

Information on functional safety
for Flex-R® multipoint model TC96-R

EN

Hinweise zur funktionalen Sicherheit
für Flex-R® Stufen-Thermometer Typ TC96-R

DE



SIL capable assessment
per IEC 61508



Flex-R® model TC96-R-*.***-S

EN	Safety manual model TC96-R	Page	3 - 14
DE	Sicherheitshandbuch Typ TC96-R	Seite	15 - 23

Contents

1. General information	4
1.1 History of this document	4
1.2 Other applicable instrument documentation	4
1.3 Relevant standards	4
1.4 Abbreviations and terms	5
2. Safety	6
2.1 Intended use in safety applications	6
2.2 Labelling, safety marking.	6
2.3 Restrictions to operating modes	6
2.4 Accuracy of the safe measuring function	7
2.5 General installation, commissioning, maintenance and repair	7
2.5.1 Installation requirements	8
2.5.2 Inspection, validation and testing requirements	8
2.5.3 Maintenance requirements	9
2.5.3.1 Flange assemblies	10
2.5.3.2 Secondary containment.	10
2.5.3.3 Thermocouples at the Junction Box.	10
2.5.4 Repair requirements	10
2.6 Commissioning and periodic tests	11
2.7 Decommissioning the multipoint system	11
Appendix: SIL declaration of conformity	12

1. General information

1. General information

1.1 History of this document

Documentation changes (compared with the previous issue)

Issue	Remarks	Certificate reference
January 2022	Third issue	Bureau Veritas No. 10122931

This safety manual for functional safety is concerned with the Gayesco-WIKA model TC96-R multipoint thermometer only as a compatible component of a safety function. This safety manual applies in conjunction with the documentation mentioned under 1.2 “Other applicable instrument documentation”. In addition, the safety instructions in the operating instructions must be observed.

These operating instructions contain important information on working with the model TC96-R multipoint thermometer. Working safely requires that all safety instructions and work instructions are observed.



The marking on the product label for the instruments with SIL version is shown in the following illustrations. Only model TC96-R-*-*-*-S is suitable for operation in safety-related applications!



Model TC96-R-*-*-*-S can be combined with the available Ex versions.

1.2 Other applicable instrument documentation

In addition to this safety manual the operating instructions for model TC96-R-C-IOMM and the data sheet TE 70.10 are applicable.

1.3 Relevant standards

Standard	Model TC96-R
IEC 61508:2010	Functional safety of electrical/electronic/programmable/ electronic safety-related systems Target group: Manufacturers and suppliers of instruments

1. General information

EN

1.4 Abbreviations and terms

Abbreviation	Description
$\lambda_{SD} + \lambda_{SU}$	λ_{SD} safe detected + λ_{SU} safe undetected A safe failure is present when the measuring system switches to the defined safe state or the fault signalling mode without the process demanding it.
$\lambda_{DD} + \lambda_{DU}$	λ_{DD} dangerous detected + λ_{DU} dangerous undetected Generally a failure to danger occurs if the measuring system, through this, can switch into a dangerous or functionally inoperable condition. With detected failures to danger, the failure is detected by diagnostic tests or proof testing, for example, where the system switches to the safe state. With undetected failures to danger, the failure is not detected through diagnostic tests.
Operating mode with low demand rate	In this operating mode, the safety function of the safety system is only carried out on request. The frequency of the request is no more than once a year.
DC	Diagnostic coverage, percentage of failures to danger that are detected by automatic diagnostic online tests.
FMEDA	Failure modes, effects and diagnostic analysis, methods to detect failure causes, and also their impact on the system, and to define diagnostic measures.
HFT	Hardware fault tolerance, capability of a functional unit to continue the execution of the demanded function when faults or deviations exist.
MOON (M out of N) architecture	The architecture describes the specific configuration of hardware and software in a system. N is the number of parallel channels and M defines how many channels must be working correctly.
MRT	Mean Repair Time
MTTR	Mean Time To Repair
PFD_{avg}	Average probability of a dangerous failure on demand of the safety function
SC	Systematic capability The systematic capability of an element (SC 1 to SC 4) states that the systematic safety integrity for the corresponding SIL is achieved.
SFF	Safe Failure Fraction
SIL	Safety Integrity Level, the international standard IEC 61508 defines four discrete safety integrity levels (SIL 1 to SIL 4). Each level corresponds to a range of probability with which a safety-related system performs the specified safety functions in accordance with the requirements. The higher the safety integrity level of the safety-related system, the greater the probability that the safety function is executed.

14418289.01 03/2022 EN/DE

1. General information / 2. Safety

Abbreviation	Description
T_1 or T_{proof}	Interval of the proof tests (in hours, typically one year (8,760 h)) Following this interval, the proof test will be carried out.
Proof test	Proof testing for the detection of hidden failures to danger in a safety-related system so that, if necessary through repair, the system can be placed, as far as possible, in an "as-new" condition.

For further relevant abbreviations, see IEC 61508-4.

2. Safety

2.1 Intended use in safety applications

All safety functions relate exclusively to the mV signal of the sensor. The instrument is certified to SC 3 (SIL 3 capable, IEC 61508).

Systematic capability: SC 3 (SIL 3 capable)

Random capability: Type A, route 2H device

The assessment of the TC96-R shall provide the safety instrument engineer with the required failure data to evaluate the SIL integrity level of the entire system.

2.2 Labelling, safety marking

Product label

Model TC96-R-*-*-*S

TC96-R*	Model number
*	Electrical approval
*	Ignition protection
*	Zone
S	Suitable for SIL

2.3 Restrictions to operating modes



WARNING!

Under the following operating conditions, the safety function of the sensor is not guaranteed:

- During installation and commissioning
- During a simulation or heat checks
- During the proof test
- During repairs

2. Safety

2.4 Accuracy of the safe measuring function

The following information on the total safety accuracy contains the following components:

Sensor type	Standard	Class	Temperature range	Tolerance value
TC type J	IEC 60584-1	1	-40 ... +750 °C	$\pm 1.5 \text{ °C}$ or $0.0040 \cdot t $
		2	-40 ... +750 °C	$\pm 2.5 \text{ °C}$ or $0.0075 \cdot t $
	ASTM E230	Special	0 ... 760 °C	$\pm 1.1 \text{ °C}$ or $\pm 0.4 \%$
		Standard	0 ... 760 °C	$\pm 2.2 \text{ °C}$ or $\pm 0.75 \%$
TC type K, TC type N	IEC 60584-1	1	-40 ... +1,000 °C	$\pm 1.5 \text{ °C}$ or $0.0040 \cdot t $ ^{1) 2)}
		2	-40 ... +1,200 °C	$\pm 2.5 \text{ °C}$ or $0.0075 \cdot t $
	ASTM E230	Special	0 ... 1,260 °C	$\pm 1.1 \text{ °C}$ or $\pm 0.4 \%$
		Standard	0 ... 1,260 °C	$\pm 2.2 \text{ °C}$ or $\pm 0.75 \%$
TC type E	IEC 60584-1	1	-40 ... +800 °C	$\pm 1.5 \text{ °C}$ or $0.0040 \cdot t $
		2	-40 ... +900 °C	$\pm 2.5 \text{ °C}$ or $0.0075 \cdot t $
	ASTM E230	Special	0 ... 870 °C	$\pm 1.0 \text{ °C}$ or $\pm 0.4 \%$
		Standard	0 ... 870 °C	$\pm 1.7 \text{ °C}$ or $\pm 0.5 \%$

1) |t| is the value of the temperature in °C without consideration of the sign

2) The greater value applies

2.5 General installation, commissioning, maintenance and repair

The operability of the model TC96-R multipoint thermocouple system must be tested both during commissioning and at appropriate intervals. Both the nature of the testing as well as the chosen intervals are the responsibility of the user. The interval usually conforms to the PFD_{avg} value given in the standard (for values and key data see Appendix 1: "SIL declaration of conformity"). Normally the proof test takes place every 4 or 8 years. This frequency is determined by the customer. Depending on the available PFD_{avg} value for the 'sensor' system component of the safety instrumented system, the proof test interval can be increased by two years or decreased as desired by the customer.

2.5.1 Installation requirements

The following sequence details the general thermocouple installation inside the reactor including point placement and routing. Please refer to the specific project documentation for exact point location, placement and thermocouple routing.

An execution plan will be prepared by the Gayesco-WIKA project manager and the field service supervisor to provide for a coordinated installation of each TC96-R multipoint thermocouple system project. This plan will be discussed with the client or the client's representative prior to installation. The plan will identify critical interfaces between the various shutdown personnel and will include proper sequencing of events, witness/inspection points and sign-off responsibility.

WIKA can provide installation assistance in a supervisory role or we can perform the complete installation of the thermocouple assemblies at site. For installation of this project Gayesco-WIKA recommends at least one (1) supervisor on-site.

2.5.2 Inspection, validation and testing requirements

Once the Flex-R multipoint system is installed, validation test must be performed. After testing a validation of the entire Safety Instrumented Function (SIF) loop should be performed to ensure the process is able to reach a safe state, therefore ensuring compliance.

Validation test of the Flex-R multipoint system shall include verification of proper sensor location, proper sensor tagging and a function test.

Validation testing (per Gayesco-WIKA operating instruction (OI), section: inspection & testing of the installed Flex-R multipoint system, heat check)

1. Verify the thermocouple sensor tag number.
2. Verify the thermocouple sensor is in the proper location.
3. Verify the thermocouple sensor is functional using a heat/cold source

For sensor installation in SIF, the Flex-R thermocouple sensors must be proof tested. Full proof testing should be scheduled for every turnaround plus 6 months to allow for production. Gayesco-WIKA recommends a proof test every 4 or 8 years. The full proof test is performed on the installed sensor assembly inside the processing unit when it is shutdown (in situ). The partial proof test is performed on the installed sensor on the external part of the processing unit (in situ).

Full proof test of the Flex-R® multipoint system

1. If required, bypass the safety controller system and/or take the appropriate action to prevent an alarm being triggered unintentionally.
2. Using the Gayesco Field Verification Unit (GFVU) that provides a constant stable heat source with independent verification, insert the sensor tip of the sensor.
3. Let the sensor temperature stabilize, approximately 7 to 12 minutes.
4. Once the GFVU temperature has stabilized, confirm the temperature reading of the sensor and of the reference sensor at the GFVU and in the operational control room.
5. Record the temperature readings of the sensor and the reference sensor.
6. Temperature readings that are out of tolerance (ASTM E230, special or standard limits or IEC 60584-1, Class 1 or 2) must be noted.
7. Disconnect the thermocouple sensor from the GFVU.
8. Following all tests, the results must be documented and archived appropriately.

Partial proof test of the Flex-R® multipoint system (in situ)

1. If required bypass the safety controller system and/or take the appropriate action to prevent an alarm from being triggered unintentionally.
2. Using a resistance meter (set at the lowest useful range) check the loop resistance of each thermocouple sensor and record the value.
3. Switch the polarity of the leads and record the value.
4. The average of these two readings will provide a relative resistance reading.
5. This relative reading can be used to determine the relative temperature reading of the thermocouple sensor.
6. Confirm the temperature reading of the sensor in the operational control room.
7. The resistance readings (temperature reading) of the thermocouple sensor are compared to the temperature reading through the instrument loop to the control room.
8. Temperature readings that are out of tolerance (ASTM E230, special or standard limits or IEC 60584-1, Class 1 or 2) must be noted.
9. Following all tests, the results must be documented and archived appropriately.

2.5.3 Maintenance requirements

The multipoint thermocouple system is designed to require minimal maintenance. The assembly should be checked at each shutdown and depressurization. The secondary containment chamber and the thermocouples are the two areas to check on a regular basis for any problems. A failure in the thermocouple seal welds could allow pressure process into the secondary containment chamber, or molecular hydrogen can migrate through the primary seal and collect in the secondary containment chamber where it will expand and cause a pressure build-up. The process conditions and length of service determine the thermocouple life and accuracy.

1. It is recommended to check the TC96-R multipoint thermocouple system every 4 or 8 years, or as required for the entire safety circuit in line with IEC 61508.
2. Maintenance shall be carried out by authorized qualified personnel only.

2.5.3.1 Flange assemblies

1. Visually inspect the flange for corrosion, oxidation and mechanical damage.
2. Check the Flex-R multipoint system assembly overall and that all screws and bolts are secured.
3. The flange studs should be re-torqued to original specifications after each reactor shutdown and depressurization.

2.5.3.2 Secondary containment

Taking all necessary safety measures, check the secondary containment chamber pressure gauge to ensure there is not a build-up of pressure in the chamber. In case there is no pressure gauge, please follow the plant regulations regarding opening of sealed vessels. If there is a pressure indicated this could indicate a failure of the primary seal or molecular hydrogen build-up. Please follow plant regulations regarding the opening and venting of pressure equipment.

Introducing nitrogen (approximately 31 bar [450 psi]) through the pressure tap can check the primary and secondary seal integrity. While the chamber is pressurized "Bubble Test" all pressure retaining welded seals. Any leak of the seals will result in the formation of bubbles.

2.5.3.3 Thermocouples at the junction box

1. Visually check the thermocouple for corrosion, oxidation, and mechanical damage. Check that extension wires are not damaged and properly connected to terminals.
2. Check the polarity of the thermocouple circuit.
3. Check the continuity of the thermocouple circuit. Use a digital ohmmeter to ensure there are no open circuits or short circuits in the transition. A short circuit in the transition will have an ohm reading of approximately one (1) ohm. A loop resistance record of each thermocouple taken at installation can be used to compare current readings.

2.5.4 Repair requirements

Repairs that can be made on-site to the thermocouples involve thermocouple transition replacement. The most common thermocouple operational fault is an electrical short in the transition of the thermocouple. This can be caused by moisture ingress or a break in the thermocouple extension wire. The repair involves removing the existing transition, reattaching the thermocouple extension wire to the thermocouple conductors and installing a new transition assembly on the thermocouple complete with epoxy filler. Gayesco-WIKA, Field Services will have materials and equipment on-site to respond to any needed repairs.

Damage to a thermocouple sheath can only be repaired by splicing. This field repair is not common and will be evaluated by the installation supervisor on-site for viability.

**WARNING!**

The methods and procedures used for these tests (test scenarios) must also be documented. If the outcome of the function test is negative, the whole measuring system must be shut down. The process must be put into a safe condition using appropriate measures according to plant requirements.

**WARNING!**

After repair of the sensor, start a functional check of the entire safety function (safety loop) in order to ensure the safety function of the system. Functional checks are intended to demonstrate the correct function of the whole safety-related system, including all instruments (sensor, logic unit, actuator).

2.6 Commissioning and periodic tests

The operability and error limits of the Flex-R multipoint thermocouple system must be tested both during commissioning and at reasonable intervals. Both the nature of the tests as well as the chosen intervals are the responsibility of the user. The interval usually conforms to the PFD_{avg} value given in the standard. The proof test interval target should be turnaround time plus 6 months to allow for production schedule. Thermocouple readings that deviate 10 °C [50 °F] from the expected value or the norm for other thermocouples should be considered real and process safety concerns should be evaluated. In addition, additional thermocouple diagnostic testing should be performed, get in touch with your WIKA contact person for these additional tests.

Proof test intervals

Life time:	20 years
Test of sensor annual:	4 years / 8 years
Test of the sensor as available:	Turnaround time plus 6 months

2.7 Decommissioning the multipoint system

**WARNING!**

Ensure instruments that have been taken out of service are not accidentally recommissioned (e.g. through marking the instrument). After decommissioning the multipoint thermometer, a functional test of the entire safety function (safety loop) should be initiated, in order to test whether the safety function of the system is still ensured. Function tests are intended to demonstrate the correct function of the whole safety-related system, including all instruments (sensor, logic unit, actuator).



EN

SIL Declaration of Conformity Functional safety per IEC 61508:2010

WIKA Instrument, LP, 229 Beltway Green Boulevard, Pasadena, TX 77503, USA; a division of the WIKA Group, declares as the manufacturer the accuracy of the following information.

1. General information

Product Identification	TC96-R-*-*-S
Safety function	Measure a reactor temperature; Single sensor or Duplex sensor; mV signal output as per IEC 60584 or ASTM E230
Device type per IEC 61508-2:2010	Temperature sensor: Type A, Route 2H Device
Proof Test Interval	4 years / 8 years
MTTR	8 h
β-factor "Common Cause Failure Probability"	10 %
Safety manual	14418289
Evaluation through Report No.	Bureau Veritas No. 10122931
Test documents	Data sheet TE 70.10 Safety manual Operating Instruction TC96-R-C-IOMM IEC 61508 Extract spreadsheet

2. Safety Integrity

Systematic capability	SC 3
------------------------------	------

Safety function	Architecture	Architectural constraints					Random failures			Systematic failures	SIL
		Type	Route H	HFT	SFF/DC (%)	Architectural SIL	λdu (FIT)	PFD (-)	Random SIL	Route S	
SF1	1oo1	A	2H	0	NA	SIL 2	44,5	7.79 E-04	SIL 3	2S	SIL 2
SF1	1oo2	A	2H	1	NA	SIL 3	-	7.86 E-05	SIL 4	2S	SIL 3

Synthesis of the results of the safety integrity assessment ($T_i = 4$ years)

Safety function	Architecture	Architectural constraints					Random failures			Systematic failures	SIL
		Type	Route H	HFT	SFF/DC (%)	Architectural SIL	λdu (FIT)	PFD (-)	Random SIL	Route S	
SF1	1oo1	A	2H	0	NA	SIL 2	44,5	1.56 E-03	SIL 2	2S	SIL 2
SF1	1oo2	A	2H	1	NA	SIL 3	-	1.59 E-04	SIL 3	2S	SIL 3

Synthesis of the results of the safety integrity assessment ($T_i = 8$ years)



SIL Declaration of Conformity Functional safety per IEC 61508:2010



EN

PFD (probability of failure on demand) and RRF (risk reduction factor) for different SILs as defined in IEC EN 61508 are as follows

SIL	PFD	PFD (power)	RRF
1	0.1-0.01	10 ⁻¹ - 10 ⁻²	10 - 100
2	0.01-0.001	10 ⁻² - 10 ⁻³	100 - 1000
3	0.001-0.0001	10 ⁻³ - 10 ⁻⁴	1000 - 10,0000
4	0.0001-0.00001	10 ⁻⁴ - 10 ⁻⁵	10,000 - 100,000

The Flex-R® (**TC96-R-*-***-S**) is compatible with SIL 2 / SIL 3 or higher when paired with other SIL 3 compatible components.

The Flex-R® (**TC96-R-*-***-S**) can be manufactured at WIKA Instrument, LP and at the following alternate manufacturing sites:

WIKAI Instruments Ltd.
3103 Parsons Rd NW
Edmonton, AB, T6N 1C8
Canada

Gayesco Europe S.r.l. & C. S.a.s.
Via Giuseppe Borghisani, 25
26035, Pieve San Giacomo (CR)
Italy

Signed for and on behalf of
WIKAI Instrument, LP

Quality Representative

Franco Bianucci

Date 2020-07-29

Title Quality Manager



EN

14418289.01 03/2022 EN/DE

Inhalt

1. Allgemeines	16
1.1 Historie dieses Dokumentes	16
1.2 Mitgeltende Gerätedokumentationen	16
1.3 Relevante Normen	16
1.4 Abkürzungen und Begriffe	17
2. Sicherheit	18
2.1 Bestimmungsgemäße Verwendung in Sicherheitsanwendungen	18
2.2 Beschilderung, Sicherheitskennzeichnungen	18
2.3 Einschränkung der Betriebsarten	18
2.4 Genauigkeit der sicheren Messfunktion	19
2.5 Allgemeine Installation, Inbetriebnahme, Wartung und Instandsetzung	19
2.5.1 Einbauanforderungen	20
2.5.2 Prüfung, Validierung und Prüfungsanforderungen	20
2.5.3 Wartungsanforderungen	21
2.5.3.1 Flanschanbauten	22
2.5.3.2 Sekundäre Druckkammer	22
2.5.3.3 Thermoelemente am Anschlusskasten	22
2.5.4 Instandsetzungsanforderungen	22
2.6 Inbetriebnahme und wiederkehrende Prüfungen	23
2.7 Außerbetriebnahme des Transmitters	23
Anlage: SIL-Konformitätserklärung	12

1. Allgemeines

1. Allgemeines

1.1 Historie dieses Dokumentes

Dokumentationsänderungen (verglichen mit der vorherigen Ausgabe)

Ausgabe	Bemerkung	Zertifikatsreferenz
Januar 2022	Dritte Ausgabe	Bureau Veritas Nr. 10122931

Dieses Sicherheitshandbuch zur funktionalen Sicherheit behandelt die Gayesco-WIKA-Stufen-Thermometer TC96-R lediglich als kompatibles Teil einer Sicherheitsfunktion. Dieses Sicherheitshandbuch gilt im Zusammenhang mit den unter 1.2 „Mitgeltende Gerätedokumentationen“ genannten Dokumentationen. Zusätzlich die Sicherheitshinweise in der Betriebsanleitung beachten.

Die Betriebsanleitung enthält wichtige Hinweise zum Umgang mit dem Stufen-Thermometer Typ TC96-R. Voraussetzung für sicheres Arbeiten ist die Einhaltung aller angegebenen Sicherheitshinweise und Handlungsanweisungen.



Die Kennzeichnung der Geräte mit SIL-Ausführung auf den Typenschildern ist in den folgenden Darstellungen erläutert. Nur der Typ TC96-R-*-*-S ist für den Einsatz in sicherheitsgerichteten Anwendungen geeignet!



Der Typ TC96-R-*-*-S ist beliebig mit den verfügbaren Ex-Ausführungen kombinierbar.

1.2 Mitgeltende Gerätedokumentationen

Ergänzend zu diesem Sicherheitshandbuch gelten die Betriebsanleitung für Typ TC96-R-C-IOMM sowie das Datenblatt TE 70.10.

1.3 Relevante Normen

Norm	Typ TC96-R
IEC 61508:2010	Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme Zielgruppe: Hersteller und Lieferanten von Geräten

1.4 Abkürzungen und Begriffe

Abkürzung	Beschreibung
$\lambda_{SD} + \lambda_{SU}$	λ_{SD} safe detected + λ_{SU} safe undetected Ein ungefährlicher Ausfall (safe failure) liegt vor, wenn das Messsystem ohne Anforderung des Prozesses in den definierten sicheren Zustand oder in den Fehlersignalisierungsmodus wechselt.
$\lambda_{DD} + \lambda_{DU}$	λ_{DD} dangerous detected + λ_{DU} dangerous undetected Generell liegt ein gefahrbringender Ausfall dann vor, wenn durch diesen das Messsystem in einen gefährlichen oder funktionsunfähigen Zustand versetzt werden kann. Bei erkannten gefahrbringenden Ausfällen wird der Ausfall z. B. durch diagnostische Prüfungen oder Wiederholungsprüfungen erkannt, wodurch das System in den sicheren Zustand wechselt. Bei unerkannten gefahrbringenden Ausfällen wird der Ausfall nicht durch diagnostische Prüfungen erkannt.
Betriebsart mit niedriger Anforderungsrate (en: low demand)	In dieser Betriebsart wird die Sicherheitsfunktion des Sicherheitssystems nur auf Anforderung ausgeführt. Die Häufigkeit der Anforderung beträgt nicht mehr als einmal je Jahr.
DC	Diagnosedeckungsgrad, Anteil der gefahrbringenden Ausfälle, die durch automatische diagnostische Online-Prüfungen erkannt werden.
FMEDA	Failure Modes, Effects and Diagnostic Analysis, Verfahren um Fehlerursachen, sowie deren Auswirkung auf das System zu erkennen und Diagnosemaßnahmen zu definieren.
HFT	Hardware Fehlertoleranz; Fähigkeit einer Funktionseinheit, eine geforderte Funktion bei Bestehen von Fehlern oder Abweichungen weiter auszuführen.
MooN (M out of N) Architektur	Die Architektur beschreibt die spezifische Konfiguration von Hardware- und Softwareelementen in einem System. N ist die Anzahl der parallelen Kanäle und M bestimmt wie viele Kanäle korrekt arbeiten müssen.
MRT	Mittlere Reparaturdauer
MTRR	Mittlere Dauer bis zur Wiederherstellung
PFDA_{avg}	Mittlere Wahrscheinlichkeit eines gefahrbringenden Ausfalls bei Anforderung der Sicherheitsfunktion
SC	Systematische Eignung (en: systematic capability) Die systematische Eignung eines Elements (SC 1 bis SC 4) besagt, dass die systematische Sicherheitsintegrität für den entsprechenden SIL erreicht ist.
SFF	Anteil sicherer Ausfälle
SIL	Safety Integrity Level; Die internationale Norm IEC 61508 definiert vier diskrete Safety Integrity Level (SIL 1 bis SIL 4). Jeder Level entspricht einem Wahrscheinlichkeitsbereich mit welchem ein sicherheitsbezogenes System die festgelegten Sicherheitsfunktionen anforderungsgemäß ausführt. Je höher der Safety Integrity Level der sicherheitsbezogenen Systeme ist, umso größer die Wahrscheinlichkeit, dass die Sicherheitsfunktion ausgeführt wird.

1. Allgemeines / 2. Sicherheit

Abkürzung	Beschreibung
T₁ oder T_{proof}	Intervall der Wiederholungsprüfungen (in Stunden, typisch ein Jahr (8.760 h)) Nach diesem Intervall wird die Wiederholungsprüfung („proof test“) durchgeführt.
Wiederholungsprüfung (en: „proof test“)	Wiederkehrende Prüfung zur Aufdeckung von versteckten gefährbringenden Ausfällen in einem sicherheitsbezogenen System, so dass ggf. durch eine Reparatur das System möglichst in einen „Wie-Neu“-Zustand gebracht werden kann.

DE

Weitere relevante Abkürzungen siehe IEC 61508-4.

2. Sicherheit

2.1 Bestimmungsgemäße Verwendung in Sicherheitsanwendungen

Sämtliche Sicherheitsfunktionen beziehen sich ausschließlich auf das mV-Signal des Sensors. Das Gerät ist nach SC 3 (SIL 3-fähig, IEC 61508) zertifiziert.

Systematische Eignung: SC 3 (SIL-3-geeignet)

Weitere Eignung: Typ A, Route 2H Gerät

Die Bewertung des TC96-R soll dem Ingenieur für Sicherheitsgeräte die erforderlichen Ausfalldaten liefern, um das SIL-Integritätslevel des gesamten Systems zu bestimmen.

2.2 Beschilderung, Sicherheitskennzeichnungen

Typenschild

Typ TC96-R-*-*-*-S

TC96-R-*	Typennummer
*	Zulassung
*	Zündschutzart
*	Zone
S	Geeignet für SIL

2.3 Einschränkung der Betriebsarten



WARNUNG!

Unter folgenden Betriebsbedingungen wird die Sicherheitsfunktion des Sensors nicht gewährleistet:

- Während Installation und Inbetriebnahme
- Während einer Simulation oder Hitzeprüfungen
- Während der Wiederholungsprüfung
- Während Reparaturen

2. Sicherheit

2.4 Genauigkeit der sicheren Messfunktion

Die nachfolgenden Angaben zur Gesamtsicherheitsgenauigkeit beinhalten jeweils folgende Komponenten:

Sensortyp	Norm	Klasse	Temperaturbereich	Grenzabweichung
TC Typ J	IEC 60584-1	1	-40 ... +750 °C	$\pm 1,5 \text{ °C}$ oder $0,0040 \cdot t $
		2	-40 ... +750 °C	$\pm 2,5 \text{ °C}$ oder $0,0075 \cdot t $
	ASTM E230	Spezial	0 ... 760 °C	$\pm 1,1 \text{ °C}$ oder $\pm 0,4 \%$
		Standard	0 ... 760 °C	$\pm 2,2 \text{ °C}$ oder $\pm 0,75 \%$
TC Typ K, TC Typ N	IEC 60584-1	1	-40 ... +1.000 °C	$\pm 1,5 \text{ °C}$ oder $0,0040 \cdot t $ ¹⁾²⁾
		2	-40 ... +1.200 °C	$\pm 2,5 \text{ °C}$ oder $0,0075 \cdot t $
	ASTM E230	Spezial	0 ... 1.260 °C	$\pm 1,1 \text{ °C}$ oder $\pm 0,4 \%$
		Standard	0 ... 1.260 °C	$\pm 2,2 \text{ °C}$ oder $\pm 0,75 \%$
TC Typ E	IEC 60584-1	1	-40 ... +800 °C	$\pm 1,5 \text{ °C}$ oder $0,0040 \cdot t $
		2	-40 ... +900 °C	$\pm 2,5 \text{ °C}$ oder $0,0075 \cdot t $
	ASTM E230	Spezial	0 ... 870 °C	$\pm 1,0 \text{ °C}$ oder $\pm 0,4 \%$
		Standard	0 ... 870 °C	$\pm 1,7 \text{ °C}$ oder $\pm 0,5 \%$

1) |t| ist der Zahlenwert der Temperatur in °C ohne Berücksichtigung des Vorzeichens

2) Der größerer Wert gilt

2.5 Allgemeine Installation, Inbetriebnahme, Wartung und Instandsetzung

Die Funktionsfähigkeit des Stufen-Thermoelement-Systems Typ TC96-R ist bei Inbetriebnahme sowie in angemessenen Zeitabständen zu prüfen. Sowohl die Art der Überprüfung als auch die gewählten Zeitabstände liegen in der Verantwortung des Anwenders. Die Zeitabstände richten sich gewöhnlich nach dem in Anspruch genommenen PFD_{avg} -Wert (Werte und Kennzahlen siehe Anhang 1 „SIL-Konformitätserklärung“). Üblicherweise wird von einer Wiederholungsprüfung von allen 4 oder 8 Jahren ausgegangen. Die Entscheidung über die Häufigkeit liegt beim Kunden. Abhängig vom verfügbaren PFD_{avg} -Wert für das Teilsystem „Sensor“ des sicherheitstechnischen Systems lässt sich das Intervall der Wiederholungsprüfung um zwei Jahre verlängern oder verkürzen wie vom Kunden gewünscht.

2.5.1 Einbauanforderungen

Im folgenden Ablauf wird der allgemeine Einbau eines Thermoelementes in einen Reaktor inklusive Platzierung der Messpunkte und Verlegung erläutert. Genauere Informationen zur Lage der Messpunkte, Platzierung und Verlegung des Thermoelementes finden Sie in der entsprechenden Projektdokumentation.

Ein vom Gayesco-WIKA Projektmanager und Außendienstmitarbeiter ausgearbeiteter Ausführungsplan sorgt dafür, dass ein koordinierter Einbau aller TC96-R Stufen-Thermoelement-Systeme erfolgen kann. Dieser Plan wird vor Beginn des Einbaus mit dem Kunden oder dessen Vertreter besprochen. Dieser Plan zeigt wichtige Schnittstellen zwischen den Mitarbeitern, die für das Herunterfahren zuständig sind, und enthält die korrekte Abfolge von Vorgängen, Prüfpunkte und die Abnahmezuständigkeit.

WIKA kann Ihnen beim Einbau durch Übernahme der Aufsichtsfunktion behilflich sein oder den kompletten Einbau der Thermoelement-Baugruppen vor Ort durchführen. Für die Umsetzung dieses Projekts empfiehlt Gayesco-WIKA mindestens eine (1) Aufsichtsperson vor Ort.

2.5.2 Prüfung, Validierung und Prüfungsanforderungen

Sobald das Flex-R-Stufensystem eingebaut ist, muss ein Validierungstest durchgeführt werden. Nach dem Test sollte eine Validierung der gesamten sicherheitstechnischen Funktionsschleife (Safety Instrumented Function, SIF) durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass der Prozess einen sicheren Zustand erreichen kann und somit konform ist.

Im Rahmen des Validierungstest des Flex-R-Stufensystems sollte die korrekte Sensorposition und -kennzeichnung kontrolliert werden sowie eine Funktionsprüfung durchgeführt werden.

Validierungstest (gemäß Gayesco-WIKA Betriebsanleitung, Abschnitt: Kontrolle & Prüfung des eingebauten Flex-R-Stufensystems, Hitzeprüfung)

1. Tag-Nummer des Thermoelement-Sensors überprüfen.
2. Korrekte Position des Thermoelement-Sensors überprüfen.
3. Thermoelement-Sensor mithilfe einer Wärme-/Kältequelle auf Funktionsfähigkeit überprüfen

Bei in SIF eingebauten Sensoren müssen die Thermoelement-Sensoren wiederholt geprüft werden. Eine vollständige Wiederholungsprüfung sollte nach jeder Laufzeit plus 6 Monate angesetzt werden, um die Produktion nicht zu beeinträchtigen. Gayesco-WIKA empfiehlt, alle 4 oder 8 Jahre eine Wiederholungsprüfung durchzuführen. Eine vollständige Wiederholungsprüfung wird an der eingebauten Sensor-Baugruppe in der Verarbeitungseinheit durchgeführt, während diese ausgeschaltet ist (vor Ort). Eine teilweise Wiederholungsprüfung wird am eingebauten Sensor am Außenbereich der Verarbeitungseinheit durchgeführt (vor Ort).

Vollständige Wiederholungsprüfung des Flex-R®-Stufensystems

1. Wenn notwendig, das Sicherheitssteuerungs-System überbrücken bzw. geeignete Maßnahmen ergreifen, die ein nicht beabsichtigtes Auslösen des Alarms verhindern.
2. Die Spitze des Sensors in das mobile Überprüfungsgerät (Gayesco Field Verification Unit, GFVU) von Gayesco einführen. Das Gerät liefert eine stabile und konstante Wärmequelle mit unabhängiger Messung.
3. Die Sensortemperatur stabilisieren lassen, etwa 7 bis 12 Minuten.
4. Sobald sich die Temperatur des Überprüfungsgerätes stabilisiert hat, die Temperatur am Sensor und am Referenzsensor des Überprüfungsgerätes und in der Leitwarte ablesen.
5. Die Temperaturmesswerte des Sensors und des Referenzsensors notieren.
6. Temperaturmesswerte, die außerhalb der Toleranz (ASTM E230, Standard- oder Sondergrenzwerte oder IEC 60584-1, Klasse 1 oder 2) liegen, müssen vermerkt werden.
7. Den Thermoelement-Sensor aus dem Überprüfungsgerät entfernen.
8. Nach Durchführung aller Tests müssen die Ergebnisse dokumentiert und entsprechend archiviert werden.

Teilweise Wiederholungsprüfung des Flex-R®-Stufensystems (vor Ort)

1. Wenn notwendig, das Sicherheitssteuerungs-System überbrücken bzw. geeignete Maßnahmen ergreifen, die ein nicht beabsichtigtes Auslösen des Alarms verhindern.
2. Den Schleifenwiderstand aller Thermoelement-Sensoren mithilfe eines Widerstandsmessers (auf den niedrigsten verwendbaren Bereich eingestellt) überprüfen und die Ergebnisse notieren.
3. Die Polung der Leitungen umkehren und den Wert notieren.
4. Der Mittelwert dieser beiden Messungen ergibt den relativen Widerstandsmesswert.
5. Dieser relative Messwert kann dazu verwendet werden, den relativen Temperaturmesswert des Thermoelement-Sensors zu ermitteln.
6. Die am Sensor in der Leitwarte gemessene Temperatur kontrollieren.
7. Die Widerstandsmesswerte (Temperaturmesswert) des Thermoelement-Sensors werden mit der von den Geräten in der Leitwarte gemessenen Temperatur verglichen.
8. Temperaturmesswerte, die außerhalb der Toleranz (ASTM E230, Standard- oder Sondergrenzwerte oder IEC 60584-1, Klasse 1 oder 2) liegen, müssen festgehalten werden.
9. Nach Durchführung aller Tests müssen die Ergebnisse dokumentiert und entsprechend archiviert werden.

2.5.3 Wartungsanforderungen

Das Stufen-Thermoelement-System ist so konzipiert, dass nur minimale Wartung nötig ist. Die Baugruppe sollte bei jedem Herunterfahren und Druckablassen überprüft werden. Die sekundäre Druckkammer und die Thermoelemente sollten regelmäßig auf mögliche Probleme überprüft werden. Ein Versagen der Dichtschweißnähte des Thermoelementes könnte zu einer Druckentwicklung in der sekundären Druckkammer führen oder molekularer Wasserstoff könnte durch die Primärdichtung entweichen und sich in der sekundären Druckkammer ansammeln, wo er sich ausdehnt und einen Druckaufbau verursacht. Die Prozessbedingungen und Betriebsdauer bestimmen die Lebensdauer und Genauigkeit des Thermoelementes.

1. Es wird empfohlen, das Stufen-Thermoelement-System TC96-R alle 4 oder 8 Jahre oder in den von der IEC 61508 vorgegebenen Abständen für den gesamten Sicherheitskreis zu überprüfen.
2. Wartungsarbeiten dürfen nur von befugtem Fachpersonal durchgeführt werden.

2.5.3.1 Flanschbauten

1. Den Flansch per Sichtkontrolle auf Korrosion, Oxidierung und mechanische Beschädigungen überprüfen.
2. Das Flex-R-Stufensystem allgemein überprüfen und sicherstellen, dass alle Schrauben und Bolzen fest sitzen.
3. Die Flanschbolzen sollten nach jedem Herunterfahren und Druckablassen nachgezogen werden, so dass sie wieder den ursprünglichen Vorgaben entsprechen.

2.5.3.2 Sekundäre Druckkammer

Unter Beachtung aller erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen das Manometer der sekundären Druckkammer ablesen, um sicherzustellen, dass sich kein Druck in der Kammer aufgebaut hat. Falls kein Manometer vorhanden ist, die Anlagevorschriften bzgl. des Öffnens von gekapselten Behältern befolgen. Wenn laut Messgerät Druck vorhanden ist, kann dies auf ein Versagen der Primärdichtung oder eine Ansammlung von molekularem Wasserstoff hinweisen. Bitte befolgen Sie die Anlagevorschriften bzgl. des Öffnens und Entlüftens von Druckgeräten.

Durch das Einführen von Stickstoff (circa 31 bar [450 psi]) durch die Druckentnahmestelle kann die Intaktheit der Primär- und Sekundärdichtung überprüft werden. Während die Kammer unter Druck steht, können alle druckführenden Dichtschweißungen mithilfe eines „Blasentests“ auf Dichtigkeit überprüft werden. Undichte Stellen an den Dichtungen zeigen sich durch Blasenbildung.

2.5.3.3 Thermoelemente am Anschlusskasten

1. Das Thermoelement per Sichtkontrolle auf Korrosion, Oxidierung und mechanische Beschädigungen überprüfen. Sicherstellen, dass die Ausgleichsleitung nicht beschädigt sind und ordnungsgemäß mit den Klemmen verbunden sind.
2. Polung des Thermoelement-Schaltkreises überprüfen.
3. Die Durchgängigkeit des Thermoelement-Schaltkreises überprüfen. Mithilfe eines digitalen Widerstandsmessgerätes sicherstellen, dass im Übergang keine offenen Schaltkreise oder Kurzschlüsse vorliegen. Bei einem Kurzschluss im Übergang zeigt das Widerstandsmessgerät einen Wert von circa einem (1) Ohm an. Der Schleifenwiderstand der Thermoelemente, der beim Einbau gemessen wurde, kann nun zum Vergleich herangezogen werden.

2.5.4 Instandsetzungsanforderungen

Zu den Reparaturen, die vor Ort an den Thermoelementen vorgenommen werden können, gehört der Austausch des Thermoelement-Übergangs. Die häufigste Störung am Thermoelement ist ein elektrischer Kurzschluss im Übergang des Thermoelementes. Dieser kann durch eindringende Feuchtigkeit oder einen Bruch des Thermoelement-Ausgleichsleitung hervorgerufen werden. Für die Reparatur muss der vorhandene Übergang entfernt werden, das Thermoelement-Ausgleichsleitung wieder an die Thermoelement-Leiter angeschlossen werden und ein neuer Übergang zusammen mit Epoxid-Füllmasse am Thermoelement eingebaut werden. Der Gayesco-WIKA Außendienst verfügt über alle für Reparaturarbeiten nötigen Materialien und Ausrüstung vor Ort.

Eine Beschädigung der Thermoelement-Ummantelung kann nur durch „Splicing“ repariert werden. Diese Vor-Ort-Reparatur ist unüblich und die Aufsichtsperson vor Ort wird entscheiden, ob sie im Einzelfall durchführbar ist.



WARNUNG!

Die bei den Tests verwendeten Methoden und Verfahren (Prüfszenarien) sind ebenso zu dokumentieren. Verläuft ein Funktionstest negativ, ist das gesamte Messsystem außer Betrieb zu nehmen. Der Prozess ist durch geeignete Maßnahmen entsprechend den Anforderungen der Anlage im sicheren Zustand zu halten.



WARNUNG!

Nach der Reparatur des Sensors sollte ein Funktionstest der gesamten Sicherheitsfunktion (Sicherheitsloop) durchgeführt werden, um die Sicherheitsfunktion des Systems sicherzustellen. Die Funktionstests dienen dazu, die einwandfreie Funktion der Sicherheitseinrichtung im Zusammenwirken aller Komponenten (Sensor, Logikeinheit, Aktor) nachzuweisen.

2.6 Inbetriebnahme und wiederkehrende Prüfungen

Die Funktionsfähigkeit und die Fehlergrenzen des Stufen-Thermoelement-Systems Flex-R ist bei Inbetriebnahme sowie in angemessenen Zeitabständen zu prüfen. Sowohl die Art der Überprüfung als auch die gewählten Zeitabstände liegen in der Verantwortung des Anwenders. Die Zeitabstände richten sich gewöhnlich nach dem in Anspruch genommenen PFD_{avg} -Wert. Eine Wiederholungsprüfung sollte nach der Laufzeit plus 6 Monate angesetzt werden, damit der Produktionsplan eingehalten werden kann. Thermoelement-Messwerte, die um 10 °C [50 °F] vom erwarteten Wert oder der Norm für andere Thermoelemente abweichen, sollten als real betrachtet und auf Bedenken hinsichtlich der Prozesssicherheit geprüft werden. Darüber hinaus sollten zusätzliche Thermoelement-Diagnosetests durchgeführt werden. Wenden Sie sich für diese zusätzlichen Tests an Ihren zuständigen WIKA-Ansprechpartner.

Wiederholungsprüfungsintervalle

Lebensdauer:	20 Jahre
Sensortest nach Jahren:	4 Jahre / 8 Jahre
Sensortest nach Verfügbarkeit:	Laufzeit plus 6 Monate

2.7 Außerbetriebnahme des Transmitters



WARNUNG!

Außer Betrieb genommene Geräte gegen versehentliche Inbetriebnahme (z. B. durch Kennzeichnung der Geräte) sichern. Nach der Außerbetriebnahme des Stufen-Thermometers sollte ein Funktionstest der gesamten Sicherheitsfunktion (Sicherheitsloop) gestartet werden, um zu prüfen, ob die Sicherheitsfunktion des Systems immer noch gewährleistet ist. Die Funktionstests dienen dazu, die einwandfreie Funktion der Sicherheitseinrichtung SIS im Zusammenwirken aller Komponenten (Sensor, Logikeinheit, Aktor) nachzuweisen.

WIKA subsidiaries worldwide can be found online at www.wika.com.
WIKA-Niederlassungen weltweit finden Sie online unter www.wika.de.



WIKAI Alexander Wiegand SE & Co. KG

Alexander-Wiegand-Strasse 30

63911 Klingenberg • Germany

Tel. +49 9372 132-0

Fax +49 9372 132-406

info@wika.de

www.wika.de