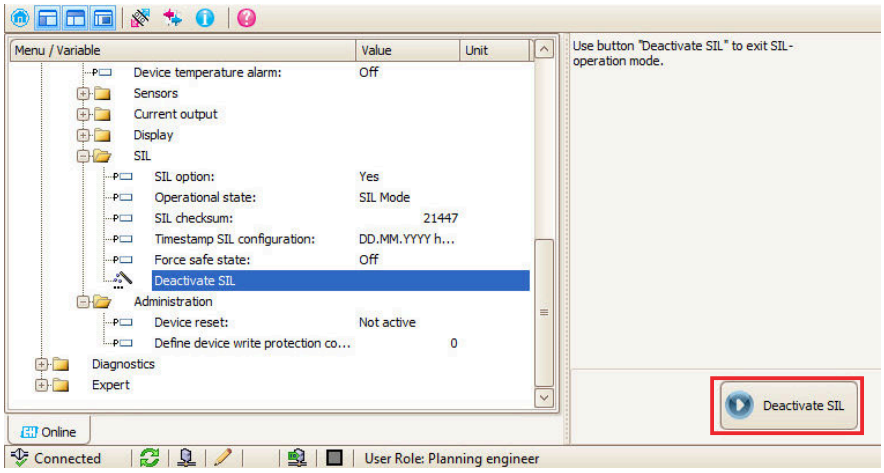
Zu prüfende Parameter	Verwendung der Funktionstastenfolge auf dem FC475 (HART7)
Anschlussart 1	1 → 4
Anschlussart 2	1 → 9
Sensor Offset 1	3 → 5 → 1 → 6
Sensor Offset 2	3 → 5 → 2 → 6
Einheit	1 → 2
Netzfrequenzfilter	3 → 4 → 4

5.2.3 Deaktivierung des SIL-Mode

Es besteht nur eine Möglichkeit, um den SIL-Mode zu deaktivieren. Eventuell vorhandener Schreibschutz des Transmitters zuvor ausschalten.

Die Vorgehensweise hierzu ist in der zugehörigen Betriebsanleitung BA01028T/09 beschrieben.

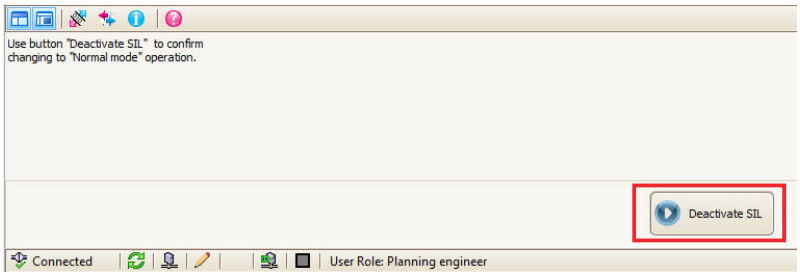
1.



A0053705

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

2.



A0053706

Die Schaltfläche **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

Fehlende Sicherheitsfunktion

- 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 (optional über Aufsteck-Display)
- Software-Schreibschutz

Detaillierte Informationen zum Geräteschreibschutz: Betriebsanleitung → 📄 8

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	
Firmwareversion	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)
Hardwarerevision	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**

Parameter und Default-Einstellungen für den Expertenmodus	
Bereichsverletzung Kategorie	Auswahl der Kategorie (Statussignal), wie das Gerät beim Verlassen des eingestellten Messbereichs reagiert. Werkseinstellung: **Wartungsbedarf (M)**
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: **High-Alarm**
HART®-Adresse	Definition der HART®-Adresse des Geräts. Werkseinstellung: **0** (Defaulteinstellung für SIL-Mode, nicht veränderbar)
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 und DTM) zuzuordnen. Werkseinstellung: **3** (fester Wert)
Messmodus	Möglichkeit zur Inversion des Ausgangssignals. Auswahl: Standard (4 … 20 mA) oder invers (20 … 4 mA). Werkseinstellung: **Standard** (Defaulteinstellung für SIL-Mode, nicht veränderbar)
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 (+1 562 °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**

Parameter und Default-Einstellungen für den Expertenmodus	
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**
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**
2-Leiter Kompensation	Einstellen des 2-Leiter-Kompensationswertes. Voraussetzung: Im Parameter **Anschlussart** muss 2-Leiter ausgewählt sein. Werkseinstellung: **0** (Defaulteinstellung für SIL-Mode, nicht veränderbar)
Sensortrimmung	Auswahl welche Linearisierungsmethode für den angeschlossenen Sensor verwendet wird. Werkseinstellung: **FactoryTrim** (Defaulteinstellung für SIL-Mode, nicht veränderbar)
Alarmverzögerung	Einstellen der Zeitdauer bis ein Alarm am Stromausgang ausgegeben wird. Werkseinstellung: **0 s** (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/Differenz Alarm Kategorie	Auswahl der Kategorie (Statussignal), wie das Gerät bei Drift-/Differenzerkennung zwischen Sensor 1 und Sensor 2 reagiert. Voraussetzung: Der Parameter **Drift/Differenzüberwachung** muss mit Auswahl **Überschreitung (Drift)** oder **Unterschreitung** aktiviert sein. Werkseinstellung: **Wartungsbedarf (M)**
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: **0 s** (Defaulteinstellung für SIL-Mode, nicht veränderbar)
Gerätetemperatur Alarm	Auswahl der Kategorie (Statussignal), wie das Gerät bei Über-/Unterschreitung der Elektroniktemperatur des Transmitters < −40 °C (−40 °F) oder > +82 °C (+180 °F) reagiert. Werkseinstellung: **Außerhalb der Spezifikation (S)**
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**

Parameter und Default-Einstellungen für den Expertenmodus	
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**
Dämpfung	Einstellen der Zeitkonstante für die Dämpfung des Stromausgangs. Werkseinstellung: **0 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)

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. → 🗎 35

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.

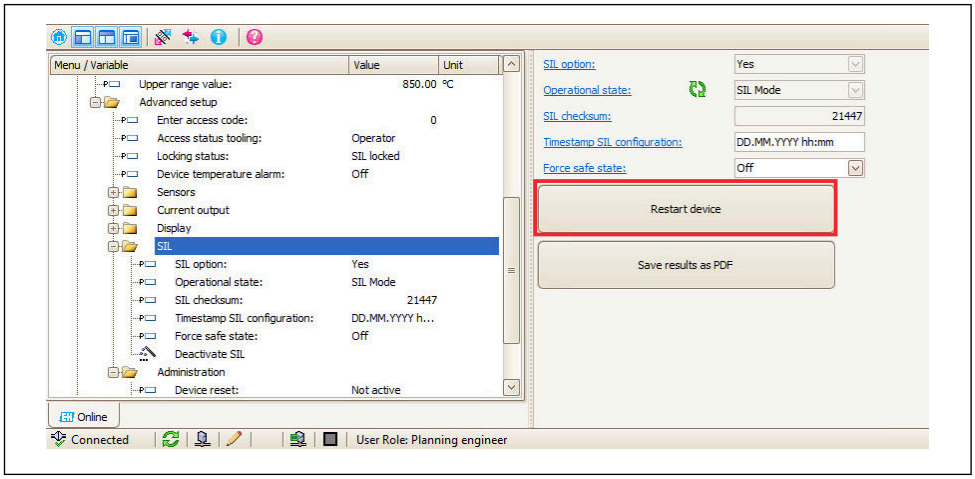
Die Prüfung des Geräts kann wie folgt durchgeführt werden:
- Prüfablauf A: Vollständige Prüfung mit HART-Bedienung
- Prüfablauf B: Vollständige Prüfung ohne HART-Bedienung (mit Aufsteck-Display)
- Prüfablauf C: Vereinfachte Prüfung mit oder ohne HART-Bedienung

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. 

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

   Überprüfung des sicheren Zustands (High- und Low-Alarm). Einen eventuellen Hardware- oder Software-Schreibschutz des Transmitters zuvor ausschalten.
   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, 28 dargestellt.

5.4.2 Prüfablauf B

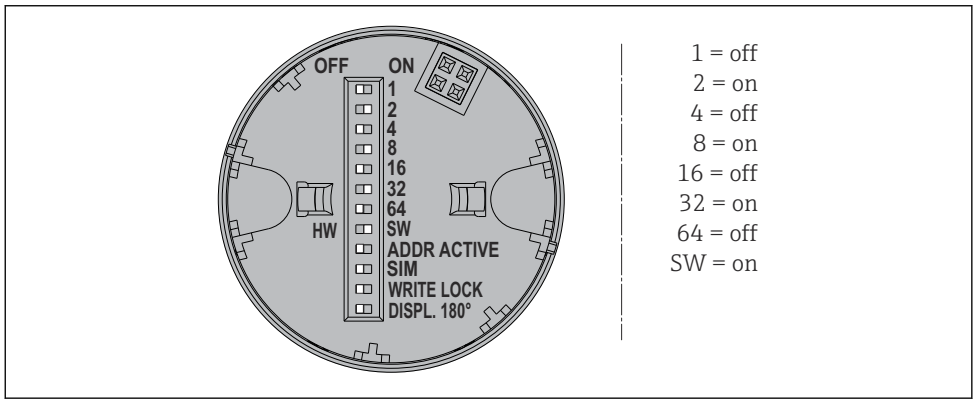
1. Zweipunktkalibrierung

   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. **HINWEIS**

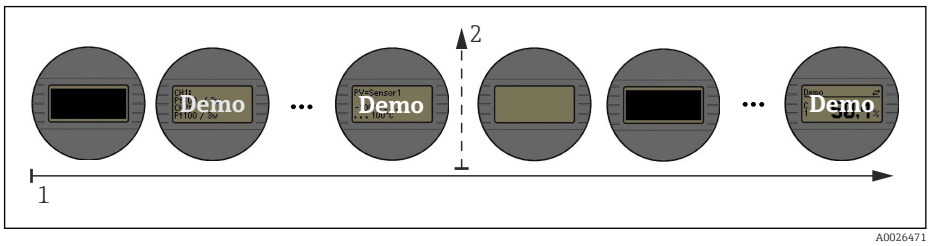
   ▶ Bleibt das Display auf dem Transmitter in der weiteren Anwendung aufgesteckt, ist die Einstellung der DIP-Schalter nach dem Prüfablauf wieder zu ändern.



4 Einstellung der DIP-Schalter am Aufsteck-Display

Die beiden Alarmzustände (High- und Low-Alarm) durch einen Neustart des Gerätes mittels Aufstecken eines Displays mit entsprechender Stellung der rückseitigen DIP-Schalter überprüfen.

↳ Mit dem Geräteneustart erscheint folgende Startsequenz am Aufsteck-Display:

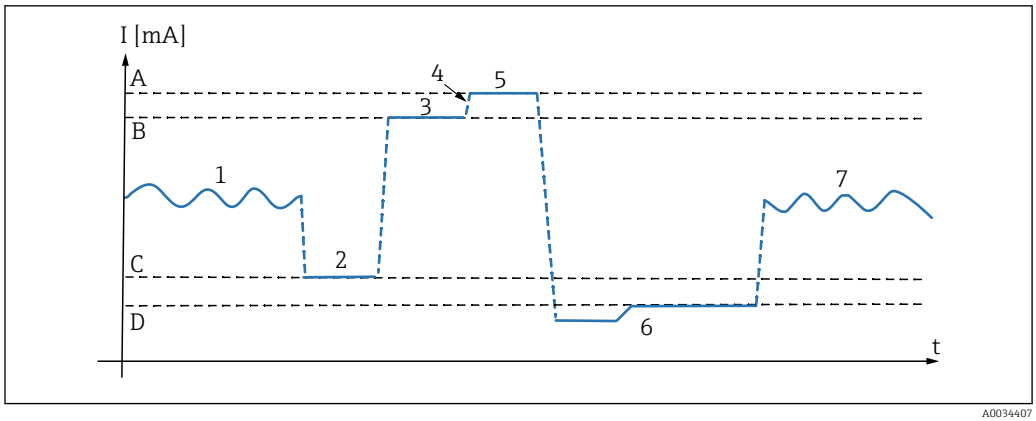


5 Startsequenz des Gerätes am Display

1 Start der Sequenz
2 Neustart des Gerätes

Die Durchführung des Neustarts kann anhand der Startsequenz am Display erkannt werden.
Es werden nacheinander die Alarmzustände: High-Alarm (≥ 21,0 mA) und Low-Alarm (≤ 3,6 mA) für jeweils länger als 4 s ausgegeben.

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, 28 dargestellt.



6 Stromverlauf während der Wiederholungsprüfung A und B

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

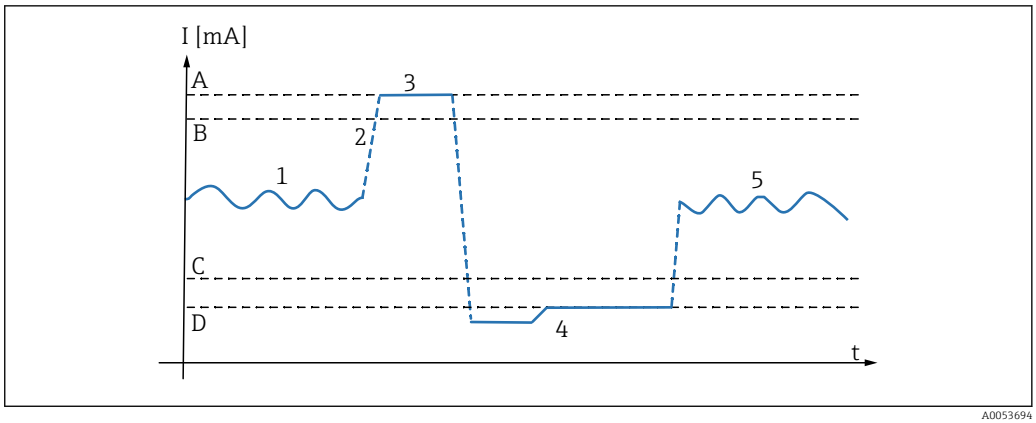
5.4.3 Prüfablauf C

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 Aufsteck-Display überprüfen. Alternativ kann der Neustart auch über die entsprechende Funktion im verwendeten Bedientool oder mittels HART-Kommando 42 überprüft werden (hierfür einen evtl. Geräteschreibschutz entfernen). → 📄 26 oder → 📄 27
   ↳ 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 der obigen Grafik dargestellt. Die Punkte 2 und 3 entfallen. → 🖼 6, 📄 28

ℹ Der Neustart darf nicht über Power down erfolgen.

Durch diese Prüfung werden 58% der gefährlichen unerkannten Ausfälle aufgedeckt (Diagnose-Deckungsgrad der Wiederholungsprüfung, PTC = 0,58). **Der Prüfablauf C ist für eine Inbetriebnahmeprüfung nicht zulässig.**



7 *Stromverlauf während der Wiederholungsprüfung C*

A High-Alarm (≥ 21,0 mA)
B 20 mA
C 4 mA
D Low-Alarm (≤ 3,6 mA)
1 Messbetrieb
2 Neustart des Gerätes (via HART oder Aufsteck-Display)
3 High-Alarm (≥ 21,0 mA)
4 Low-Alarm (≤ 3,6 mA)
5 Messbetrieb

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. → 🗎 8

6.3 Inbetriebnahme

Die Inbetriebnahme des Gerätes ist in der zugehörigen Betriebsanleitung beschrieben. → 🗎 8 Vor dem Betrieb in einer Sicherheitseinrichtung ist eine Inbetriebnahmeprüfung durchzuführen. → 🗎 25

6.4 Bedienung

Die Bedienung des Gerätes ist in der zugehörigen Betriebsanleitung beschrieben. → 🗎 8

6.5 Wartung

Wartungshinweise und Hinweise zur Nachkalibrierung sind der zugehörigen Betriebsanleitung zu entnehmen. → 🗎 8

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	
Anschlussklemmen und Fixierschieber für Hutschienengerät	

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. → 📄 8

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.

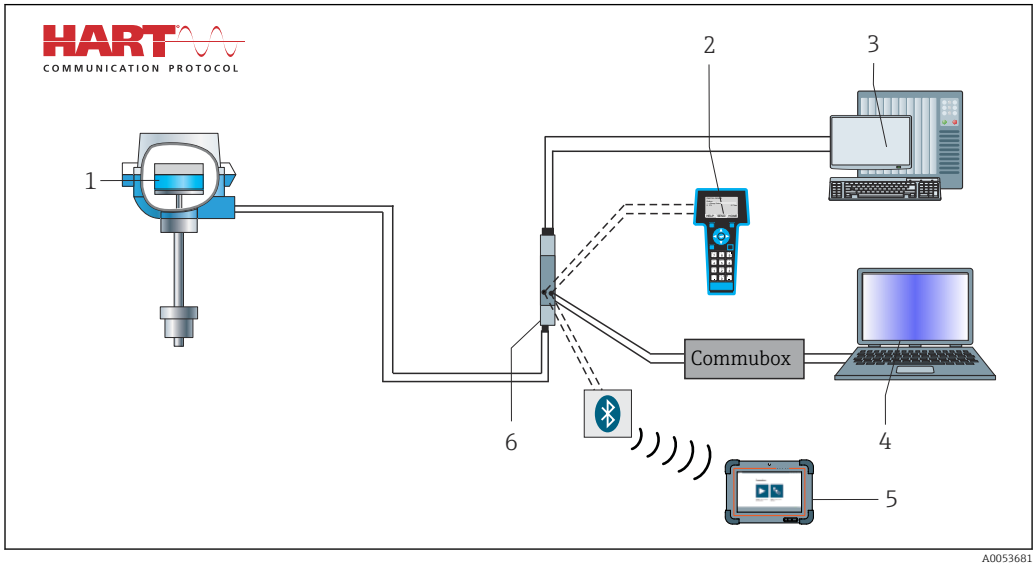
6.8 Außerbetriebnahme

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.



8 *HART®-Anschluss mit Gerät der RN Series Produktfamilie von Endress+Hauser, inklusive eingebautem Kommunikationswiderstand*

1 *Temperaturtransmitter*
2 *HART® Handheld Kommunikator*
3 *SPS/PLS*
4 *Konfigurationssoftware, z. B. FieldCare*
5 *Konfiguration via SMT70*
6 *Gerät der RN Series*

Im Messumformer wird ein dem jeweiligen Sensorwert proportionales, analoges Signal (4 ... 20 mA) erzeugt, das einer nachgeschalteten Logikeinheit (z.B. SPS, 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 optional aufsteckbare 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

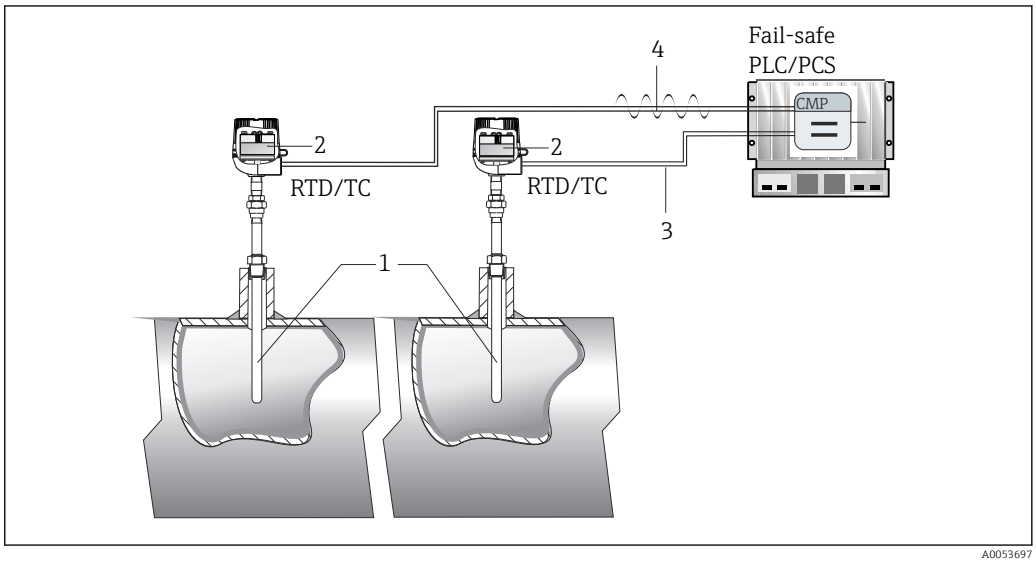
Es können zwei Sensoren am Transmitter angeschlossen und folgende, sichere Funktionen betrieben werden:

- 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-Modus 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. Empfehlung: Parameter "Drift/Differenz Alarmverzögerung" auf 5 s setzen.

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. → 9, 33



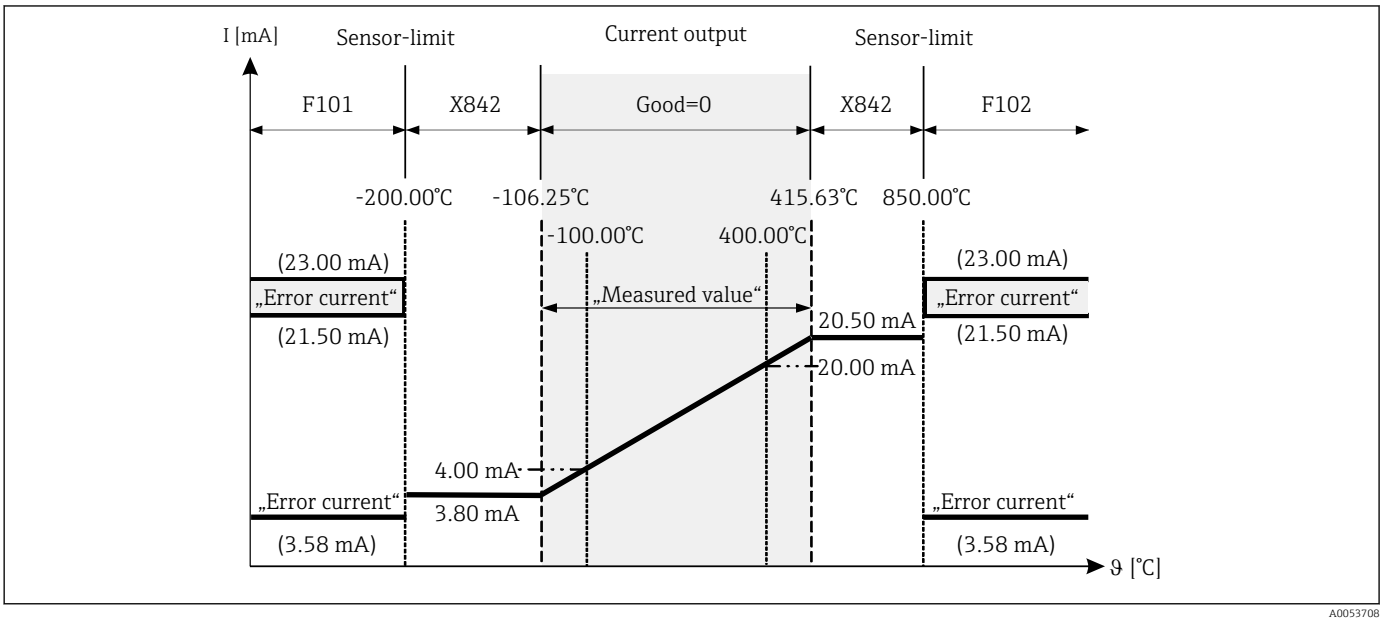
9 Beispiel mit Stromausgang am ersten Transmitter sowie Stromausgang und HART® Kommunikation am zweiten Transmitter. SPS/PLS-Voting der beiden Sensorwerte: SIL 3

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

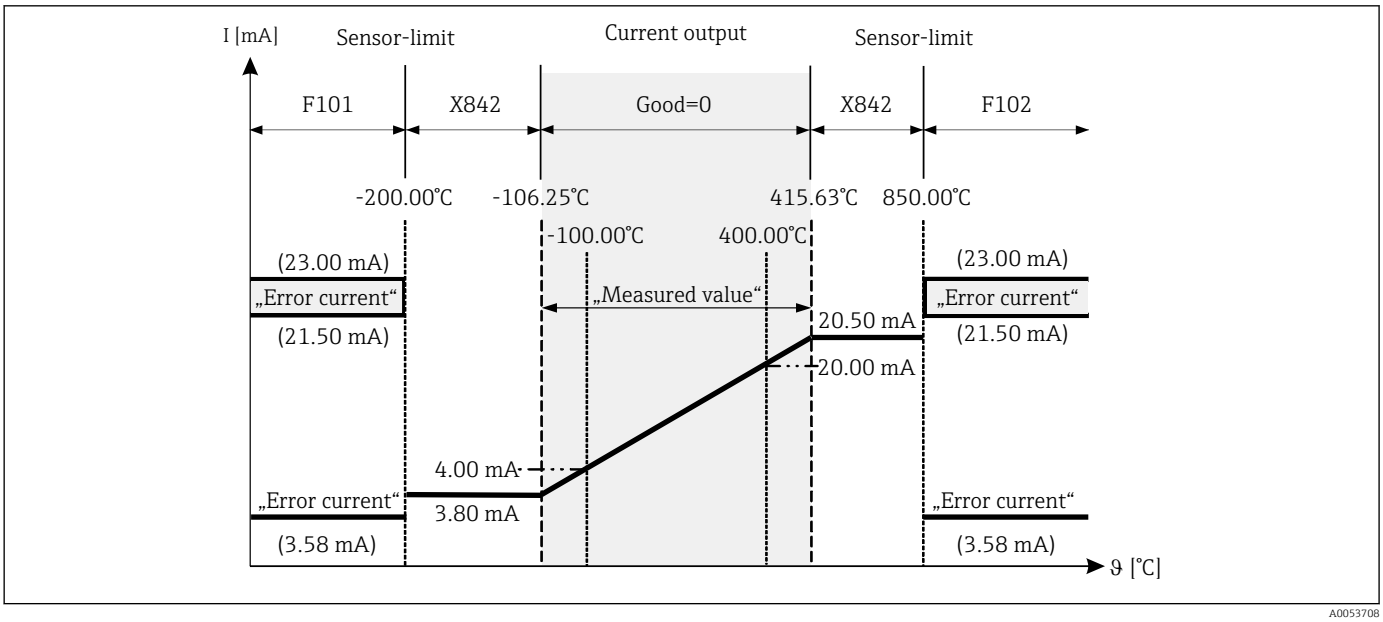
7.1.2 Geräteverhalten bei Bereichsverletzung Kategorie (F, S, M)

Die Sicherheitsfunktion dient zur Überwachung des Messwertes. Im SIL-Mode wird bei einer Messung außerhalb eines benutzerdefinierten Messbereichs (4 ... 20 mA) ein Fehler- oder ein Sättigungsstrom in Abhängigkeit der Einstellung des Parameters "Bereichsverletzung Kategorie" (F, S, M) ausgegeben.

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



10 *Kategorie der Bereichsverletzung = Außerhalb Spezifikation (X=S) oder Wartungsbedarf (X=M)*



11 *Kategorie der Bereichsverletzung = Ausfall (F)*

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
☐ Sichere Messung

Inbetriebnahmeprüfung
☐ Geräteparametrierung via SIL-Modus 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 ☐ Nicht relevant
2. Abgleich Messende Sensor 1			☐ Bestanden ☐ Nicht bestanden ☐ Nicht relevant
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 Aufsteck-Display			☐ Bestanden ☐ Nicht bestanden ☐ Nicht relevant

Protokoll Inbetriebnahmeprüfung			
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. Zwei-Kanalfunktion Sensor-drift			☐ Bestanden ☐ Nicht bestanden ☐ Nicht relevant
6. Zwei-Kanalfunktion Backup			☐ Bestanden ☐ Nicht bestanden ☐ Nicht relevant
7. Kanalzuordnung Stromausgang			☐ Bestanden ☐ Nicht bestanden

Protokoll Inbetriebnahmeprüfung			
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 Aufsteck-Display			☐ Bestanden ☐ Nicht bestanden ☐ Nicht relevant

Bemerkung:

7.2.1 Parameter-Einstellungen für den SIL-Modus

Parametername	Werkseinstellung	Eingestellter Wert	Geprüft
Freigabecode eingeben	0		
Anfang Messbereich (4 mA)	0		
Ende Messbereich (20 mA)	100		
Fehlerstrom	22,5 mA		
Fehlerverhalten	High-Alarm		
Bereichsverletzung Kategorie	Werkseinstellung: Wartungsbedarf (M)		
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		
Drift/Differenzüberwachung	Aus		
Drift/Differenz Alarm Kategorie	Wartungsbedarf (M)		
Drift/Differenz Alarmverzögerung	0 s		
Drift/Differenzgrenzwert	999		
Gerätetemperatur Alarm	Außerhalb der Spezifikation (S)		

Parametername	Werkseinstellung	Eingestellter Wert	Geprüft
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

Transmitter

λ_{du}	λ_{dd}	λ_{su}	λ_{sd}	SFF	PFD_{avg}
40 FIT	258 FIT	129 FIT	4 FIT	91%	$1.8 \cdot 10^{-4}$

		low stress		high stress		low stress		high stress	
		closed coupled				extention wire			
		Sensor	Sensor + Field Transmitter	Sensor	Sensor + Field Transmitter	Sensor	Sensor + Field Transmitter	Sensor	Sensor + Field Transmitter
Thermocouple	λ_{du}	6 FIT	46 FIT	119 FIT	159 FIT	109 FIT	149 FIT	2180 FIT	2220 FIT
	λ_{dd}	94 FIT	352 FIT	1881 FIT	2139 FIT	891 FIT	1149 FIT	17820 FIT	18078 FIT
	λ_{su}	0 FIT	129 FIT	0 FIT	129 FIT	0 FIT	129 FIT	0 FIT	129 FIT
	λ_{sd}	0 FIT	4 FIT	0 FIT	4 FIT	0 FIT	4 FIT	0 FIT	4 FIT
	SFF	94%	94% / 91%	94%	94% / 91%	89%	89% / 91%	89%	89% / 91%
	PFD_{avg}		$2.0 \cdot 10^{-4}$		$7.0 \cdot 10^{-4}$		$6.5 \cdot 10^{-4}$		$9.7 \cdot 10^{-3}$
RTD 2/3 wire	λ_{du}	9 FIT	49 FIT	181 FIT	221 FIT	99 FIT	139 FIT	1976 FIT	2016 FIT
	λ_{dd}	39 FIT	297 FIT	779 FIT	1037 FIT	376 FIT	634 FIT	7524 FIT	7782 FIT
	λ_{su}	0 FIT	129 FIT	0 FIT	129 FIT	0 FIT	129 FIT	0 FIT	129 FIT
	λ_{sd}	0 FIT	4 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT	4 FIT
	SFF	81%	81% / 91%	81%	81% / 91%	79%	79% / 91%	79%	79% / 91%
	PFD_{avg}		$2.1 \cdot 10^{-4}$		$9.7 \cdot 10^{-4}$		$6.1 \cdot 10^{-4}$		$8.8 \cdot 10^{-3}$
RTD 4 wire	λ_{du}	6 FIT	46 FIT	129 FIT	169 FIT	74 FIT	114 FIT	1486 FIT	1526 FIT
	λ_{dd}	44 FIT	302 FIT	871 FIT	1129 FIT	426 FIT	684 FIT	8514 FIT	8772 FIT
	λ_{su}	0 FIT	129 FIT	0 FIT	129 FIT	0 FIT	129 FIT	0 FIT	129 FIT
	λ_{sd}	0 FIT	4 FIT	0 FIT	4 FIT	0 FIT	4 FIT	0 FIT	4 FIT
	SFF	87%	87% / 91%	87%	87% / 91%	85%	85% / 91%	85%	85% / 91%
	PFD_{avg}		$2.0 \cdot 10^{-4}$		$7.4 \cdot 10^{-4}$		$5.0 \cdot 10^{-4}$		$6.7 \cdot 10^{-3}$

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

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

PFD_{avg}

- $< 2.5 \cdot 10^{-3}$
- $> 2.5 \cdot 10^{-3}$
- $> 1 \cdot 10^{-2}$

A0054243

Zweikanal-Betrieb

	λ_{du}	λ_{dd}	λ_{su}	λ_{sd}	SFF	PFD_{avg}
Transmitter	40 FIT	258 FIT	129 FIT	4 FIT	91%	$1.8 \cdot 10^{-4}$

		low stress		high stress		low stress		high stress	
		closed coupled				extention wire			
		Sensor	Sensor + Transmitter	Sensor	Sensor + Transmitter	Sensor	Sensor + Transmitter	Sensor	Sensor + Transmitter
2 x Thermo-couple	λ_{du}	11 FIT	51 FIT	70 FIT	110 FIT	158 FIT	198 FIT	3160 FIT	3200 FIT
	λ_{dd}	189 FIT	447 FIT	3786 FIT	4044 FIT	1842 FIT	2100 FIT	36840 FIT	37098 FIT
	λ_{su}	0 FIT	129 FIT	0 FIT	129 FIT	0 FIT	129 FIT	0 FIT	129 FIT
	λ_{sd}	0 FIT	4 FIT	0 FIT	4 FIT	0 FIT	4 FIT	0 FIT	4 FIT
	SFF	95%	95% / 91%	98%	98% / 91%	92%	92% / 91%	92%	92% / 91%
	PFD_{avg}		$2.2 \cdot 10^{-4}$		$4.8 \cdot 10^{-4}$		$8.7 \cdot 10^{-4}$		$1.4 \cdot 10^{-2}$
2 x RTD 2/3-wire	λ_{du}	8 FIT	48 FIT	154 FIT	194 FIT	84 FIT	124 FIT	1672 FIT	1712 FIT
	λ_{dd}	88 FIT	346 FIT	1662 FIT	2024 FIT	866 FIT	1124 FIT	17328 FIT	17586 FIT
	λ_{su}	0 FIT	129 FIT	0 FIT	129 FIT	0 FIT	129 FIT	0 FIT	129 FIT
	λ_{sd}	0 FIT	4 FIT	0 FIT	4 FIT	0 FIT	4 FIT	0 FIT	4 FIT
	SFF	92%	92% / 91%	92%	92% / 91%	91%	91% / 91%	91%	91% / 91%
	PFD_{avg}		$2.1 \cdot 10^{-4}$		$8.5 \cdot 10^{-4}$		$5.4 \cdot 10^{-4}$		$7.5 \cdot 10^{-3}$
RTD 2/3-wire + TC	λ_{du}	9 FIT	49 FIT	184 FIT	224 FIT	121 FIT	161 FIT	2416 FIT	2456 FIT
	λ_{dd}	139 FIT	397 FIT	2776 FIT	3034 FIT	1354 FIT	1612 FIT	27084 FIT	27342 FIT
	λ_{su}	0 FIT	129 FIT	0 FIT	129 FIT	0 FIT	129 FIT	0 FIT	129 FIT
	λ_{sd}	0 FIT	4 FIT	0 FIT	4 FIT	0 FIT	4 FIT	0 FIT	4 FIT
	SFF	94%	94% / 91%	94%	94% / 91%	92%	92% / 91%	92%	92% / 91%
	PFD_{avg}		$2.2 \cdot 10^{-4}$		$9.8 \cdot 10^{-4}$		$7.0 \cdot 10^{-4}$		$1.1 \cdot 10^{-2}$

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

PFD_{avg}

- < $2.5 \cdot 10^{-3}$
- > $2.5 \cdot 10^{-3}$
- > $1 \cdot 10^{-2}$

A0053692

- 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 bei 2-Kanal-Betrieb: 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	Änderungen	Gültig ab Firmware-Version	Gültig ab Hardware-Version	Bezug zur NE53 Kundeninformation
SD01172T/09/DE/02.14	Erstversion	01.01.00	01.00.00	-
SD01172T/09/DE/03.15	Überarbeitete Version	01.01.08	01.00.00	-

Version	Änderungen	Gültig ab Firmware-Version	Gültig ab Hardware-Version	Bezug zur NE53 Kundeninformation
SD01172T/09/DE/04.17	Neue Methode zur Geräteparametrierung: SIL-Modus Aktivierung = SiMA	01.01.10	01.00.00	-
SD01172T/09/DE/05.19	Geräterevision 3	01.02.00	01.00.00	MI01444T/09/DE/01.19
SD01172T/09/DE/06.21	Neues Gehäuse für die Feldmontage erhältlich	01.02.00	01.00.00	-
SD01172T/09/DE/07.23	-	01.02.12	01.00.00	-

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

71639679

www.addresses.endress.com

Endress+Hauser

People for Process Automation