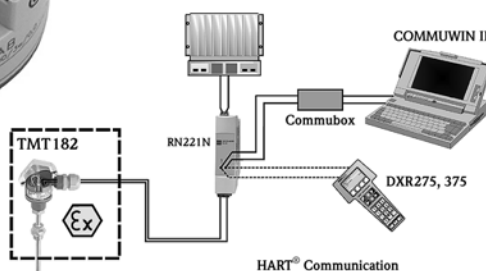




Handbuch zur funktionalen Sicherheit

# iTEMP<sup>®</sup> HART<sup>®</sup> TMT182 mit 4...20 mA Ausgangssignal

Temperaturkopft transmitter



## Anwendungsbereich

Temperaturmessungen (z.B. für den Einsatz in einer sicherheitsrelevanten Schutzfunktion gegen Temperaturüberschreitung bzw. -unterschreitung), welche die besonderen Anforderungen der Sicherheitstechnik nach IEC 61508/ IEC 61511-1 erfüllen.

Die Messeinrichtung erfüllt die Anforderungen

- an funktionale Sicherheit gemäß IEC 61508-1999
- an Explosionsschutz (je nach Version)
- an elektromagnetische Verträglichkeit nach IEC 61326 und NAMUR-Empfehlung NE 21.

## Ihre Vorteile

- Einsatz für Grenztemperaturüberwachung bis SIL 2, unabhängig bewertet (Functional Assessment) durch exida.com nach IEC 61508-1999
- Kontinuierliche Messung
- Einfache Inbetriebnahme

# Inhaltsverzeichnis

<b>SIL Konformitätserklärung</b> .....	<b>3</b>
<b>Allgemeines</b> .....	<b>4</b>
Abkürzungen, Normen und Begriffe .....	4
Bestimmung des Safety Integrity Level (SIL) .....	4
<b>Sicherheitsfunktion mit TMT182</b> .....	<b>5</b>
Sicherheitsfunktion zur Grenztemperaturüberwachung .....	5
Angaben für die Sicherheitsfunktion .....	6
Geräteversion .....	6
Mitgelte Gerätedokumentationen TMT182 .....	6
<b>Inbetriebnahme und wiederkehrende Prüfungen</b> ....	<b>7</b>
Verwendung des Gerätes für kontinuierliche Messungen .....	7
<b>Vorschlag für die Vorgehensweise bei der wiederkehrenden Prüfung</b> .....	<b>7</b>
Benötigte Hilfsmittel für die wiederkehrende Prüfung .....	7
Prüfschritte .....	7
Fehlerklassifizierung .....	7
Auswertung .....	7
<b>Einstellungen</b> .....	<b>7</b>
Einstellungen .....	7
<b>Sicherheitstechnische Kenngrößen</b> .....	<b>8</b>
Spezifische sicherheitstechnische Kenngrößen für TMT182 .....	8
PFDAVG in Abhängigkeit vom gewählten Wartungsintervall .....	8
<b>Reparatur</b> .....	<b>8</b>
Reparatur .....	8
<b>Exida.com management summary</b> .....	<b>9</b>
<b>Anhang</b>	
<b>Erklärung zur Kontamination und Reinigung</b> .....	<b>15</b>

## SIL Konformitätserklärung

### Funktionale Sicherheit eines Temperaturtransmitters nach IEC 61508/IEC61511

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

erklärt als Hersteller, dass der Temperaturtransmitter

#### iTEMP® HART® TMT 182

für den Einsatz in einer sicherheitsrelevanten Schutzfunktion entsprechend der IEC 61511-1 geeignet ist, wenn zugehörige Sicherheitshinweise beachtet werden.

Die FMEDA ergibt folgende Parameter:

SIL	2		
Prüfintervall	1 Jahr		
Gerätetyp	B		
HFT <sup>1)</sup>	0 (einkanalige Verwendung)		
SFF	> 73 %		
PFD <sub>AVG</sub> <sup>2)</sup>	4,69x10 <sup>-4</sup>		
MTBF <sup>3)</sup>	263 Jahre		
Sicherheitsfunktion <sup>4)</sup> Überwachung	min	max	Bereich
$\lambda_{sd}$	26 FIT	101 FIT	117 FIT
$\lambda_{su}$	165 FIT	165 FIT	165 FIT
$\lambda_{dd}$	108 FIT	33 FIT	17 FIT
$\lambda_{du}$	107 FIT	107 FIT	107 FIT

<sup>1)</sup> gemäss Kapitel 11.4.4 der IEC 61511-1

<sup>2)</sup> der Wert ist nach ISA S84.01 und IEC 61511-1 innerhalb des für SIL2 definierten Bereichs

<sup>3)</sup> gemäss Siemens SN29500

<sup>4)</sup> unter Annahme der Einstellung 4 bis 20 mA

Im Rahmen des Nachweises der Betriebsbewährtheit wurde das Gerät einschließlich des Änderungswesens beurteilt.

Nesselwang, 30. Juli 2003

Endress+Hauser Wetzler GmbH+Co. KG



Geschäftsführer

## Allgemeines

### Abkürzungen, Normen und Begriffe

#### Abkürzungen

Erläuterungen der verwendeten Abkürzungen finden Sie in unserer SIL-Broschüre (SI002Z/11).

#### Relevante Normen

Norm	Englisch	Deutsch
IEC 61508, Teil 1 – 7	Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems (Target group: Manufacturers and Suppliers of Devices)	Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme (Zielgruppe: Hersteller und Lieferanten von Geräten)
IEC 61511, Teil 1– 3 (FDIS)	Functional safety – Safety Instrumented Systems for the process industry sector (Target group: Safety Instrumented Systems Designers, Integrators and Users)	Funktionale Sicherheit – Sicherheitstechnische Systeme für die Prozessindustrie (Zielgruppe: Planer, Errichter und Nutzer)

#### Begriffe

Begriff	Erklärung
gefährbringender Ausfall	Ausfall mit dem Potenzial, das sicherheitsbezogene System in einen gefährlichen oder funktionsunfähigen Zustand zu versetzen.
sicherheitsbezogenes System	Ein sicherheitsbezogenes System führt die Sicherheitsfunktionen aus, die erforderlich sind, um einen sicheren Zustand z.B. in einer Anlage zu erreichen oder aufrechtzuerhalten. Beispiel: Temperaturmessgerät – Logikeinheit (z.B. Grenzsinalgeber) – Ventil bilden ein sicherheitsbezogenes System.
Sicherheitsfunktion	Definierte Funktion, die von einem sicherheitsbezogenen System ausgeführt wird, mit dem Ziel, unter Berücksichtigung eines festgelegten gefährlichen Vorfalles, einen sicheren Zustand für die Anlage zu erreichen oder aufrechtzuerhalten. Beispiel: Grenztemperaturüberwachung

### Bestimmung des Safety Integrity Level (SIL)

Der erreichbare Safety Integrity Level wird durch folgende sicherheitstechnischen Kenngrößen bestimmt:

- mittlere Wahrscheinlichkeit gefährbringender Ausfälle einer Sicherheitsfunktion im Anforderungsfall ( $PF_{AVG}$ )
- Hardware Fehlertoleranz (HFT) und
- Anteil ungefährlicher Ausfälle (SFF).

Die spezifischen sicherheitstechnischen Kenngrößen für den TMT182, als Teil der Sicherheitsfunktion, sind im Kapitel "Sicherheitstechnische Kenngrößen" aufgeführt.

Die folgende Tabelle zeigt die Abhängigkeit des "Safety Integrity Level" (SIL) von der "mittleren Wahrscheinlichkeit gefährbringender Ausfälle einer Sicherheitsfunktion des gesamten sicherheitsbezogenen Systems" ( $PF_{AVG}$ ). Dabei wird der "Low demand mode" betrachtet, d.h. die Anforderungsrate an das sicherheitsbezogene System ist maximal einmal im Jahr.

Safety Integrity Level (SIL)	$PF_{AVG}$ (Low demand mode)
4	$\geq 10^{-5} \dots < 10^{-4}$
3	$\geq 10^{-4} \dots < 10^{-3}$
2	$\geq 10^{-3} \dots < 10^{-2}$
1	$\geq 10^{-2} \dots < 10^{-1}$

Sensor, Logikeinheit und Aktor bilden zusammen ein sicherheitsbezogenes System, das eine Sicherheitsfunktion ausführt. Die "mittlere Wahrscheinlichkeit gefährbringender Ausfälle des gesamten sicherheitsbezogenen Systems" ( $PF_{AVG}$ ) teilt sich auf die Teilsysteme Sensor, Logikeinheit und Aktor üblicherweise gemäß Abbildung 1 auf.

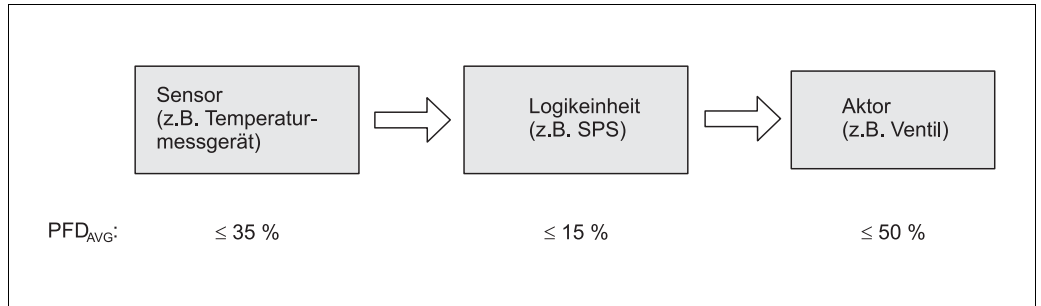


Abb. 1: Übliche Aufteilung der "mittleren Wahrscheinlichkeit gefährdender Ausfälle einer Sicherheitsfunktion im Anforderungsfall" ( $PFD_{AVG}$ ) auf die Teilsysteme



**Hinweis!**

Diese Dokumentation behandelt den TMT182 als Teil einer Sicherheitsfunktion.

**Safety Integrity Level TMT182 (Typ B)**

Die folgende Tabelle zeigt den erreichbaren "Safety Integrity Level" (SIL) des gesamten sicherheitsbezogenen Systems für Systeme vom Typ B abhängig vom "Anteil ungefährlicher Ausfälle" (SFF) und der "Hardware Fehlertoleranz" (HFT). Systeme vom Typ B sind z.B. Sensoren mit komplexen Komponenten wie z.B. ASICs (→ siehe auch IEC 61508, Teil 2).

Anteil ungefährlicher Ausfälle (SFF)	Hardware Fehlertoleranz (HFT)		
	0	1 (0) <sup>1</sup>	2 (1) <sup>1</sup>
< 60 %	nicht erlaubt	SIL 1	SIL 2
60...< 90 %	SIL 1	<b>SIL 2</b>	SIL 3
90...< 99 %	SIL 2	SIL 3	–
≥ 99 %	SIL 3	–	–

- 1) Nach IEC 61511-1, Abschnitt 11.4.3 kann bei Sensoren und Aktoren mit komplexen Komponenten die "Hardware Fehlertoleranz" (HFT) um eins reduziert werden (Werte in Klammern), wenn für das Gerät folgende Bedingungen zutreffen:
- Das Gerät ist betriebsbewährt.
  - Der Anwender kann nur prozessbezogene Parameter konfigurieren, z.B. Messbereich, Signalrichtung im Fehlerfall usw.
  - Die Konfigurationsebene des Gerätes ist geschützt, z.B. über eine Brücke oder ein Passwort (hier: Zahlencode)
  - Die Funktion hat einen geforderten "Safety integrity Level" (SIL) von weniger als 4.
- Alle Bedingungen treffen für den iTEMP® HART® TMT182

**Sicherheitsfunktion mit TMT182**

Sicherheitsfunktion zur Grenztemperaturüberwachung

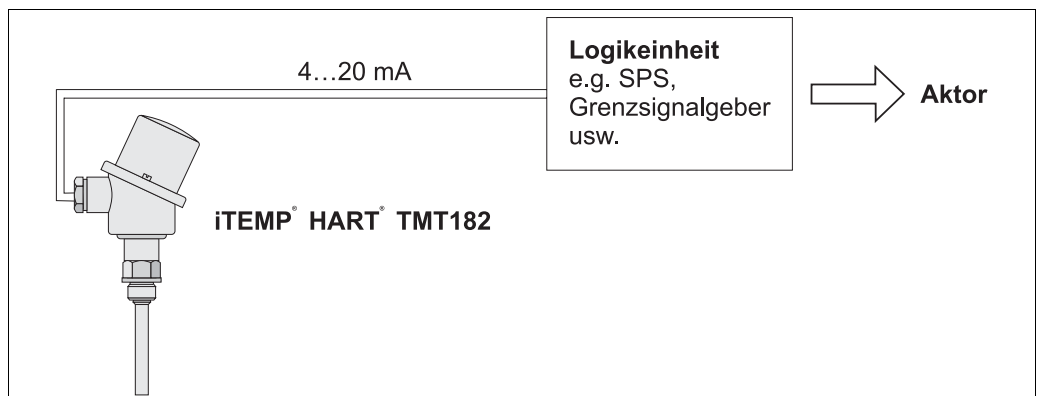


Abb. 2: Sicherheitsfunktion (z.B. zur Grenztemperaturüberwachung) mit TMT182 als Teilsystem

Der Messumformer TMT182 erzeugt ein der Temperatur proportionales analoges Signal (4...20 mA). Das analoge Signal wird einer nachgeschalteten Logikeinheit wie z.B. einer SPS oder Grenzsinalgeber zugeführt und dort auf das Überschreiten eines maximalen Wertes überwacht. Zur Störungsüberwachung muss die Logikeinheit sowohl HI-Alarme  $\geq 21,6$  mA als auch LO-Alarme  $\leq 3,6$  mA erkennen können.

### Angaben für die Sicherheitsfunktion



#### Achtung!

Angaben für die Sicherheitsfunktionen sind im Kapitel "Sicherheitstechnische Kenngrößen" aufgeführt.



#### Hinweis!

MTTR wird mit 8 Stunden angesetzt.

Sicherheitsbezogene Systeme ohne selbstverriegelnde Funktion müssen nach Ausführung der Sicherheitsfunktion innerhalb MTTR in einen überwachten oder anderweitig sicheren Zustand gebracht werden.

### Geräteversion

SIL ab Geräteversion 1.02.08 bis 01.02.11

### Mitgeltende Gerätedokumentationen TMT182

Für den Temperaturtransmitter iTEMP® HART® TMT182 müssen je nach Ausführung folgende Dokumentationen vorhanden sein:

Zündschutzart/Zertifikat	Betriebsanleitung	weitere Ex-Dokumentation
keine	KA142R	keine
ATEX II 1G EEx ia IIC T4/T5/T6	KA142R	Sicherheitshinweise XA006R
ATEX II 3G EEx nA IIC T4/T5/T6	KA142R	Sicherheitshinweise XA011R
ATEX II 3D	KA142R	Sicherheitshinweise XA027R

Zündschutzart/Zertifikat	Betriebsanleitung	Control Drawings FM	Control Drawings CSA
keine	KA142R	keine	keine
FM IS I/1+2/A-D CSA IS I/1+2/A-D	KA142R KA142R	14 06 00 111	14 06 00 112



#### Achtung!

- Die Installations- und Einstellhinweise sowie die technischen Grenzwerte sind gemäß der Betriebsanleitung (KA142R und BA139R) zu beachten.
- Für Geräte, die im explosionsgefährdeten Bereich eingesetzt werden, sind zusätzlich die entsprechenden Sicherheitshinweise (XA) bzw. Control Drawings gemäß den obigen Tabellen zu beachten.

#### Zusätzliche Dokumentation iTEMP® HART® TMT182

Für weitere Informationen siehe Technische Information TI078R.

## Inbetriebnahme und wiederkehrende Prüfungen

### Verwendung des Gerätes für kontinuierliche Messungen

Die Funktionsfähigkeit der Sicherheitseinrichtung ist in angemessenen Zeitabständen zu prüfen. Es liegt in der Verantwortung des Betreibers, die Art der Überprüfung und die Zeitabstände im genannten Zeitraum zu wählen. Die Prüfung ist so durchzuführen, dass die einwandfreie Funktion der Sicherheitseinrichtung im Zusammenwirken aller Komponenten nachgewiesen wird.

## Vorschlag für die Vorgehensweise bei der wiederkehrenden Prüfung

### Benötigte Hilfsmittel für die wiederkehrende Prüfung

Amperemeter, Drahtbrücke

### Prüfschritte

1. Zwei Punkte innerhalb des eingestellten Messbereiches einstellen, entweder mit Widerstandsdekade oder einem angeschlossenen Sensor mit ausreichend genauen Referenzbedingungen. Ausgangsströme messen.
2. Sensor vom Eingang abklemmen, Eingang offen. Ausgangsstrom messen.
3. Nur bei Verwendung mit RTD: Eingang mit Drahtbrücke kurzschließen. Ausgangsstrom messen.

### Fehlerklassifizierung

Folgende Tabelle dient zur Beurteilung der Prüfergebnisse der Prüfschritte 1–3. Sobald einer der Prüfschritte das Ergebnis "gefährlich" liefert, ist das Gerät gefährlich ausgefallen und die restlichen Prüfschritte können entfallen.

Prüfschritt	Prüfergebnis Ausgangsstrom	Klassifizierung
1	Fehlerstrom	sicher
1	Ausgangsstrom entspricht den angelegten Werten (in Grenzen der Spezifikation siehe Technische Information)	Normale Funktion
1	Ausgangsstrom entspricht nicht den angelegten Werten	gefährlich
2	Fehlerstrom	sicher
2	Nicht Fehlerstrom	gefährlich
3 (nur RTD)	Fehlerstrom	sicher
3 (nur RTD)	Nicht Fehlerstrom	gefährlich

### Auswertung



Ist bei einem der Prüfschritte das Ergebnis ein gefährlicher Ausfall, liegt am Gerät ein gefährlicher Fehler vor.

Hinweis!

In diesem Fall bitte Endress+Hauser informieren mit dem Hinweis, dass ein Gerät in einer Schutzfunktion mit einem gefährlichen Fehler ausgefallen ist.

## Einstellungen

### Einstellungen

Beim TMT182 können Sie verschiedene Softwareeinstellungen vornehmen. Weitere Informationen entnehmen Sie der Betriebsanleitung BA139R.

## Sicherheitstechnische Kenngrößen

### Spezifische sicherheitstechnische Kenngrößen für TMT182

Die Tabelle zeigt die spezifischen sicherheitstechnischen Kenngrößen für den TMT182.

	TMT182
SIL	SIL 2
HFT	0
SFF	> 73 %
PFD <sub>AVG</sub>	$4,69 \times 10^{-4}$
TI <sup>1</sup>	jährlich

1) vollständiger Funktionstest

### PFD<sub>AVG</sub> in Abhängigkeit vom gewählten Wartungsintervall

Das folgende Diagramm stellt die Abhängigkeit PFD<sub>AVG</sub> vom Wartungsintervall dar. PFD<sub>AVG</sub> steigt mit steigendem Wartungsintervall.

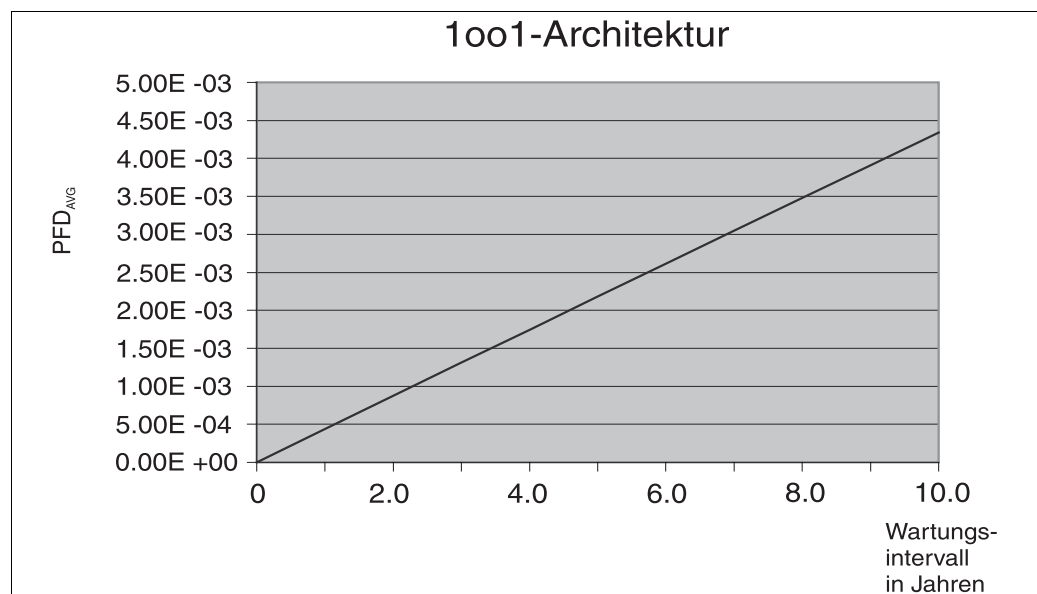


Abb. 4: "Mittlere Wahrscheinlichkeit gefährbringender Ausfälle des sicherheitsbezogenem Systems auf Anforderung" (PVD<sub>AVG</sub>) in Abhängigkeit vom gewählten Wartungsintervall

## Reparatur

### Reparatur



#### Hinweis!

Bei Ausfall eines SIL-gekennzeichneten E+H-Gerätes, das in einer Schutzfunktion betrieben wurde, ist bei der Rücksendung des defekten Gerätes die "Erklärung zur Kontamination und Reinigung" mit dem entsprechenden Hinweis "☒ Einsatz als SIL-Gerät in Schutzeinrichtung" beizulegen.

Die "Erklärung zur Kontamination und Reinigung" finden Sie im Anhang am Ende dieses Handbuchs zur Funktionalen Sicherheit.



## Exida.com management summary



### **FMEDA and Proven-in-use Assessment**

Project:

Temperature head transmitter iTEMP® HART® TMT 182 and  
temperature transmitters iTEMP® HART® DIN rail TMT 122 and TMT 112

Customer:

**Endress+Hauser Wetzer GmbH + Co. KG**  
Nesselwang  
Germany

Contract No.: E+H 02/11-05

Report No.: E+H 02/11-05 R005

Version V2, Revision R1.0, April 2005

Stephan Aschenbrenner

The document was prepared using best effort. The authors make no warranty of any kind and shall not be liable in any event for incidental or consequential damages in connection with the application of the document.  
© All rights reserved.



## Management summary

This report summarizes the results of the hardware assessment with proven-in-use consideration according to IEC 61508 / IEC 61511 carried out on the temperature head transmitter iTEMP® HART® TMT 182 with device version V1.02.08 and the temperature transmitters iTEMP® HART® DIN rail TMT 122 and TMT 112 with device version V1.00.06 and V1.00.04. Table 1 gives an overview of the different configurations which have been assessed.

The hardware assessment consists of a Failure Modes, Effects and Diagnostics Analysis (FMEDA). A FMEDA is one of the steps taken to achieve functional safety assessment of a device per IEC 61508. From the FMEDA, failure rates are determined and consequently the Safe Failure Fraction (SFF) is calculated for the device. For full assessment purposes all requirements of IEC 61508 must be considered.

**Table 1: Configuration overview**

	Configurations
[CONF 1]	Temperature head transmitter iTEMP® HART® TMT 182
[CONF 2]	Temperature transmitter iTEMP® HART® DIN rail TMT 122
[CONF 3]	Temperature transmitter iTEMP® HART® DIN rail TMT 112

The failure rates used in this analysis are the basic failure rates of the Siemens standard SN 29500.

According to table 2 of IEC 61508-1 the average PFD for systems operating in low demand mode has to be  $\geq 10^{-3}$  to  $< 10^{-2}$  for SIL 2 safety functions. A generally accepted distribution of  $PFD_{AVG}$  values of a SIF over the sensor part, logic solver part, and final element part assumes that 35% of the total SIF  $PFD_{AVG}$  value is caused by the sensor part. For a SIL 2 application the total  $PFD_{AVG}$  value of the SIF should be smaller than  $1,00E-02$ , hence the maximum allowable  $PFD_{AVG}$  value for the sensor part would then be  $3,50E-03$ .

The temperature head transmitter iTEMP® HART® TMT 182 and the temperature transmitters iTEMP® HART® DIN rail TMT 122 and TMT 112 are considered to be Type B<sup>1</sup> components. Both have a hardware fault tolerance of 0.

Type B components with a SFF of 60% to < 90% must have a hardware fault tolerance of 1 according to table 3 of IEC 61508-2 for SIL 2 (sub-) systems.

As the temperature head transmitter iTEMP® HART® TMT 182 and the temperature transmitters iTEMP® HART® DIN rail TMT 122 and TMT 112 are supposed to be proven-in-use devices, an assessment of the hardware with additional proven-in-use demonstration for the device and its software was carried out. Therefore according to the requirements of IEC 61511-1 First Edition 2003-01 section 11.4.4 and the assessment described in section 5.1 a hardware fault tolerance of 0 is sufficient for SIL 2 (sub-) systems being Type B components and having a SFF of 60% to < 90%.

Assuming that a connected logic solver can detect both over-range (fail high) and under-range (fail low), high and low failures can be classified as safe detected failures or dangerous detected failures depending on whether the temperature transmitters are used in an application for "low level monitoring", "high level monitoring" or "range monitoring". For these applications the following tables show how the above stated requirements are fulfilled.

---

Type B component: "Complex" component (using micro controllers or programmable logic); for details see 7.4.3.1.3 of IEC 61508-2.

Table 2: Summary for TMT 182 – PFD<sub>AVG</sub> values

T[Proof] = 1 year	T[Proof] = 5 years	T[Proof] = 10 years
PFD <sub>AVG</sub> = 4,69E-04	PFD <sub>AVG</sub> = 2,34E-03	PFD <sub>AVG</sub> = 4,67E-03

Table 3: Summary for TMT 182 – Failure rates

Failure Categories	$\lambda_{sd}$	$\lambda_{su}$	$\lambda_{dd}$	$\lambda_{du}$	SFF	DC <sub>S</sub> <sup>2</sup>	DC <sub>D</sub>
$\lambda_{low} = \lambda_{sd}$ $\lambda_{high} = \lambda_{dd}$	26 FIT	165 FIT	108 FIT	107 FIT	> 73%	14%	50%
$\lambda_{low} = \lambda_{dd}$ $\lambda_{high} = \lambda_{sd}$	101 FIT	165 FIT	33 FIT	107 FIT	> 73%	38%	24%
$\lambda_{low} = \lambda_{sd}$ $\lambda_{high} = \lambda_{sd}$	117 FIT	165 FIT	17 FIT	107 FIT	> 73%	41%	14%

Table 4: Summary for TMT 122 – PFD<sub>AVG</sub> values

T[Proof] = 1 year	T[Proof] = 5 years	T[Proof] = 10 years
PFD <sub>AVG</sub> = 4,82E-04	PFD <sub>AVG</sub> = 2,41E-03	PFD <sub>AVG</sub> = 4,80E-03

Table 5: Summary for TMT 122 – Failure rates

Failure Categories	$\lambda_{sd}$	$\lambda_{su}$	$\lambda_{dd}$	$\lambda_{du}$	SFF	DC <sub>S</sub> <sup>2</sup>	DC <sub>D</sub>
$\lambda_{low} = \lambda_{sd}$ $\lambda_{high} = \lambda_{dd}$	26 FIT	190 FIT	132 FIT	110 FIT	> 75%	12%	55%
$\lambda_{low} = \lambda_{dd}$ $\lambda_{high} = \lambda_{sd}$	124 FIT	190 FIT	33 FIT	110 FIT	> 75%	39%	23%
$\lambda_{low} = \lambda_{sd}$ $\lambda_{high} = \lambda_{sd}$	141 FIT	190 FIT	17 FIT	110 FIT	> 75%	43%	13%

Table 6: Summary for TMT 112 – PFD<sub>AVG</sub> values

T[Proof] = 1 year	T[Proof] = 5 years	T[Proof] = 10 years
PFD <sub>AVG</sub> = 4,85E-04	PFD <sub>AVG</sub> = 2,45E-03	PFD <sub>AVG</sub> = 4,83E-03

Table 7: Summary for TMT 112 – Failure rates

Failure Categories	$\lambda_{sd}$	$\lambda_{su}$	$\lambda_{dd}$	$\lambda_{du}$	SFF	DC <sub>S</sub> <sup>2</sup>	DC <sub>D</sub>
$\lambda_{low} = \lambda_{sd}$ $\lambda_{high} = \lambda_{dd}$	25 FIT	183 FIT	128 FIT	111 FIT	> 75%	12%	55%
$\lambda_{low} = \lambda_{dd}$ $\lambda_{high} = \lambda_{sd}$	120 FIT	183 FIT	32 FIT	111 FIT	> 75%	39%	23%
$\lambda_{low} = \lambda_{sd}$ $\lambda_{high} = \lambda_{sd}$	136 FIT	183 FIT	17 FIT	111 FIT	> 75%	43%	13%

<sup>2</sup> DC means the diagnostic coverage (safe or dangerous) of the safety logic solver for the temperature transmitters.



A user of the temperature head transmitter iTEMP® HART® TMT 182 and the temperature transmitters iTEMP® HART® DIN rail TMT 122 and TMT 112 can utilize these failure rates in a probabilistic model of a safety instrumented function (SIF) to determine suitability in part for safety instrumented system (SIS) usage in a particular safety integrity level (SIL). A full table of failure rates is presented in section 5.2 to 5.4 along with all assumptions.

A complete temperature sensor assembly consisting of TMT 182, TMT 122 or TMT 112 and a closely coupled thermocouple or cushioned 4-wire RTD supplied with TMT 182, TMT 122 or TMT 112 can be modeled by considering a series subsystem where a failure occurs if there is a failure in either component. For such a system, failure rates are added.

Section 5.5 gives typical failure rates and failure distributions for thermocouples and RTDs which were the basis for the following tables.

Assuming that TMT 182, TMT 122 and TMT 112 are programmed to drive it's output high on detected failures of the thermocouple or RTD ( $\lambda_{low} = \lambda_{dd}$ ,  $\lambda_{high} = \lambda_{sd}$ ), the failure rate contribution or the PFD<sub>AVG</sub> value for the thermocouple or RTD in a low stress environment is as follows:

**Table 8: Summary for the sensor assembly TMT 182 / thermocouple in low stress environment**

T[Proof] = 1 year	T[Proof] = 5 years	T[Proof] = 10 years	SFF
PFD <sub>AVG</sub> = 1,56E-03	PFD <sub>AVG</sub> = 7,80E-03	PFD <sub>AVG</sub> = 1,56E-02	> 93%

$$\lambda_{sd} = 4,85E-06 \text{ 1/h} = 4851 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{su} = 1,65E-07 \text{ 1/h} = 165 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{dd} = 3,34E-08 \text{ 1/h} = 33 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{du} = 3,57E-07 \text{ 1/h} = 357 \text{ FIT}$$

**Table 9: Summary for the sensor assembly TMT 122 / thermocouple in low stress environment**

T[Proof] = 1 year	T[Proof] = 5 years	T[Proof] = 10 years	SFF
PFD <sub>AVG</sub> = 1,58E-03	PFD <sub>AVG</sub> = 7,90E-03	PFD <sub>AVG</sub> = 1,58E-02	> 93%

$$\lambda_{sd} = 4,87E-06 \text{ 1/h} = 4874 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{su} = 1,90E-07 \text{ 1/h} = 190 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{dd} = 3,34E-08 \text{ 1/h} = 33 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{du} = 3,60E-07 \text{ 1/h} = 360 \text{ FIT}$$

**Table 10: Summary for the sensor assembly TMT 112 / thermocouple in low stress environment**

T[Proof] = 1 year	T[Proof] = 5 years	T[Proof] = 10 years	SFF
PFD <sub>AVG</sub> = 1,58E-03	PFD <sub>AVG</sub> = 7,91E-03	PFD <sub>AVG</sub> = 1,58E-02	> 93%

$$\lambda_{sd} = 4,87E-06 \text{ 1/h} = 4870 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{su} = 1,83E-07 \text{ 1/h} = 183 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{dd} = 3,24E-08 \text{ 1/h} = 32 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{du} = 3,61E-07 \text{ 1/h} = 361 \text{ FIT}$$

**Table 11: Summary for the sensor assembly TMT 182 / 4-wire RTD in low stress environment**

T[Proof] = 1 year	T[Proof] = 5 years	T[Proof] = 10 years	SFF
PFD <sub>AVG</sub> = 5,56E-04	PFD <sub>AVG</sub> = 2,78E-03	PFD <sub>AVG</sub> = 5,56E-03	> 94%

$$\lambda_{sd} = 2,08E-06 \text{ 1/h} = 2081 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{su} = 1,65E-07 \text{ 1/h} = 165 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{dd} = 3,34E-08 \text{ 1/h} = 33 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{du} = 1,27E-07 \text{ 1/h} = 127 \text{ FIT}$$

**Table 12: Summary for the sensor assembly TMT 122 / 4-wire RTD in low stress environment**

T[Proof] = 1 year	T[Proof] = 5 years	T[Proof] = 10 years	SFF
PFD <sub>AVG</sub> = 5,69E-04	PFD <sub>AVG</sub> = 2,85E-03	PFD <sub>AVG</sub> = 5,69E-03	> 94%

$$\lambda_{sd} = 2,10E-06 \text{ 1/h} = 2104 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{su} = 1,90E-07 \text{ 1/h} = 190 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{dd} = 3,34E-08 \text{ 1/h} = 33 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{du} = 1,30E-07 \text{ 1/h} = 130 \text{ FIT}$$

**Table 13: Summary for the sensor assembly TMT 112 / 4-wire RTD in low stress environment**

T[Proof] = 1 year	T[Proof] = 5 years	T[Proof] = 10 years	SFF
PFD <sub>AVG</sub> = 5,74E-04	PFD <sub>AVG</sub> = 2,87E-03	PFD <sub>AVG</sub> = 5,74E-03	> 94%

$$\lambda_{sd} = 2,10E-06 \text{ 1/h} = 2100 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{su} = 1,83E-07 \text{ 1/h} = 183 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{dd} = 3,24E-08 \text{ 1/h} = 32 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{du} = 1,31E-07 \text{ 1/h} = 131 \text{ FIT}$$



**Table 14: Summary for the sensor assembly TMT 182 / 2/3-wire RTD in low stress environment**

T[Proof] = 1 year	T[Proof] = 5 years	T[Proof] = 10 years	SFF
PFD <sub>AVG</sub> = 2,22E-03	PFD <sub>AVG</sub> = 1,11E-02	PFD <sub>AVG</sub> = 2,22E-02	> 78%

$$\lambda_{sd} = 1,70E-06 \text{ 1/h} = 1701 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{su} = 1,65E-07 \text{ 1/h} = 165 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{dd} = 3,34E-08 \text{ 1/h} = 33 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{du} = 5,07E-07 \text{ 1/h} = 507 \text{ FIT}$$

**Table 15: Summary for the sensor assembly TMT 122 / 2/3-wire RTD in low stress environment**

T[Proof] = 1 year	T[Proof] = 5 years	T[Proof] = 10 years	SFF
PFD <sub>AVG</sub> = 2,23E-03	PFD <sub>AVG</sub> = 1,12E-02	PFD <sub>AVG</sub> = 2,23E-02	> 79%

$$\lambda_{sd} = 1,72E-06 \text{ 1/h} = 1724 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{su} = 1,90E-07 \text{ 1/h} = 190 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{dd} = 3,34E-08 \text{ 1/h} = 33 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{du} = 5,10E-07 \text{ 1/h} = 510 \text{ FIT}$$

**Table 16: Summary for the sensor assembly TMT 112 / 2/3-wire RTD in low stress environment**

T[Proof] = 1 year	T[Proof] = 5 years	T[Proof] = 10 years	SFF
PFD <sub>AVG</sub> = 2,24E-03	PFD <sub>AVG</sub> = 1,12E-02	PFD <sub>AVG</sub> = 2,24E-02	> 79%

$$\lambda_{sd} = 1,72E-06 \text{ 1/h} = 1720 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{su} = 1,83E-07 \text{ 1/h} = 183 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{dd} = 3,24E-08 \text{ 1/h} = 32 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{du} = 5,11E-07 \text{ 1/h} = 511 \text{ FIT}$$

The boxes marked in yellow (  ) mean that the calculated PFD<sub>AVG</sub> values are within the allowed range for SIL 2 according to table 2 of IEC 61508-1 but do not fulfill the requirement to not claim more than 35% of this range, i.e. to be better than or equal to 3,50E-03. The boxes marked in green (  ) mean that the calculated PFD<sub>AVG</sub> values are within the allowed range for SIL 2 according to table 2 of IEC 61508-1 and table 3.1 of ANSI/ISA-84.01-1996 and do fulfill the requirement to not claim more than 35% of this range, i.e. to be better than or equal to 3,50E-03. The boxes marked in red (  ) mean that the calculated PFD<sub>AVG</sub> values do not fulfill the requirements for SIL 2 according to table 2 of IEC 61508-1.

The hardware assessment has shown that the temperature head transmitter iTEMP® HART® TMT 182 and the temperature transmitters iTEMP® HART® DIN rail TMT 122 and TMT 112 with thermocouple or 4-wire RTD in low stress environment have a PFD<sub>AVG</sub> within the allowed range for SIL 2 according to table 2 of IEC 61508-1 and table 3.1 of ANSI/ISA-84.01-1996 and a Safe Failure Fraction (SFF) of > 93%. Based on the verification of proven-in-use they can be used as a single device for SIL2 Safety Functions in terms of IEC 61511-1 First Edition 2003-01.

## Anhang

### Declaration of Hazardous Material and De-Contamination *Erklärung zur Kontamination und Reinigung*

**RA No.**

Please reference the Return Authorization Number (RA#), obtained from Endress+Hauser, on all paperwork and mark the RA# clearly on the outside of the box. If this procedure is not followed, it may result in the refusal of the package at our facility.  
*Bitte geben Sie die von E+H mitgeteilte Rücklieferungsnummer (RA#) auf allen Lieferpapieren an und vermerken Sie diese auch außen auf der Verpackung. Nichtbeachtung dieser Anweisung führt zur Ablehnung ihrer Lieferung.*

Because of legal regulations and for the safety of our employees and operating equipment, we need the "Declaration of Hazardous Material and De-Contamination", with your signature, before your order can be handled. Please make absolutely sure to attach it to the outside of the packaging.

*Aufgrund der gesetzlichen Vorschriften und zum Schutz unserer Mitarbeiter und Betriebseinrichtungen, benötigen wir die unterschriebene "Erklärung zur Kontamination und Reinigung", bevor Ihr Auftrag bearbeitet werden kann. Bringen Sie diese unbedingt außen an der Verpackung an.*

Type of instrument / sensor  
*Geräte-/Sensortyp* \_\_\_\_\_

Serial number  
*Seriennummer* \_\_\_\_\_

Used as SIL device in a Safety Instrumented System / *Einsatz als SIL Gerät in Schutzeinrichtungen*

Process data/ *Prozessdaten*

Temperature / *Temperatur* \_\_\_\_\_ [°C]

Pressure / *Druck* \_\_\_\_\_ [ Pa ]

Conductivity / *Leitfähigkeit* \_\_\_\_\_ [ S ]

Viscosity / *Viskosität* \_\_\_\_\_ [mm<sup>2</sup>/s]

**Deutschland**

Endress+Hauser  
Messtechnik  
GmbH+Co. KG  
Colmarer Str. 6  
79576 Weil am Rhein  
Fax 0800 EHFAXEN  
Fax 0800 3 43 29 36  
www.de.endress.com

Vertrieb  
■ Beratung  
■ Information  
■ Auftrag  
■ Bestellung  
Tel. 0800 EHVERTRIEB  
Tel. 0800 3 48 37 87  
info@de.endress.com

Service  
■ Help-Desk  
■ Feldservice  
■ Ersatzteile/Reparatur  
■ Kalibrierung  
Tel. 0800 EHSERVICE  
Tel. 0800 3 47 37 84  
service@de.endress.com

Technische Büros  
■ Hamburg  
■ Berlin  
■ Hannover  
■ Ratingen  
■ Frankfurt  
■ Stuttgart  
■ München

**Österreich**

Endress+Hauser  
Ges.m.b.H.  
Lehnergasse 4  
1230 Wien  
Tel. +43 1 880 56 0  
Fax +43 1 880 56 335  
info@at.endress.com  
www.at.endress.com

**Schweiz**

Endress+Hauser  
Metso AG  
Sternenhofstraße 21  
4153 Reinach/BL 1  
Tel. +41 61 715 75 75  
Fax +41 61 711 16 50  
info@ch.endress.com  
www.ch.endress.com

**Endress+Hauser** 

People for Process Automation