

SIL Declaration of Conformity

Functional Safety according to IEC 61508 and IEC 61511

No. A5E37027127A - 002

Manufacturer: Siemens AG
Process Industries and Drives
Process Automation

Address: 76181 Karlsruhe, Germany

Product description: **Temperature transmitter, two-wire system, universal SITRANS**
TH200 / TH300 / TR200 / TR300 / TF with TH200 / TH300

Type: TH200	7NG3211-1*N00-Z C20, C23
Type: TH300	7NG3212-0*N00-Z C20, C23
Type: TR200/TR300	7NG303k-*JN00-Z C20, C23
Type: TF with TH200/TH300	7NG313m-*****-Z C20, C23

k = 2, 3; m = 5, 6

We as manufacturer declare that the above identified devices are suitable for use in safety instrumented systems according to IEC 61508 / IEC 61511. The devices are capable of temperature measurement with a total tolerance (Safety Function) = \pm [application specific measuring error + 2% safety accuracy of full span or 100°K range] for a safety instrumented function of Safety Integrity Level (SIL) 3 / 2. For SIL 3 applications two temperature transmitter shall be used. The appropriate SIL safety instructions of the provided Functional Safety Application Manual (part of the user manual) shall be observed. The proven in use assessment was carried out by RISKNOLOGY according to IEC 61508 / IEC 61511. Product revisions will be carried out by the manufacturer in accordance with IEC 61508.

Parts of the FMEDA were carried out by Siemens/RISKNOLOGY in accordance with IEC 61508 and the results were reviewed by RISKNOLOGY.

The safety related characteristics are listed on page 3 and 4.

These characteristics are valid for low demand mode of operation within a 1oo2 (SIL 3) / 1oo1 (SIL 2) architecture. (Guidance to calculation see IEC 61508-6, annex B). The PFD_{AVG} value is valid under the assumption of Mean Time To Restoration $MTTR = 72h$ and Proof Test Interval $T_{Proof} = 1 \text{ year (8760h) / 5 years}$.

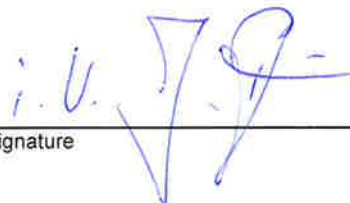
November, November 10th 2017
Siemens Aktiengesellschaft

V. Rissland / Research & Development
(Name, function)



Signature

J. Pflaum / Quality Management
(Name, function)



Signature

SIL Declaration of Conformity / SIL Konformitätserklärung

Product description: <i>Produktbezeichnung</i>	Temperature transmitter / Temperaturmessumformer SITRANS TH200 / TH300 two-wire system, universal / Zweileitertechnik, Universal Type / Typ: TH200 7NG3211-1*N00-Z C20, C23 TH300 7NG3212-0*N00-Z C20, C23 Hardware: 01.00 / 01.02, Firmware: 01.01.07
---	---

Safety Related Characteristics	7NG3211-1*N00-Z C23 7NG3212-0*N00-Z C23		7NG3211-1*N00-Z C20, C23 7NG3212-0*N00-Z C20, C23	
	1oo2 architecture		1oo1 architecture	
	Full Span	Range: 100°K	Full Span	Range: 100°K
Device Type	B	B	B	B
SIL Safety Integrity Level	3	3	2	2
HFT	1	1	0	0
PFD_{AVG} ($\beta = 2\% / 5\%$) for 1 year (T_{Proof})	1,78*10⁻⁶ / 4,5*10⁻⁶	2,35*10⁻⁶ / 5,85*10⁻⁶	5,5*10⁻⁴	5,94*10⁻⁴
PFD_{AVG} ($\beta = 2\% / 5\%$) for 5 years (T_{Proof})	6,97*10⁻⁶ / 1,74*10⁻⁵	9,93*10⁻⁶ / 2,44*10⁻⁵	2,76*10⁻³	2,87*10⁻³
SFF Safe Failure Fraction	97 %	96 %	76 %	76 %
λ_{SD} Safe detected Failure Rate	0 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT
λ_{SU} Safe undetected Failure Rate	190 FIT	190 FIT	190 FIT	189 FIT
λ_{DD} Dangerous detected Failure Rate	337 FIT	331 FIT	225 FIT	222 FIT
λ_{DU} Dangerous undetected Failure Rate	14,8 FIT	21 FIT	126 FIT	130 FIT

Product description: <i>Produktbezeichnung</i>	Temperature transmitter / Temperaturmessumformer SITRANS TR200 / TR300 two-wire system, universal / Zweileitertechnik, Universal Type / Typ: TR200 7NG3032-*JN00-Z C20, C23 TR300 7NG3033-*JN00-Z C20, C23 Hardware: 01.00 / 01.02, Firmware: 01.01.07
---	---

Safety Related Characteristics	7NG3032-*JN00-Z C23 7NG3033-*JN00-Z C23		7NG3032-*JN00-Z C20, C23 7NG3033-*JN00-Z C20, C23	
	1oo2 architecture		1oo1 architecture	
	Full Span	Range: 100°K	Full Span	Range: 100°K
Device Type	B	B	B	B
SIL Safety Integrity Level	3	3	2	2
HFT	1	1	0	0
PFD_{AVG} ($\beta = 2\% / 5\%$) for 1 year (T_{Proof})	1,7*10⁻⁶ / 4,3*10⁻⁶	2,26*10⁻⁶ / 5,63*10⁻⁶	5,6*10⁻⁴	5,94*10⁻⁴
PFD_{AVG} ($\beta = 2\% / 5\%$) for 5 years (T_{Proof})	6,6*10⁻⁶ / 1,64*10⁻⁵	9,49*10⁻⁶ / 2,33*10⁻⁵	2,8*10⁻³	2,87*10⁻³
SFF Safe Failure Fraction	97 %	96 %	76 %	75 %
λ_{SD} Safe detected Failure Rate	0 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT
λ_{SU} Safe undetected Failure Rate	190 FIT	189 FIT	189 FIT	189 FIT
λ_{DD} Dangerous detected Failure Rate	336 FIT	330 FIT	223 FIT	220 FIT
λ_{DU} Dangerous undetected Failure Rate	13,9 FIT	20 FIT	127 FIT	130 FIT

SIL Declaration of Conformity / SIL Konformitätserklärung

Product description: **Temperature transmitter / Temperaturmessumformer**
 Produktbezeichnung: **SITRANS TF with TH200 / TH300** two-wire system, universal
 Zweileitertechnik, Universal
 Type / Typ: **TF with TH200 7NG3135-****-Z C20, C23**
TF with TH300 7NG3136-**-Z C20, C23**
 Hardware: 01.00 / 01.02, Firmware: 01.01.07

Safety Related Characteristics	7NG3135-****-Z C23 7NG3136-****-Z C23		7NG3135-****-Z C20, C23 7NG3136-****-Z C20, C23	
	1oo2 architecture		1oo1 architecture	
	Full Span	Range: 100°K	Full Span	Range: 100°K
Device Type	B	B	B	B
SIL Safety Integrity Level	3	3	2	2
HFT	1	1	0	0
PFD_{AVG} (β = 2% / 5%) for 1 year (T_{Proof})	2,13*10⁻⁶ / 5,3*10⁻⁶	2,69*10⁻⁶ / 6,69*10⁻⁶	6,9*10⁻⁴	7,42*10⁻⁴
PFD_{AVG} (β = 2% / 5%) for 5 years (T_{Proof})	7,9*10⁻⁶ / 1,98*10⁻⁵	1,09*10⁻⁵ / 2,67*10⁻⁵	3,5*10⁻³	3,56*10⁻³
SFF Safe Failure Fraction	98 %	96 %	77 %	76 %
λ_{SD} Safe detected Failure Rate	0 FIT	0 FIT	0 FIT	0 FIT
λ_{SU} Safe undetected Failure Rate	207 FIT	207 FIT	207 FIT	206 FIT
λ_{DD} Dangerous detected Failure Rate	469 FIT	463 FIT	327 FIT	324 FIT
λ_{DU} Dangerous undetected Failure Rate	16,6 FIT	22 FIT	158 FIT	161 FIT

**Additional information:
Calculation of failure rates of a sensor using the example of TH200 / TH300 system.**

The calculation for the other temperature transmitters TR200 / TR300, TF with TH200 / TH300 is similar.

1 Using the FMEDA results

The temperature transmitters SITRANS TH200 / TH300 with 4...20 mA output together with a temperature sensing device become a temperature sensor assembly. When using the results of this FMEDA in a SIL verification assessment, the failure rates and failure modes of the temperature sensing device must be considered.

1.1 SITRANS TH200 / TH300 with thermocouple

The failure mode distributions for thermocouples vary in published literature. But there is strong agreement that open circuit or “burn-out” failure is the dominant failure mode. While some estimates put this failure mode at 99%, a more conservative failure rate distribution suitable for SIS applications is shown in Table 1 to Table 3 when thermocouples are connected to the temperature transmitters SITRANS TH200 / TH300 with 4...20 mA output. The drift failure mode is primarily due to thermocouple aging. The temperature transmitters SITRANS TH200 / TH300 with 4...20 mA output will detect a thermocouple open circuit (burn-out) failure and drive their output to the specified failure state.

Table 1 Typical failure rates for thermocouples (with extension wire)

Thermocouple Failure Mode Distribution	Low Stress	High Stress	Classification
Open Circuit (Burn-out)	900 FIT	18000 FIT	λ_{DD}
Short Circuit (Temperature measurement error)	50 FIT	1000 FIT	λ_{DU1}
Drift (Temperature measurement error)	50 FIT	1000 FIT	λ_{DU2}

Table 2 Typical failure rates for thermocouples (close coupled)

Thermocouple Failure Mode Distribution	Low Stress	High Stress	Classification
Open Circuit (Burn-out)	95 FIT	1900 FIT	λ_{DD}
Short Circuit (Temperature measurement error)	4 FIT	80 FIT	λ_{DU1}
Drift (Temperature measurement error)	1 FIT	20 FIT	λ_{DU2}

Table 3 Typical failure rates for thermocouples (on PCB board)

Thermocouple Failure Mode Distribution	Low Stress	Classification
Open Circuit (Burn-out)	19 FIT	λ_{DD}
Short Circuit (Temperature measurement error)	0,8 FIT	λ_{DU1}
Drift (Temperature measurement error)	0,2 FIT	λ_{DU2}

Definitions:

- **Low stress** applies to a low vibration environment or the use of a cushioned sensor.
- **High stress** relates to a high vibration environment.

Example calculation

A complete temperature sensor assembly consisting of

- the temperature transmitters SITRANS TH200 / TH300 with 4...20 mA output and
- a close coupled thermocouple in low stress environment

can be modeled by considering a series of subsystem where a failure occurs if there is a failure in either component. For such a system, failure rates are added.

Assuming that the temperature transmitters SITRANS TH200 / TH300 with 4...20 mA output will go to the predefined alarm state on detected failures of the thermocouple, the failure rate contribution for a close coupled thermocouple in a low stress environment is (→ Table 2):

- $\lambda_{DD_all} = 95 \text{ FIT}$ (open is a detectable failure)
- $\lambda_{DU_all} = \lambda_{DU1} + \lambda_{DU2} = 4 \text{ FIT} + 1 \text{ FIT} = 5 \text{ FIT}$

This results in a failure rate distribution, SFF and PFD_{AVG} (assuming $T_{Proof} = 1 \text{ year}$) to:

Table 4 SITRANS TH200 / TH300 and a close coupled thermocouple in low stress environment (SIL 2):

	λ_{SD}	λ_{SU}	λ_{DD}	λ_{DU}	SFF	PFD_{AVG}
TH200 / TH300 (SIL 2)	0 FIT	190 FIT	225 FIT	126 FIT		
Close coupled thermocouple in a low stress environment	0 FIT	0 FIT	95 FIT	5 FIT		
Result	0 FIT	190 FIT	320 FIT	131 FIT	79%	6,1E-04

These numbers could be used in safety instrumented function SIL verification calculations for this set of assumptions.

According a recommendation from RISKNOLOGY the approach for a SIL 3 calculation is a bit different (1 year, $\beta = 5\%$):

- $\lambda_{DD_all} = \lambda_{DD} + (\lambda_{DU1} + \lambda_{DU2}) * 0,95 = 95 \text{ FIT} + (4 \text{ FIT} + 1 \text{ FIT}) * 0,95 = 99,75 \text{ FIT}$
(open is detectable failure)
- $\lambda_{DU_all} = (\lambda_{DU1} + \lambda_{DU2}) * 0,05 = (4 \text{ FIT} + 1 \text{ FIT}) * 0,05 = 0,25 \text{ FIT}$

Table 5 SITRANS TH200 / TH300 and a close coupled thermocouple in low stress environment (SIL 3):

	λ_{SD}	λ_{SU}	λ_{DD}	λ_{DU}	SFF	PFD_{AVG}
TH200 / TH300 (SIL 3)	0 FIT	190 FIT	337 FIT	14,8 FIT		
Close coupled thermocouple in a low stress environment	0 FIT	0 FIT	99,75 FIT	0,25 FIT		
Result	0 FIT	190 FIT	436,75FIT	15,05 FIT	97%	4,9E-06

1.2 SITRANS TH200 / TH300 with RTD

The failure mode distribution for an RTD also depends on the application with the key variables being stress level, RTD wire length and RTD type (2/3 wire or 4 wire). The key stress variables are high vibration and frequent temperature cycling. These environment conditions are known to cause cracks in the substrate leading to broken lead connection welds. Failure rate distributions are shown in Table 6 to Table 9. The temperature transmitters SITRANS TH200 / TH300 with 4...20 mA output will detect open and short circuit RTD failures and drive their output to the specified failure state.

Table 6 Typical failure rates for 4-Wire RTDs (with extension wire)

RTD Failure Mode Distribution	Low Stress	High Stress	Classification
Open Circuit	410 FIT	8200 FIT	λ_{DD1}
Short Circuit	20 FIT	400 FIT	λ_{DD2}
Drift (Temperature Measurement error)	70 FIT	1400 FIT	λ_{DU}

Table 7 Typical failure rates for 4-Wire RTDs (close coupled)

RTD Failure Mode Distribution	Low Stress	High Stress	Classification
Open Circuit	41,5 FIT	830 FIT	λ_{DD1}
Short Circuit	2,5 FIT	50 FIT	λ_{DD2}
Drift (Temperature Measurement error)	6 FIT	120 FIT	λ_{DU}

Table 8 Typical failure rates for 2/3-Wire RTDs (with extension wire)

RTD Failure Mode Distribution	Low Stress	High Stress	Classification
Open Circuit	370,5 FIT	7410 FIT	λ_{DD1}
Short Circuit	9,5 FIT	190 FIT	λ_{DD2}
Drift (Temperature Measurement error)	95 FIT	1900 FIT	λ_{DU}

Table 9 Typical failure rates for 2/3-Wire RTDs (close coupled)

RTD Failure Mode Distribution	Low Stress	High Stress	Classification
Open Circuit	38 FIT	758 FIT	λ_{DD1}
Short Circuit	1,5 FIT	29 FIT	λ_{DD2}
Drift (Temperature Measurement error)	8,5 FIT	173 FIT	λ_{DU}

Zusätzliche Information: Berechnung der Fehlerraten eines Sensors am Beispiel eines TH200 / TH300 Systems.

Die Berechnung für die anderen Temperaturtransmitter TR200 / TR300, TF mit TH200 / TH300 ist gleich.

2 Verwendung der Ergebnisse der FMEDA

Der Temperaturtransmitter SITRANS TH200 / TH300 mit 4...20 mA Ausgang zusammen mit einem Temperaturfühler wird zu einer Temperaturmesseinheit. Sollen die Werte dieser FMEDA in einer Beurteilung der Funktionalen Sicherheit verwendet werden, so sind die Fehlerraten und die Fehlerarten des Temperaturfühlers zu berücksichtigen.

2.1 SITRANS TH200 / TH300 mit Thermoelement

Die Aufteilung der Fehlerrate eines Thermoelementes auf die Fehlerarten variiert in den Veröffentlichungen. Es gibt aber eine klare Übereinstimmung, dass das eine offene Verbindung oder Durchbrennen die dominierenden Fehlerarten sind. Während einige Abschätzungen den Anteil dieser Fehlerart mit 99% festlegen, zeigen Tabelle 1 bis Tabelle 3 eine etwas konservativere Verteilung der Fehler anwendbar für SIS Anwendung, wenn Thermoelemente an den Temperaturtransmitter SITRANS TH200 / TH300 mit 4...20 mA Ausgang angeschlossen werden. Der Driftfehler ist hauptsächlich auf die Alterung des Thermoelementes zurückzuführen. Der SITRANS TH200 / TH300 mit 4...20 mA Ausgang erkennt ein offenes (durchgebranntes) Thermoelement und bringt den Ausgang in den spezifizierten Fehlerzustand.

Tabelle 1 Typische Fehlerraten eines Thermoelementes (mit Anschlussleitungen)

Verteilung der Fehler eines Thermoelements	niedere Belastung	hohe Belastung	Fehlereinstufung
offen (durchgebrannt)	900 FIT	18000 FIT	λ_{DD}
Kurzschluss (Messfehler bei Temperaturmessung)	50 FIT	1000 FIT	λ_{DU1}
Drift (Messfehler bei Temperaturmessung)	50 FIT	1000 FIT	λ_{DU2}

Tabelle 2 Typische Fehlerraten eines Thermoelementes (direkt angeschlossen)

Verteilung der Fehler eines Thermoelements	niedere Belastung	hohe Belastung	Fehlereinstufung
offen (durchgebrannt)	95 FIT	1900 FIT	λ_{DD}
Kurzschluss (Messfehler bei Temperaturmessung)	4 FIT	80 FIT	λ_{DU1}
Drift (Messfehler bei Temperaturmessung)	1 FIT	20 FIT	λ_{DU2}

Tabelle 3 Typische Fehlerraten eines Thermoelementes (auf einer Leiterplatte)

Verteilung der Fehler eines Thermoelements	niedere Belastung	Fehlereinstufung
offen (durchgebrannt)	19 FIT	λ_{DD}
Kurzschluss (Messfehler bei Temperaturmessung)	0,8 FIT	λ_{DU1}
Drift (Messfehler bei Temperaturmessung)	0,2 FIT	λ_{DU2}

Definition:

- **niedere Belastung** gilt für Umgebung mit geringen Schwingungen oder bei der Verwendung eines schwingungsgedämpften Sensors.
- **hohe Belastung** gilt für Umgebung mit starken Schwingungen.

Rechenbeispiel:

Eine vollständige Temperaturmesseinheit bestehend aus

- dem Temperaturtransmitter SITRANS TH200 / TH300 mit 4...20 mA Ausgang und
- einem direkt angeschlossenen Thermoelement in einer Anwendung mit niedriger Belastung

kann durch eine Reihe von Teilsystemen modelliert werden, bei dem ein Fehler auftritt, wenn eines der Teilsysteme einen Fehler aufweist. Für derartige Systeme werden Fehlerraten addiert.

Unter der Annahme, dass der Temperaturtransmitter SITRANS TH200 / TH300 mit 4...20 mA Ausgang in den definierten Alarmzustand beim Erkennen eines Fehlers des Thermoelements geht, so trägt ein direkt angeschlossenes Thermoelement in einer Anwendung mit niedrigerer Belastung folgende Fehlerraten bei (→ Tabelle 2):

- $\lambda_{DD_all} = 95 \text{ FIT}$ (offen ist ein erkennbarer Fehler)
- $\lambda_{DU_all} = \lambda_{DU1} + \lambda_{DU2} = 4 \text{ FIT} + 1 \text{ FIT} = 5 \text{ FIT}$

Das ergibt folgende Fehlerverteilung, SFF und PFD_{AVG} (unter der Annahme, $T_{Proof} = 1 \text{ Jahr}$):

Tabelle 4 SITRANS TH200 / TH300, direkt angeschlossenes Thermoelement in einer Umgebung mit niedriger Belastung (SIL 2):

	λ_{SD}	λ_{SU}	λ_{DD}	λ_{DU}	SFF	PFD_{AVG}
TH200 / TH300 (SIL 2)	0 FIT	190 FIT	225 FIT	126 FIT		
Direkt angeschlossenes Thermoelement in einer Umgebung mit niedriger Belastung	0 FIT	0 FIT	95 FIT	5 FIT		
Ergebnis	0 FIT	190 FIT	320 FIT	131 FIT	79%	6,1E-04

Diese Werte können dazu verwendet werden, eine SIL Verifikation eines Sicherheitsinstrumentierten Systems, unter diesen Annahmen, durchzuführen.

Nach einer Empfehlung von RISKNOLOGY muss für eine SIL 3 Berechnung ein etwas anderer Ansatz gewählt werden (1 Jahr, $\beta = 5\%$):

- $\lambda_{DD_all} = \lambda_{DD} + (\lambda_{DU1} + \lambda_{DU2}) * 0,95 = 95 \text{ FIT} + (4 \text{ FIT} + 1 \text{ FIT}) * 0,95 = 99,75 \text{ FIT}$
(offen ist ein erkennbarer Fehler)
- $\lambda_{DU_all} = (\lambda_{DU1} + \lambda_{DU2}) * 0,05 = (4 \text{ FIT} + 1 \text{ FIT}) * 0,05 = 0,25 \text{ FIT}$

Tabelle 5 SITRANS TH200 / TH300 mit einem direkt angeschlossenes Thermoelement in einer Umgebung mit niedriger Belastung (SIL 3):

	λ_{SD}	λ_{SU}	λ_{DD}	λ_{DU}	SFF	PFD_{AVG}
TH200 / TH300 (SIL 3)	0 FIT	190 FIT	337 FIT	14,8 FIT		
Direkt angeschlossenes Thermoelement in einer Umgebung mit niedriger Belastung	0 FIT	0 FIT	99,75 FIT	0,25 FIT		
Ergebnis	0 FIT	190 FIT	436,75FIT	15,05 FIT	97%	4,9E-06

2.2 SITRANS TH200 / TH300 mit Widerstandsthermometer

Die Aufteilung der Fehlerrate eines Widerstandsthermometers auf die Fehlerarten hängt von der Anwendung ab. Wichtige Kriterien sind hier Belastung, Länge der Anschlussleitung und Anschlussart (2/3- oder 4-Leiter Anschluss). Kriterien für die Belastung sind starke Vibration und die Häufigkeit von Temperaturzyklen. Diese Umgebungsbedingungen sind bekannt dafür zu Rissen im Substrat, und damit zu gebrochenen Anschlussverbindungen zu führen. Die Verteilung der Fehler auf die verschiedenen Fehlerarten zeigen die Tabelle 6 bis Tabelle 9. Der Temperaturtransmitter SITRANS TH200 / TH300 mit 4...20 mA Ausgang erkennt Unterbrechungen und Kurzschlüsse des Widerstandsthermometers und bringt den Ausgang dann in den spezifizierten Fehlerzustand.

Tabelle 6 Typische Fehlerraten eines 4-Draht Widerstandsthermometers (mit Anschlussleitungen)

Verteilung der Fehler eines Widerstandsthermometers	niedere Belastung	hohe Belastung	Fehlereinstufung
offen	410 FIT	8200 FIT	λ_{DD1}
Kurzschluss	20 FIT	400 FIT	λ_{DD2}
Drift (Messfehler bei Temperaturmessung)	70 FIT	1400 FIT	λ_{DU}

Tabelle 7 Typische Fehlerraten eines 4-Draht Widerstandsthermometers (direkt angeschlossen)

Verteilung der Fehler eines Widerstandsthermometers	niedere Belastung	hohe Belastung	Fehlereinstufung
offen	41,5 FIT	830 FIT	λ_{DD1}
Kurzschluss	2,5 FIT	50 FIT	λ_{DD2}
Drift (Messfehler bei Temperaturmessung)	6 FIT	120 FIT	λ_{DU}

Tabelle 8 Typische Fehlerraten eines 2/3-Leiter Widerstandsthermometers (mit Anschlussleitungen)

Verteilung der Fehler eines Widerstandsthermometers	niedere Belastung	hohe Belastung	Fehlereinstufung
offen	370,5 FIT	7410 FIT	λ_{DD1}
Kurzschluss	9,5 FIT	190 FIT	λ_{DD2}
Drift (Messfehler bei Temperaturmessung)	95 FIT	1900 FIT	λ_{DU}

Tabelle 9 Typische Fehlerraten eines 2/3-Leiter Widerstandsthermometers (direkt angeschlossen)

Verteilung der Fehler eines Widerstandsthermometers	niedere Belastung	hohe Belastung	Fehlereinstufung
offen	38 FIT	758 FIT	λ_{DD1}
Kurzschluss	1,5 FIT	29 FIT	λ_{DD2}
Drift (Messfehler bei Temperaturmessung)	8,5 FIT	173 FIT	λ_{DU}

Rechenbeispiel:

Eine vollständige Temperaturmesseinheit bestehend aus

- dem Temperaturtransmitter SITRANS TH200 / TH300 mit 4...20 mA Ausgang und
- einem direkt angeschlossenen 4-Draht Widerstandsthermometers in einer Anwendung mit niedriger Belastung

kann durch eine Reihe von Teilsystemen modelliert werden, bei dem ein Fehler auftritt, wenn eines der Teilsysteme einen Fehler aufweist. Für derartige Systeme werden Fehlerraten addiert.

Unter der Annahme, dass der Temperaturtransmitter SITRANS TH200 / TH300 mit 4...20 mA Ausgang in den definierten Alarmzustand beim Erkennen eines Fehlers des Widerstandsthermometers geht, so trägt ein direkt angeschlossener 4-Draht Widerstandsthermometer in einer Anwendung mit niedriger Belastung folgende Fehlerraten bei (→ Tabelle 7):

- $\lambda_{DD_all} = \lambda_{DD1} + \lambda_{DD2} = 41,5 \text{ FIT} + 2,5 \text{ FIT} = 44 \text{ FIT}$
(offen und Kurzschluss sind erkennbare Fehler)
- $\lambda_{DU_all} = 6 \text{ FIT}$

Das ergibt folgende Fehlerverteilung, SFF und PFD_{AVG} (unter der Annahme, $T_{Proof} = 1 \text{ Jahr}$):

Tabelle 10 SITRANS TH200 / TH300 mit einem direkt angeschlossenen 4-Draht Widerstandsthermometer in einer Umgebung mit niedriger Belastung (SIL 2):

	λ_{SD}	λ_{SU}	λ_{DD}	λ_{DU}	SFF	PFD_{AVG}
TH200 / TH300 (SIL 2)	0 FIT	190 FIT	225 FIT	126 FIT		
direkt angeschlossener Widerstandsthermometer in einer Umgebung mit niedriger Belastung	0 FIT	0 FIT	44 FIT	6 FIT		
Ergebnis	0 FIT	190 FIT	269 FIT	132 FIT	77%	6,1E-04

Diese Werte können dazu verwendet werden, eine SIL Verifikation eines Sicherheitsinstrumentierten Systems, unter diesen Annahmen, durchzuführen.

Nach einer Empfehlung von RISKNOLOGY muss für eine SIL 3 Berechnung ein etwas anderer Ansatz gewählt werden (1 Jahr, $\beta = 5\%$):

- $\lambda_{DD_all} = (\lambda_{DD1} + \lambda_{DD2}) + (\lambda_{DU} * 0,95) = (41,5 \text{ FIT} + 2,5 \text{ FIT}) + (6 \text{ FIT} * 0,95) = 49,7 \text{ FIT}$
(offen und Kurzschluss sind erkennbare Fehler)
- $\lambda_{DU_all} = (\lambda_{DU} * 0,05) = 6 \text{ FIT} * 0,05 = 0,3 \text{ FIT}$

Tabelle 11 SITRANS TH200 / TH300 mit einem direkt angeschlossenen 4-Draht Widerstandsthermometer in einer Umgebung mit niedriger Belastung (SIL 3):

	λ_{SD}	λ_{SU}	λ_{DD}	λ_{DU}	SFF	PFD_{AVG}
TH200 / TH300 (SIL 3)	0 FIT	190 FIT	337 FIT	14,8 FIT		
direkt angeschlossener Widerstandsthermometer in einer Umgebung mit niedriger Belastung	0 FIT	0 FIT	49,7 FIT	0,3 FIT		
Ergebnis	0 FIT	190 FIT	386,7 FIT	15,1 FIT	97%	4,8E-06

Definitionen:

direkt angeschlossener Sensor ≤12 in / 30cm UND vollständig abgeschlossen

Sensor mit Anschlussleitungen >12 in / 30cm oder nicht vollständig abgeschlossen