

DIN EN 60751



ICS 17.200.20

Ersatz für
DIN EN 60751:1996-07

**Industrielle Platin-Widerstandsthermometer und
Platin-Temperatursensoren (IEC 60751:2008);
Deutsche Fassung EN 60751:2008**

Industrial platinum resistance thermometers and platinum temperature sensors
(IEC 60751:2008);
German version EN 60751:2008

Thermomètres à résistance de platine industriels et capteurs thermométriques en platine
(CEI 60751:2008);
Version allemande EN 60751:2008

Gesamtumfang 24 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE



Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2008-08-01 angenommene EN 60751 gilt als DIN-Norm ab 2009-05-01.

Daneben darf DIN EN 60751:1996-07 noch bis 2011-08-01 angewendet werden.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN IEC 60751:2005-03.

Für diese Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 961 „Elektrische Messwertaufnehmer und Messgrößenumformer“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom SC 65B „Devices & process analysis“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zu dem Datum (maintenance result date) unverändert bleiben soll, das auf der IEC-Website unter „http://webstore.iec.ch“ zu dieser Publikation angegeben ist. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Der unter 6.3.2.3 beschriebene Flüssig-Stickstoff-Tauchtest darf nach Ansicht der deutschen Experten nicht für Widerstandsthermometer angewendet werden. Dieser Test ist nur für Thermoelemente zulässig.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 60751:1996-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) neue Genauigkeitsklassen wurden definiert (für drahtgewickelte, für Schichtwiderstände sowie für Thermometer), dabei gelten jeweils unterschiedliche Gültigkeitsbereiche;
- b) erweiterte Festlegungen für mögliche Anschlussarten und deren Kennzeichnung;
- c) Neufassung des Abschnitts Prüfungen (Stückprüfungen und Typprüfungen jeweils für Messwiderstände und für Thermometer bei Messwiderständen; neu: Stückprüfung auf Einhaltung der Grenzabweichung; bei Thermometern neu: Typprüfung des Hysterese-Effekts);
- d) neuer Abschnitt zu Festlegungen für Herstellerangaben bei Messwiderständen und bei Thermometern;
- e) separater Abschnitt zur Identifikation und Kennzeichnung der Thermometer wurde ergänzt;
- f) der Anhang A „Beispiele für Prüfeinrichtungen für das Zeitverhalten“ entfällt.

Frühere Ausgaben

DIN 43760: 1954-04, 1967-06, 1968-09, 1980-10

DIN IEC 60751: 1985-10, 1990-12

DIN EN 60751: 1996-07

Deutsche Fassung

Industrielle Platin-Widerstandsthermometer und
Platin-Temperatursensoren
(IEC 60751:2008)

Industrial platinum resistance
thermometers and platinum
temperature sensors
(IEC 60751:2008)

Thermomètres à résistance
de platine industriels et capteurs
thermométriques en platine
(CEI 60751:2008)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2008-08-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 65B/664/FDIS, zukünftige 2. Ausgabe von IEC 60751, ausgearbeitet von dem SC 65B „Devices & process analysis“ des IEC/TC 65 „Industrial-process measurement, control and automation“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2008-08-01 als EN 60751 angenommen.

Diese Europäische Norm ersetzt EN 60751:1995 + A2:1995.

Die wesentlichen technischen Änderungen in Hinsicht auf EN 60751:1995 sind nachfolgend aufgeführt:

Während die Temperatur/Widerstand-Beziehung in 4.2 unverändert geblieben ist, gibt es einige Änderungen in den anderen Kapiteln. Die wichtigsten sind:

- neue Einteilung für die Genauigkeitsklassen;
- eine Prüfung auf Einhaltung der Grenzabweichung wurde aufgenommen;
- eine Prüfung zur Hysterese wurde aufgenommen;
- Änderungen in den verschiedenen Prüfungen wurden vorgenommen;
- die Anhänge sind weggefallen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2009-05-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2011-08-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60751:2008 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Kennlinien	7
4.1 Temperatur/Widerstand-Beziehung	7
4.2 Widerstandswerte (Grundwertreihe)	8
5 Allgemeine Anforderungen	12
5.1 Genauigkeitsklassen	12
5.1.1 Temperaturbezogener Gültigkeitsbereich	12
5.1.2 Messwiderstände	12
5.1.3 Thermometer	13
5.1.4 Spezifische Genauigkeitsklassen und spezifische Gültigkeitsbereiche	13
5.2 Messstrom	13
5.3 Spannungsversorgung	13
5.4 Anschlussarten	13
6 Prüfungen	14
6.1 Allgemeines	14
6.1.1 Stückprüfungen	14
6.1.2 Typprüfungen	14
6.1.3 Zusätzliche Typprüfungen	14
6.2 Stückprüfungen für Messwiderstände	15
6.2.1 Prüfung auf Einhaltung der Grenزابweichung	15
6.3 Stückprüfung für Thermometer	15
6.3.1 Isolationswiderstand bei Raumtemperatur	15
6.3.2 Dichtheit der Armatur	16
6.3.3 Maßhaltigkeitstest	16
6.3.4 Test auf Einhaltung der Grenزابweichung	16
6.4 Typprüfung für Messwiderstände	16
6.4.1 Grenزابweichung	16
6.4.2 Stabilität bei Höchsttemperatur	16
6.4.3 Eigenerwärmung	17
6.5 Typprüfung für Thermometer	17
6.5.1 Isolationswiderstand bei höheren Temperaturen	17
6.5.2 Thermische Ansprechzeit	17
6.5.3 Stabilität bei der Maximaltemperatur	17
6.5.4 Thermoelektrischer Effekt	17

	Seite
6.5.5 Auswirkungen von Temperaturwechseln	18
6.5.6 Hysterese-Effekt	18
6.5.7 Eigenerwärmung	18
6.5.8 Minimale Eintauchtiefe	18
6.6 Zusätzliche Typentests für Spezialanwendungen von Thermometern	18
6.6.1 Kapazität	18
6.6.2 Induktivität	18
6.6.3 Durchschlagfestigkeit	19
6.6.4 Schwingprüfung	19
6.6.5 Stoßprüfung	19
6.7 Zusammenfassung der Prüfungen	19
7 Vom Hersteller zur Verfügung zu stellende Informationen	21
7.1 Nur für Messwiderstände	21
7.2 Für Messwiderstände und Thermometer	21
8 Identifikation und Kennzeichnung der Thermometer	21
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	22
 Bild 1 – Anschlussarten	14
Bild 2 – Beispiele von Prüfergebnissen für zugelassene oder abgewiesene Messwiderstände	15
 Tabelle 1 – Temperatur/Widerstand-Beziehung (Grundwertreihe), $R_0 = 100,00 \, \Omega$	9
Tabelle 2 – Genauigkeitsklassen für Messwiderstände	12
Tabelle 3 – Genauigkeitsklassen für Thermometer	13
Tabelle 4 – Mindest-Isolationswiderstand von Thermometern bei maximaler Temperatur	17
Tabelle 5 – Tabelle der in dieser Norm beschriebenen Prüfungen	20

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt die Anforderungen und die Temperatur/Widerstand-Beziehung für industrielle Platin-Widerstands-Temperatur Sensoren – nachfolgend als „Platin-Widerstand“ oder „Messwiderstand“ bezeichnet – und für industrielle Platin-Widerstandsthermometer – nachfolgend als „Thermometer“ bezeichnet – fest, deren elektrischer Widerstand eine definierte Funktion der Temperatur ist.

Die internationale Norm gilt für Platin-Sensoren, deren Temperaturkoeffizient α in früheren Normen formal mit $\alpha = 3,851 \times 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ bezeichnet wurde. Dabei ist α definiert durch

$$\alpha = \frac{R_{100} - R_0}{R_0 \cdot 100 \text{ }^{\circ}\text{C}}$$

wobei R_{100} den Widerstand bei $t = 100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ und R_0 den Widerstand bei $t = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ kennzeichnet.

Die Temperaturwerte in dieser Norm beruhen auf der Internationalen Temperaturskala von 1990, ITS-90. Temperaturwerte in $^{\circ}\text{C}$ werden durch das Symbol t bezeichnet; einzige Ausnahme bildet Tabelle 1, wo die volle Bezeichnung $t_{90}/^{\circ}\text{C}$ verwendet wird.

Diese Norm bezieht sich auf Widerstände oder Thermometer für den Temperaturbereich von $-200 \text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $+850 \text{ }^{\circ}\text{C}$ oder für Teilbereiche davon mit verschiedenen Grenzabweichungen, die wiederum für eingeschränkte Temperaturbereiche gelten können.

Für Temperatur/Widerstand-Beziehungen mit Unsicherheiten $< 0,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$, die nur bei Widerständen oder Thermometern mit außerordentlich hoher Stabilität und individueller Kalibrierung einzuhalten sind, könnte eine komplexere Interpolationsgleichung als die hier beschriebene notwendig sein. Die Angabe solcher Gleichungen liegt außerhalb des Geltungsbereichs dieser Norm.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 61152, *Dimensions of metal-sheathed thermometer elements*

IEC 61298-1, *Process Measurement and Control devices – General Methods and Procedures for Evaluating Performance – Part 1: General considerations*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Spannungsfestigkeit

maximale Spannung zwischen allen Teilen des elektrischen Messkreises und der Schutzarmatur des Thermometers oder bei Thermometern mit zwei oder mehr Messkreisen zwischen zwei beliebigen Messkreisen, die an das Thermometer ohne Schaden angelegt werden kann. Die Messbedingungen für Gleichspannung oder Wechselspannung (mit Frequenz) sind anzugeben.

3.2

Isolationswiderstand

elektrischer Widerstand, der zwischen jedem Teil des Messkreises und der Schutzarmatur des Thermometers bei Raumtemperatur oder bei einer erhöhten Temperatur mit einer jeweils anzugebenden Messspannung (Gleich- oder Wechselspannung) gemessen wird

3.3

Minimale Eintauchtiefe

Eintauchtiefe, bei der die Änderung des Anzeigewertes gegenüber dem bei voller Eintauchtiefe gemessenen Wert 0,1 °C nicht überschreitet

3.4

Nennwert

zu erwartender Widerstand R_0 eines Messwiderstandes oder Widerstandsthermometers bei 0 °C, der vom Hersteller angegeben und auf dem Thermometer ausgewiesen ist. Gewöhnlich ist der Nennwert auf den nächsten ganzzahligen Ohmwert gerundet. Platin-Widerstände sind zumeist durch ihren Namen charakterisiert: Ein Pt100-Widerstand ist z. B. ein Widerstand mit $R_0 = 100 \Omega$

3.5

Platin-Widerstandsthermometer

temperaturerfassende Einheit, bestehend aus einem oder mehreren Platin-Messwiderständen in einer Schutzarmatur, internen Verbindungsdrähten und externen Anschlüssen für die Verbindung mit elektrischen Messgeräten. Befestigungselemente und Anschlussköpfe können dazu gehören. Nicht dazu zählen separate Schutzrohre oder Tauchhülsen

3.6

Temperaturempfindliche Länge

Länge des Thermometerabschnittes, dessen Temperatur maßgeblich den zu messenden Widerstand beeinflusst. Im Allgemeinen ist die temperaturempfindliche Länge von der Länge des Messwiderstandes bestimmt

3.7

Platin-Messwiderstand

Widerstand, bestehend aus einem Platindraht oder einer Platinschicht mit definierten elektrischen Eigenschaften, eingebettet in einen Isolator (meist Glas oder Keramik) und ausgelegt zum Einbau in Widerstandsthermometer oder in eine integrierte Schaltung

3.8

Eigenerwärmung

Temperaturanstieg eines Widerstandes oder des Widerstandes innerhalb eines Thermometers, der durch Energiefreisetzung infolge des Messstromes entsteht

3.9

Eigenerwärmungskoeffizient

Koeffizient mit der Dimension °C/mW, der charakteristisch für einen Widerstand bzw. ein Thermometer ist und die Temperaturerhöhung des Widerstandes je Verlustleistungsmenge beschreibt. Der Koeffizient gilt für definierte Betriebsbedingungen des Messwiderstandes oder des Thermometers. Anzugeben sind das Messmedium, dessen Strömungsgeschwindigkeit und Temperatur

3.10

Anschlüsse

Verbindungselemente des Widerstandsthermometers

ANMERKUNG Typische Anschlüsse sind:

- Schraubklemmen oder Klemmen auf einem Anschlusssockel;
- Steckkontakte von festen Anschlüssen;
- freie Enden von fest angeschlossenen Kabeln oder Ähnliches.

3.11

Thermische Ansprechzeit

Zeit, die ein Thermometer benötigt, um einen bestimmten prozentualen Teil eines Temperatursprunges zu erreichen. Die Spezifizierung einer Ansprechzeit bedarf der Angabe des jeweiligen Prozentwerts des Sprunges; so stellen z. B. $\tau_{0,9}$, $\tau_{0,5}$ oder $\tau_{0,1}$ die Zeit bis zum Erreichen von 90 %, 50 % oder 10 % des Temperatursprunges dar. Das Messmedium und seine Strömungsparameter (für gewöhnlich fließendes Wasser und/oder strömende Luft) sind anzugeben

3.12

Thermoelektrischer Effekt

Effekt der Generierung einer elektromotorischen Kraft (EMK) durch im Messkreis verwendete unterschiedliche Metalle und durch thermoelektrisch inhomogene interne Anschlussdrähte unter Einwirkung eines Temperaturgradienten entlang der Drähte. Die generierte EMK wird über die Anschlüsse des Thermometers gemessen, wobei das Thermometer einer bestimmten Temperatur ausgesetzt wird

3.13

Grenzabweichung

anfängliche ¹⁾, maximal zulässige Abweichung von der nominellen Temperatur/Widerstand-Beziehung, ausgedrückt als $\Delta t(t)$ in °C

3.14

Hysterese

Eigenschaft eines Gerätes unterschiedliche Ausgangswerte in Bezug auf seine Eingangswerte zu liefern, die von der Wirkrichtung abhängig sind, in der die Eingangswerte angelegt werden

[IEC 61298-1, 3.13]

ANMERKUNG Hysterese, wie in IEC 61298-1 definiert, kann bei Thermometern mit der Methode, die in 6.5.6 der vorliegenden Norm beschrieben ist, erzeugt werden.

4 Kennlinien

Die in diesem Abschnitt angeführten Temperatur/Widerstand-Beziehungen und Grenzabweichungen gelten bei Messwiderständen an deren Anschlusspunkten. Bei Thermometern gelten sie für das komplette Thermometer an dessen Anschlüssen.

Im Falle von Zwei-Leiter-Verbindungen müssen die Widerstandswerte der Leitungen zwischen dem internen Anschlusspunkt des Widerstandes und dem äußeren Thermometeranschluss berücksichtigt werden. Eventuell sind sie auf dem Thermometer anzugeben und müssen von den gemessenen Widerstandswerten abgezogen werden. In manchen Fällen kann es auch ratsam sein, den Temperaturkoeffizienten der Anschlussdrähte, ihre geometrischen Abmessungen und die Temperaturverteilung entlang der Drähte zu berücksichtigen.

4.1 Temperatur/Widerstand-Beziehung

In dieser Norm werden folgende funktionelle Zusammenhänge zwischen Temperatur und Widerstand verwendet:

Für den Temperaturbereich –200 °C bis 0 °C:

$$R_t = R_0 [1 + At + Bt^2 + C(t - 100 \text{ °C})t^3]$$

¹⁾ Erste Kalibrierung vor dem Einsatz des Messwiderstandes oder Thermometers.

Für den Temperaturbereich von 0 °C bis +850 °C:

$$R_t = R_0 (1 + At + Bt^2)$$

Dabei ist

R_t der Widerstand bei der gemessenen Temperatur t in °C;

R_0 der Widerstand in Ohm bei $t = 0$ °C.

Die Werte der Konstanten in dieser Gleichung sind:

$$A = 3,908\,3 \times 10^{-3} \text{ °C}^{-1}$$

$$B = -5,775 \times 10^{-7} \text{ °C}^{-2}$$

$$C = -4,183 \times 10^{-12} \text{ °C}^{-4}$$

Diese Gleichungen und Koeffizienten wurden verwendet, um die Tabelle der Widerstandswerte, Tabelle 1, für einen Platin-Widerstand mit $R_0 = 100 \text{ } \Omega$ zu berechnen.

4.2 Widerstandswerte (Grundwertreihe)

Tabelle 1 gibt den Zusammenhang zwischen Temperatur und Widerstand für einen Messwiderstand mit einem Nennwert von 100 Ω wieder. Bei anderen Nennwiderständen R_0 , wie z. B. 10 Ω , 500 Ω oder 1 000 Ω , kann die Tabelle angewendet werden, indem man die Tabellenwerte mit dem Faktor $R_0/100 \text{ } \Omega$ multipliziert.

Tabelle 1 – Temperatur/Widerstand-Beziehung (Grundwertreihe), $R_0 = 100,00 \, \Omega$

$t_{90} / ^\circ\text{C}$	Widerstand bei der Temperatur $t_{90} / ^\circ\text{C}$										$t_{90} / ^\circ\text{C}$
	Ω										
	0	−1	−2	−3	−4	−5	−6	−7	−8	−9	
−200	18,52										−200
−190	22,83	22,40	21,97	21,54	21,11	20,68	20,25	19,82	19,38	18,95	−190
−180	27,10	26,67	26,24	25,82	25,39	24,97	24,54	24,11	23,68	23,25	−180
−170	31,34	30,91	30,49	30,07	29,64	29,22	28,80	28,37	27,95	27,52	−170
−160	35,54	35,12	34,70	34,28	33,86	33,44	33,02	32,60	32,18	31,76	−160
−150	39,72	39,31	38,89	38,47	38,05	37,64	37,22	36,80	36,38	35,96	−150
−140	43,88	43,46	43,05	42,63	42,22	41,80	41,39	40,97	40,56	40,14	−140
−130	48,00	47,59	47,18	46,77	46,36	45,94	45,53	45,12	44,70	44,29	−130
−120	52,11	51,70	51,29	50,88	50,47	50,06	49,65	49,24	48,83	48,42	−120
−110	56,19	55,79	55,38	54,97	54,56	54,15	53,75	53,34	52,93	52,52	−110
−100	60,26	59,85	59,44	59,04	58,63	58,23	57,82	57,41	57,01	56,60	−100
−90	64,30	63,90	63,49	63,09	62,68	62,28	61,88	61,47	61,07	60,66	−90
−80	68,33	67,92	67,52	67,12	66,72	66,31	65,91	65,51	65,11	64,70	−80
−70	72,33	71,93	71,53	71,13	70,73	70,33	69,93	69,53	69,13	68,73	−70
−60	76,33	75,93	75,53	75,13	74,73	74,33	73,93	73,53	73,13	72,73	−60
−50	80,31	79,91	79,51	79,11	78,72	78,32	77,92	77,52	77,12	76,73	−50
−40	84,27	83,87	83,48	83,08	82,69	82,29	81,89	81,50	81,10	80,70	−40
−30	88,22	87,83	87,43	87,04	86,64	86,25	85,85	85,46	85,06	84,67	−30
−20	92,16	91,77	91,37	90,98	90,59	90,19	89,80	89,40	89,01	88,62	−20
−10	96,09	95,69	95,30	94,91	94,52	94,12	93,73	93,34	92,95	92,55	−10
0	100,00	99,61	99,22	98,83	98,44	98,04	97,65	97,26	96,87	96,48	0
$t_{90} / ^\circ\text{C}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$t_{90} / ^\circ\text{C}$
0	100,00	100,39	100,78	101,17	101,56	101,95	102,34	102,73	103,12	103,51	0
10	103,90	104,29	104,68	105,07	105,46	105,85	106,24	106,63	107,02	107,40	10
20	107,79	108,18	108,57	108,96	109,35	109,73	110,12	110,51	110,90	111,29	20
30	111,67	112,06	112,45	112,83	113,22	113,61	114,00	114,38	114,77	115,15	30
40	115,54	115,93	116,31	116,70	117,08	117,47	117,86	118,24	118,63	119,01	40
50	119,40	119,78	120,17	120,55	120,94	121,32	121,71	122,09	122,47	122,86	50
60	123,24	123,63	124,01	124,39	124,78	125,16	125,54	125,93	126,31	126,69	60
70	127,08	127,46	127,84	128,22	128,61	128,99	129,37	129,75	130,13	130,52	70
80	130,90	131,28	131,66	132,04	132,42	132,80	133,18	133,57	133,95	134,33	80
90	134,71	135,09	135,47	135,85	136,23	136,61	136,99	137,37	137,75	138,13	90

Tabelle 1 (fortgesetzt)

$t_{90} / ^\circ\text{C}$	Widerstand bei der Temperatur $t_{90} / ^\circ\text{C}$										$t_{90} / ^\circ\text{C}$
	Ω										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
100	138,51	138,88	139,26	139,64	140,02	140,40	140,78	141,16	141,54	141,91	100
110	142,29	142,67	143,05	143,43	143,80	144,18	144,56	144,94	145,31	145,69	110
120	146,07	146,44	146,82	147,20	147,57	147,95	148,33	148,70	149,08	149,46	120
130	149,83	150,21	150,58	150,96	151,33	151,71	152,08	152,46	152,83	153,21	130
140	153,58	153,96	154,33	154,71	155,08	155,46	155,83	156,20	156,58	156,95	140
150	157,33	157,70	158,07	158,45	158,82	159,19	159,56	159,94	160,31	160,68	150
160	161,05	161,43	161,80	162,17	162,54	162,91	163,29	163,66	164,03	164,40	160
170	164,77	165,14	165,51	165,89	166,26	166,63	167,00	167,37	167,74	168,11	170
180	168,48	168,85	169,22	169,59	169,96	170,33	170,70	171,07	171,43	171,80	180
190	172,17	172,54	172,91	173,28	173,65	174,02	174,38	174,75	175,12	175,49	190
200	175,86	176,22	176,59	176,96	177,33	177,69	178,06	178,43	178,79	179,16	200
210	179,53	179,89	180,26	180,63	180,99	181,36	181,72	182,09	182,46	182,82	210
220	183,19	183,55	183,92	184,28	184,65	185,01	185,38	185,74	186,11	186,47	220
230	186,84	187,20	187,56	187,93	188,29	188,66	189,02	189,38	189,75	190,11	230
240	190,47	190,84	191,20	191,56	191,92	192,29	192,65	193,01	193,37	193,74	240
250	194,10	194,46	194,82	195,18	195,55	195,91	196,27	196,63	196,99	197,35	250
260	197,71	198,07	198,43	198,79	199,15	199,51	199,87	200,23	200,59	200,95	260
270	201,31	201,67	202,03	202,39	202,75	203,11	203,47	203,83	204,19	204,55	270
280	204,90	205,26	205,62	205,98	206,34	206,70	207,05	207,41	207,77	208,13	280
290	208,48	208,84	209,20	209,56	209,91	210,27	210,63	210,98	211,34	211,70	290
300	212,05	212,41	212,76	213,12	213,48	213,83	214,19	214,54	214,90	215,25	300
310	215,61	215,96	216,32	216,67	217,03	217,38	217,74	218,09	218,44	218,80	310
320	219,15	219,51	219,86	220,21	220,57	220,92	221,27	221,63	221,98	222,33	320
330	222,68	223,04	223,39	223,74	224,09	224,45	224,80	225,15	225,50	225,85	330
340	226,21	226,56	226,91	227,26	227,61	227,96	228,31	228,66	229,02	229,37	340
350	229,72	230,07	230,42	230,77	231,12	231,47	231,82	232,17	232,52	232,87	350
360	233,21	233,56	233,91	234,26	234,61	234,96	235,31	235,66	236,00	236,35	360
370	236,70	237,05	237,40	237,74	238,09	238,44	238,79	239,13	239,48	239,83	370
380	240,18	240,52	240,87	241,22	241,56	241,91	242,26	242,60	242,95	243,29	380
390	243,64	243,99	244,33	244,68	245,02	245,37	245,71	246,06	246,40	246,75	390
400	247,09	247,44	247,78	248,13	248,47	248,81	249,16	249,50	249,85	250,19	400
410	250,53	250,88	251,22	251,56	251,91	252,25	252,59	252,93	253,28	253,62	410
420	253,96	254,30	254,65	254,99	255,33	255,67	256,01	256,35	256,70	257,04	420

Tabelle 1 (fortgesetzt)

$t_{90} / ^\circ\text{C}$	Widerstand bei der Temperatur $t_{90} / ^\circ\text{C}$										$t_{90} / ^\circ\text{C}$
	Ω										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
430	257,38	257,72	258,06	258,40	258,74	259,08	259,42	259,76	260,10	260,44	430
440	260,78	261,12	261,46	261,80	262,14	262,48	262,82	263,16	263,50	263,84	440
450	264,18	264,52	264,86	265,20	265,53	265,87	266,21	266,55	266,89	267,22	450
460	267,56	267,90	268,24	268,57	268,91	269,25	269,59	269,92	270,26	270,60	460
470	270,93	271,27	271,61	271,94	272,28	272,61	272,95	273,29	273,62	273,96	470
480	274,29	274,63	274,96	275,30	275,63	275,97	276,30	276,64	276,97	277,31	480
490	277,64	277,98	278,31	278,64	278,98	279,31	279,64	279,98	280,31	280,64	490
500	280,98	281,31	281,64	281,98	282,31	282,64	282,97	283,31	283,64	283,97	500
510	284,30	284,63	284,97	285,30	285,63	285,96	286,29	286,62	286,95	287,29	510
520	287,62	287,95	288,28	288,61	288,94	289,27	289,60	289,93	290,26	290,59	520
530	290,92	291,25	291,58	291,91	292,24	292,56	292,89	293,22	293,55	293,88	530
540	294,21	294,54	294,86	295,19	295,52	295,85	296,18	296,50	296,83	297,16	540
550	297,49	297,81	298,14	298,47	298,80	299,12	299,45	299,78	300,10	300,43	550
560	300,75	301,08	301,41	301,73	302,06	302,38	302,71	303,03	303,36	303,69	560
570	304,01	304,34	304,66	304,98	305,31	305,63	305,96	306,28	306,61	306,93	570
580	307,25	307,58	307,90	308,23	308,55	308,87	309,20	309,52	309,84	310,16	580
590	310,49	310,81	311,13	311,45	311,78	312,10	312,42	312,74	313,06	313,39	590
600	313,71	314,03	314,35	314,67	314,99	315,31	315,64	315,96	316,28	316,60	600
610	316,92	317,24	317,56	317,88	318,20	318,52	318,84	319,16	319,48	319,80	610
620	320,12	320,43	320,75	321,07	321,39	321,71	322,03	322,35	322,67	322,98	620
630	323,30	323,62	323,94	324,26	324,57	324,89	325,21	325,53	325,84	326,16	630
640	326,48	326,79	327,11	327,43	327,74	328,06	328,38	328,69	329,01	329,32	640
650	329,64	329,96	330,27	330,59	330,90	331,22	331,53	331,85	332,16	332,48	650
660	332,79	333,11	333,42	333,74	334,05	334,36	334,68	334,99	335,31	335,62	660
670	335,93	336,25	336,56	336,87	337,18	337,50	337,81	338,12	338,44	338,75	670
680	339,06	339,37	339,69	340,00	340,31	340,62	340,93	341,24	341,56	341,87	680
690	342,18	342,49	342,80	343,11	343,42	343,73	344,04	344,35	344,66	344,97	690
700	345,28	345,59	345,90	346,21	346,52	346,83	347,14	347,45	347,76	348,07	700
710	348,38	348,69	348,99	349,30	349,61	349,92	350,23	350,54	350,84	351,15	710
720	351,46	351,77	352,08	352,38	352,69	353,00	353,30	353,61	353,92	354,22	720
730	354,53	354,84	355,14	355,45	355,76	356,06	356,37	356,67	356,98	357,28	730
740	357,59	357,90	358,20	358,51	358,81	359,12	359,42	359,72	360,03	360,33	740
750	360,64	360,94	361,25	361,55	361,85	362,16	362,46	362,76	363,07	363,37	750

Tabelle 1 (fortgesetzt)

$t_{90} / ^\circ\text{C}$	Widerstand bei der Temperatur $t_{90} / ^\circ\text{C}$										$t_{90} / ^\circ\text{C}^1$
	Ω										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
760	363,67	363,98	364,28	364,58	364,89	365,19	365,49	365,79	366,10	366,40	760
770	366,70	367,00	367,30	367,60	367,91	368,21	368,51	368,81	369,11	369,41	770
780	369,71	370,01	370,31	370,61	370,91	371,21	371,51	371,81	372,11	372,41	780
790	372,71	373,01	373,31	373,61	373,91	374,21	374,51	374,81	375,11	375,41	790
800	375,70	376,00	376,30	376,60	376,90	377,19	377,49	377,79	378,09	378,39	800
810	378,68	378,98	379,28	379,57	379,87	380,17	380,46	380,76	381,06	381,35	810
820	381,65	381,95	382,24	382,54	382,83	383,13	383,42	383,72	384,01	384,31	820
830	384,60	384,90	385,19	385,49	385,78	386,08	386,37	386,67	386,96	387,25	830
840	387,55	387,84	388,14	388,43	388,72	389,02	389,31	389,60	389,90	390,19	840
850	390,48										850

5 Allgemeine Anforderungen

5.1 Genauigkeitsklassen

5.1.1 Temperaturbezogener Gültigkeitsbereich

Die temperaturbezogenen Gültigkeitsbereiche der Genauigkeitsklassen von Messwiderständen nach Tabelle 2 basieren auf Einsatzerfahrungen mit Schicht- und drahtgewickelten Messwiderständen. Sie zeigen, dass innerhalb dieser Bereiche die Mehrzahl der Messwiderstände ihre Genauigkeit und andere Leistungsparameter einhalten können. Der Wert von -196°C wurde gewählt, weil dieser nahe dem Siedepunkt von flüssigem Stickstoff liegt.

5.1.2 Messwiderstände

Die Grenzabweichungen von Messwiderständen werden in Tabelle 2 klassifiziert. Diese Angaben gelten für Messwiderstände mit beliebigem R_0 -Wert. Sollte der angegebene Temperaturbereich eines besonderen Messwiderstandes kleiner sein als in dieser Tabelle aufgeführt, so ist das zu spezifizieren.

Tabelle 2 – Genauigkeitsklassen für Messwiderstände

Für drahtgewickelte Widerstände		Für Schicht-Widerstände		Grenzabweichung ^a $^\circ\text{C}$
Klasse	Gültigkeitsbereich $^\circ\text{C}$	Klasse	Gültigkeitsbereich $^\circ\text{C}$	
W 0,1	-100 bis $+350$	F 0,1	0 bis $+150$	$\pm (0,1 + 0,0017 t)$
W 0,15	-100 bis $+450$	F 0,15	-30 bis $+300$	$\pm (0,15 + 0,002 t)$
W 0,3	-196 bis $+660$	F 0,3	-50 bis $+500$	$\pm (0,3 + 0,005 t)$
W 0,6	-196 bis $+660$	F 0,6	-50 bis $+600$	$\pm (0,6 + 0,01 t)$

^a $|t|$ = Betrag der Temperatur in $^\circ\text{C}$ ohne Berücksichtigung des Vorzeichens.

5.1.3 Thermometer

Die Grenzabweichungen von Widerstandsthermometern werden in Tabelle 3 klassifiziert. Diese Angaben gelten für Thermometer mit beliebigem R_0 -Wert. Sollte der angegebene Temperaturbereich eines besonderen Thermometers kleiner sein als in dieser Tabelle angegeben, so ist das zu spezifizieren.

Tabelle 3 – Genauigkeitsklassen für Thermometer

Klasse	Gültigkeitsbereich °C		Grenzabweichung ^a °C
	Drahtgewickelte Widerstände	Schichtwiderstände	
AA	–50 bis +250	0 bis +150	$\pm (0,1 + 0,0017 t)$
A	–100 bis +450	–30 bis +300	$\pm (0,15 + 0,002 t)$
B	–196 bis +600	–50 bis +500	$\pm (0,3 + 0,005 t)$
C	–196 bis +600	–50 bis +600	$\pm (0,6 + 0,01 t)$

^a $|t|$ = Betrag der Temperatur in °C ohne Berücksichtigung des Vorzeichens.

5.1.4 Spezifische Genauigkeitsklassen und spezifische Gültigkeitsbereiche

Genauigkeitsklassen und Gültigkeitsbereiche, die von den Werten in den Tabellen 2 und 3 abweichen, müssen zwischen Hersteller und Anwender vereinbart werden. Empfohlene spezifische Genauigkeitsklassen sind Vielfache oder Bruchteile der Grenzabweichung der Klasse B. Eine spezifische Genauigkeitsklasse ohne Angabe ihres Gültigkeitsbereichs ist nicht zulässig. Herstellern und Anwendern ist es überlassen, Grenzabweichungen außerhalb der Temperaturbereiche von Tabelle 2 und Tabelle 3 für ihre Thermometer oder Widerstände festzulegen.

Spezifische Genauigkeitsklassen können ebenfalls für eingeschränkte oder erweiterte Temperaturbereiche definiert werden, z. B. für die Bereiche –196 °C bis 850 °C oder –200 °C bis 660 °C.

5.2 Messstrom

Der Messstrom durch den Widerstand muss auf einen Wert begrenzt werden, bei dem die Eigenerwärmung des Thermometers – unter Bedingungen wie in 6.4.3 festgelegt – 25 % der Grenzabweichung der jeweils angegebenen Genauigkeitsklasse nicht überschreitet. Normalerweise ist der Messstrom für einen drahtgewickelten 100-Ohm-Widerstand nicht höher als 1 mA.

5.3 Spannungsversorgung

Widerstände und Thermometer werden so konstruiert, dass sie für den Gebrauch in Messsystemen geeignet sind, die mit Gleichstrom oder mit Wechselstrom bei Frequenzen bis zu 100 Hz gespeist werden. Einige Messsysteme können auch die Eignung für Messströme mit höheren Frequenzen verlangen.

5.4 Anschlussarten

Alle Thermometer mit Genauigkeitsklasse besser als Klasse B müssen in 3- oder 4-Leiter-Schaltung ausgeführt werden.

Thermometer können mit ein oder zwei Widerständen sowie in verschiedenen internen Anschlussarten aufgebaut sein. Die Bezeichnung und/oder Kennzeichnung der Anschlüsse wird in Bild 1 gezeigt.

	2-Leiter-Anschluss	3-Leiter-Anschluss	4-Leiter-Anschluss
1 Widerstand			
2 Widerstände			

Bild 1 – Anschlussarten

6 Prüfungen

6.1 Allgemeines

Prüfungen werden durchgeführt, um sicherzustellen, dass die Messwiderstände oder Thermometer den Anforderungen dieser Norm genügen.

Es ist nicht beabsichtigt oder empfohlen, dass alle Prüfungen mit jedem gelieferten Messwiderstand oder Thermometer durchgeführt werden. In diesem Abschnitt werden verschiedene Arten von Prüfungen beschrieben.

6.1.1 Stückprüfungen

Diese werden mit jedem nach dieser Norm gefertigten Messwiderstand oder Thermometer durchgeführt. Diese Prüfungen sind auch Teil der Typprüfungen.

6.1.2 Typprüfungen

Sie werden mit Mustern von Messwiderständen und Thermometern jeder Ausführung und für jeden Temperaturbereich durchgeführt. Dabei wird zwischen Prüfungen für Thermometer und Widerstände unterschieden.

6.1.3 Zusätzliche Typprüfungen

Sie können aufgrund anderer Regelwerke erforderlich sein oder werden für besondere Anwendungen zwischen Hersteller und Anwender vereinbart. Wenn nicht anders festgelegt, gibt es keine festen Vorgaben für die Durchführung der Prüfungen. Die Testergebnisse müssen auf Anforderung bereitgestellt werden.

6.2 Stückprüfungen für Messwiderstände

6.2.1 Prüfung auf Einhaltung der Grenzabweichung

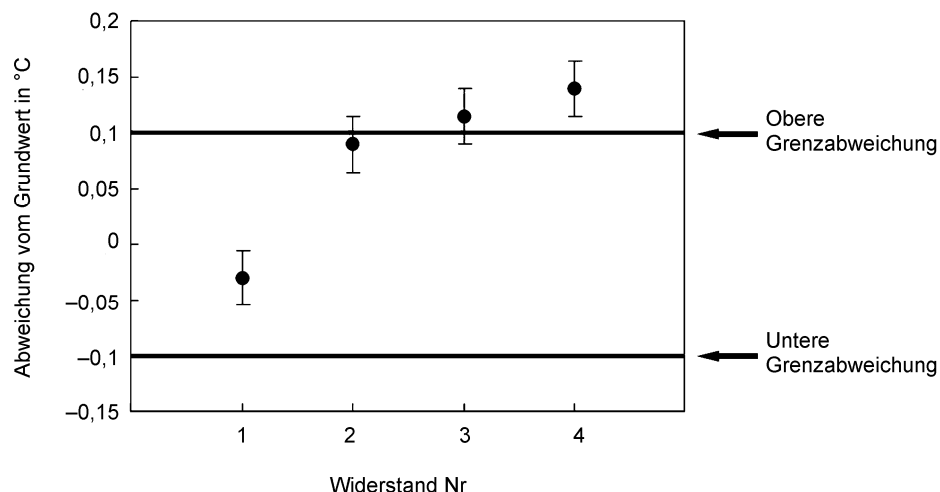
Alle Typen von Messwiderständen werden bei mindestens einer Temperatur geprüft. Die Prüftemperatur liegt zwischen -5 °C und 30 °C , vorzugsweise bei 0 °C .

Widerstände der Klassen 0,15 oder besser werden noch bei mindestens einer weiteren Temperatur geprüft. Diese Prüftemperatur entspricht der unteren oder oberen Temperaturbereichsgrenze des Messwiderstands oder liegt mindestens 90 °C von der ersten Prüftemperatur entfernt, je nachdem, welche Differenz die kleinere ergibt.

Der Hersteller garantiert, dass der Widerstand innerhalb der angegebenen Grenzabweichung liegt. Beim Selektieren der Widerstände muss die Messunsicherheit der Prüfung berücksichtigt werden. Ein Beispiel zeigt Bild 2: Beim Hersteller gemessen, ist nur Widerstand Nr 1 innerhalb der Genauigkeitsklasse. Beim Kunden gemessen, kann nur Widerstand Nr 4 zurückgewiesen werden.

Dementsprechend ist das Selektionskriterium beim Hersteller wie folgt: Das Messergebnis, ausgedrückt als Temperaturabweichung, addiert mit der zugehörigen erweiterten Unsicherheit liegt vollständig innerhalb der Grenzabweichung.

Das Rückweiskriterium für den Anwender ist wie folgt: Die Grenzabweichung ist nicht eingehalten, wenn das Messergebnis, ausgedrückt als Temperaturabweichung, addiert mit der zugehörigen erweiterten Messunsicherheit, vollständig außerhalb der Grenzabweichung liegt.



ANMERKUNG Jeder Messwert ist mit seiner erweiterten Messunsicherheit ($k = 2$) dargestellt. Dabei wurde angenommen, dass die Messunsicherheiten bei Hersteller und Anwender gleich sind.

Bild 2 – Beispiele von Prüfergebnissen für zuzulassende oder abzuweisende Messwiderstände

6.3 Stückprüfung für Thermometer

6.3.1 Isolationswiderstand bei Raumtemperatur

Der Isolationswiderstand zwischen jedem Messkreis und der Armatur muss mit einer Spannung von mindestens 100 V DC gemessen werden.

Der Isolationswiderstand darf nicht unter $100\text{ M}\Omega$ liegen.

6.3.2 Dichtigkeit der Armatur

Die Dichtigkeit der Armatur und aller Schweißnähte muss mit geeigneten Methoden geprüft werden, z. B. durch folgende Verfahren:

6.3.2.1 Wasser-Tauchtest

Das Thermometer wird für wenigstens 5 min einer Temperatur von mindestens 300 °C ausgesetzt und dann schnell in Wasser bei Raumtemperatur getaucht. Der Isolationswiderstand, der im eingetauchten Zustand gemessen wird, muss die Anforderungen von 6.5.1 erfüllen.

6.3.2.2 Stickstoff-Druck-Test

Das Thermometer wird für etwa 30 s mit einer Stickstoffatmosphäre von mindestens 2,5 MPa Außendruck beaufschlagt und unmittelbar danach in Wasser oder Alkohol getaucht. An den Schweißnähten dürfen dann keine Gasblasen aufsteigen.

6.3.2.3 Flüssig-Stickstoff-Tauchtest

Das Thermometer wird in Flüssig-Stickstoff getaucht, bis die Temperatur stabilisiert ist. Unmittelbar danach wird das Thermometer in Wasser oder Alkohol getaucht. An den Schweißnähten dürfen dann keine Gasblasen aufsteigen.

Die Dichtigkeit der Armatur kann auch mit anderen geeigneten Verfahren getestet werden. Für besondere Anwendungen können die Dichtigkeitstests zwischen Anwender und Hersteller vereinbart werden.

Das Verfahren ist nur für Thermometer zu empfehlen, die für Temperaturen bis –196 °C geeignet sind.

6.3.3 Maßhaltigkeitstest

Falls das Thermometer in den Bereich der Norm IEC 61152 fällt, müssen der äußere Durchmesser sowie die Geradheit auf Übereinstimmung mit den Anforderungen dieser Norm geprüft werden.

6.3.4 Test auf Einhaltung der Grenzabweichung

Der Hersteller muss sicherstellen, dass Messwiderstände der jeweiligen Klasse verwendet wurden. Thermometer der Klassen A und besser (vgl. 5.1 dieser Norm) müssen bei einer Temperatur im Bereich zwischen –5 °C und +30 °C auf Einhaltung der Grenzabweichung geprüft werden. Die Zulassungs- und Ablehnungskriterien sind diejenigen, die in 6.2.1 dieser Norm beschrieben sind.

6.4 Typprüfung für Messwiderstände

6.4.1 Grenzabweichung

Die Werte für die Grenzabweichungen der jeweiligen Genauigkeitsklasse sind im gesamten Gültigkeitsbereich einzuhalten. Die Zahl der notwendigen Messpunkte für diese Prüfung hängt vom Temperaturbereich und der Toleranzklasse ab und schließt Temperaturen nahe der oberen und der unteren Grenze des angegebenen Temperaturbereichs ein.

6.4.2 Stabilität bei Höchsttemperatur

Der Messwiderstand muss für 1 000 h an Luft an seiner oberen Temperaturgrenze gealtert werden. Die Drift des Widerstandswertes bei 0 °C darf nach dieser Belastung nicht über dem Wert der Grenzabweichung der angegebenen Genauigkeitsklasse liegen.

6.4.3 Eigenerwärmung

Der Eigenerwärmungskoeffizient – angegeben in °C/mW – wird bei Temperaturen zwischen 0 °C und 30 °C in strömender Luft von $(3 \pm 0,3)$ m/s und/oder in strömendem Wasser von $> 0,2$ m/s ermittelt. Die Eigenerwärmung darf bei dem maximal zulässigen Messstrom unter diesen Bedingungen zu einer Überschreitung der Grenzabweichung der jeweiligen Genauigkeitsklasse um maximal 25 % führen.

6.5 Typprüfung für Thermometer

6.5.1 Isolationswiderstand bei höheren Temperaturen

Zur Prüfung des Isolationswiderstandes muss sich das Thermometer über seine minimale Eintauchtiefe hinaus auf der maximal zulässigen Temperatur befinden. Gemessen wird bei einer Mindestprüfspannung von 10 V DC. Der Isolationswiderstand zwischen jedem Messkreis und dem Gehäuse darf nicht niedriger sein als in Tabelle 4 angegeben.

Tabelle 4 – Mindest-Isolationswiderstand von Thermometern bei maximaler Temperatur

Maximale Temperatur °C	Minimaler Isolationswiderstand MΩ
bis 250	20
251 bis 450	2
451 bis 650	0,5
651 bis 850	0,2

6.5.2 Thermische Ansprechzeit

Die thermische Ansprechzeit $\tau_{0,5}$ wird in Wasser mit einer Fließgeschwindigkeit $> 0,2$ m/s und/oder in Luft mit einer Strömungsgeschwindigkeit von $(3 \pm 0,3)$ m/s bestimmt. Falls gefordert, können auch die Ansprechzeiten von $\tau_{0,9}$ und/oder $\tau_{0,1}$ ermittelt werden.

6.5.3 Stabilität bei der Maximaltemperatur

Nach einem kontinuierlichen Einsatz von mindestens 4 Wochen (672 h) unter der spezifizierten Maximaltemperatur darf der Widerstandswert des Thermometers bei 0 °C nicht stärker gedriftet sein, als der Wert der Grenzabweichung bei 0 °C für die jeweilige Genauigkeitsklasse beträgt. Der Isolationswiderstand darf nicht kleiner sein als in 6.5.1 festgelegt.

6.5.4 Thermoelektrischer Effekt

Das Thermometer wird auf seine Maximaltemperatur erhitzt, während seine Anschlüsse nahe der Raumtemperatur verbleiben. Die Eintauchtiefe wird dann solange variiert, bis das Maximum der Thermospannung gemessen wird. Nun wird der Widerstand mit dem maximal zulässigen Gleichstrom ermittelt, wobei einmal mit normaler und einmal mit umgekehrter Stromrichtung gemessen wird. Das Temperaturäquivalent der Differenz der beiden Widerstandsmessungen darf die Grenzabweichung der für das Thermometer angegebenen Genauigkeitsklasse nicht überschreiten.

6.5.5 Auswirkungen von Temperaturwechseln

Das Thermometer muss langsam bis zur Obergrenze seines Temperaturbereichs erwärmt und dann an Luft auf Raumtemperatur abgekühlt werden. Anschließend muss das Thermometer langsam bis an die Untergrenze des Temperaturbereiches abgekühlt und an Luft auf Raumtemperatur erwärmt werden. Bei jeder Bereichsgrenze ist das Thermometer mindestens bis zur minimalen Eintauchtiefe einzutauchen und muss so lange bei dieser Temperatur gehalten werden, bis ein Temperatúrausgleich stattgefunden hat.

Nach 10 Zyklen zwischen der oberen und der unteren Temperaturgrenze darf der Kalibrierwert bei 0 °C nicht stärker gedriftet sein, als die Grenzabweichung bei 0 °C für die jeweilige Genauigkeitsklasse beträgt.

6.5.6 Hysteresis-Effekt

Nach Einsatz bei einer Temperatur an der unteren Grenze seines Temperaturbereichs erfolgt eine Messung des Thermometerwiderstandes in der Mitte seines Temperaturbereichs. Danach erfolgt eine Widerstandsmessung bei der gleichen Temperatur, nachdem das Thermometer einer Temperatur an der oberen Bereichsgrenze ausgesetzt wurde. Die Differenz beider Messungen darf nicht größer sein, als es die Grenzabweichung bei dieser Prüftemperatur für die jeweilige Genauigkeitsklasse zulässt. Wichtig bei beiden Messungen ist, dass das Thermometer von der jeweiligen Temperaturbereichsgrenze direkt auf die mittlere Temperatur gebracht wird.

BEISPIEL Ist der Temperaturbereich des Thermometers 0 °C bis 400 °C, muss das Thermometer von 0 °C auf 200 °C gebracht werden, danach von 200 °C auf 400 °C und schließlich von 400 °C auf 200 °C, ohne bei diesem letzten Schritt auf unter 200 °C abgekühlt zu werden.

6.5.7 Eigenerwärmung

Der Eigenerwärmungskoeffizient – angegeben in °C/mW – wird bei Temperaturen zwischen 0 °C und 30 °C in strömender Luft von $(3 \pm 0,3)$ m/s und/oder in fließendem Wasser von $> 0,2$ m/s ermittelt. Die Eigenerwärmung darf unter diesen Bedingungen, gemessen mit maximal zulässigem Strom, 25 % der Grenzabweichung der jeweiligen Genauigkeitsklasse nicht überschreiten.

6.5.8 Minimale Eintauchtiefe

Das Thermometer wird in mindestens 85 °C heißes Wasser so tief eingetaucht, wie es zur Prüfung der Einhaltung der Grenzabweichung notwendig wäre. Die Anschlüsse des Thermometers befinden sich annähernd bei Raumtemperatur. Daraufhin wird das Thermometer schrittweise aus dem Medium soweit herausgezogen, bis dessen Widerstand sich um ein Temperaturäquivalent von 0,1 °C ändert. Diese Eintauchtiefe wird als minimale Eintauchtiefe angegeben.

6.6 Zusätzliche Typentests für Spezialanwendungen von Thermometern

Für Spezialanwendungen können besondere Typentests zwischen dem Anwender und dem Hersteller vereinbart werden, zum Beispiel:

6.6.1 Kapazität

Die Kapazität zwischen einem Anschluss des Messkreises und der Armatur bei einer Frequenz von 1 kHz ist anzugeben.

6.6.2 Induktivität

Die Induktivität jedes Widerstandsmesskreises bei einer Frequenz von 1 kHz ist anzugeben.

6.6.3 Durchschlagfestigkeit

Eine Prüfspannung von 500 V AC ist eine Minute lang zwischen einem Messkreis und der Armatur des Thermometers anzulegen. Während dieser Zeit darf es zu keinem Kurzschluss kommen. Für Thermometer mit zwei oder mehr Messkreisen ist die Prüfung zwischen den einzelnen Kreisen durchzuführen.

6.6.4 Schwingprüfung

Bei dieser Prüfung sollte das Thermometer möglichst in der gleichen Art und Weise montiert werden, in der es auch im späteren Betrieb eingebaut wird. Das Thermometer muss im Frequenzbereich von 10 Hz bis 500 Hz mit einer Beschleunigung von 20 m/s^2 bis 30 m/s^2 gerüttelt werden. Die Prüffrequenz muss im angegebenen Bereich mit einer Änderungsgeschwindigkeit von 1 Oktave je Minute periodisch geändert werden. Die gesamte Versuchsdauer beträgt 150 h, je zur Hälfte bei Längs- und Queranregung zur Achse des Thermometers. Die Frequenzen und der Verlauf von Resonanzstellen sind aufzuzeichnen, begrenzt bis zur ersten Harmonischen. Die inneren elektrischen Verbindungen sind während der gesamten Versuchsdauer zu überwachen.

Nach dieser Prüfung ist der Isolationswiderstand des Thermometers entsprechend 6.3.1 zu prüfen. Außerdem darf sich der Widerstand am Eispunkt des Wassers (0°C) um nicht mehr als das Äquivalent von $0,1^\circ\text{C}$ verändert haben.

6.6.5 Stoßprüfung

Diese Prüfung soll Schwachstellen in der Konstruktion aufzeigen. Das Thermometer einschließlich seines Anschlusskopfes – soweit vorhanden – wird aus 250 mm Höhe (Längsachse horizontal) 10-mal auf eine 6 mm starke Stahlplatte, die auf festem Untergrund liegt, fallen gelassen. Danach wird das Thermometer auf mechanische Schäden untersucht. Außerdem werden der Isolationswiderstand entsprechend 6.3.1 sowie der elektrische Durchgang überprüft.

6.7 Zusammenfassung der Prüfungen

Tabelle 5 gibt eine Zusammenfassung der in dieser internationalen Norm beschriebenen Prüfungen und verweist auf die Abschnitte mit den Details zu diesen Tests.

Tabelle 5 – Tabelle der in dieser Norm beschriebenen Prüfungen

	Stückprüfungen		Typprüfungen		Zusätzliche Prüfungen
	Mess- widerstände	Thermo- meter	Mess- widerstände	Thermo- meter	
Grenzabweichung	6.2.1	6.3.4	6.4.1	6.3.4	
Isolationswiderstand bei Raumtemperatur		6.3.1		6.3.1	
Dichtheit der Armatur		6.3.2		6.3.2	
Maßhaltigkeitstest		6.3.3		6.3.3	
Stabilität bei Höchsttemperatur			6.4.2	6.5.3	
Thermoelektrischer Effekt				6.5.4	
Eigenerwärmung			6.4.3	6.5.7	
Isolationswiderstand bei erhöhten Temperaturen				6.5.1	
Thermische Ansprechzeit				6.5.2	
Temperatur-Wechsel				6.5.5	
Hysteresis-Effekt				6.5.6	
Minimale Eintauchtiefe				6.5.8	
Kapazität					6.6.1
Induktivität					6.6.2
Durchschlagfestigkeit					6.6.3
Schwingprüfung					6.6.4
Stoßprüfung					6.6.5

7 Vom Hersteller zur Verfügung zu stellende Informationen

7.1 Nur für Messwiderstände

Leiter der Widerstände:

- Länge der Leiter;
- Längswiderstand in Ω/mm ;
- Temperaturkoeffizient des Leitungswiderstandes;
- Material.

7.2 Für Messwiderstände und Thermometer

- Ergebnisse aller durchgeführten Typprüfungen;
- Temperaturempfindliche Länge und Position des Messwiderstandes;
- Elektrischer Widerstand und Temperaturkoeffizienten der Innenleiter für 2-Leiter-Ausführungen, bei denen der Widerstand der internen Verbindungsdrähte gleich oder größer als der Wert der Grenzabweichung bei der Höchsttemperatur der jeweiligen Klasse ist.

8 Identifikation und Kennzeichnung der Thermometer

Jedes Thermometer muss gekennzeichnet oder beschriftet werden, so dass der Anwender direkt oder indirekt die Anzahl der Widerstände, den Nennwiderstand, die Genauigkeitsklasse, die Anschlussart und die Temperaturbereichsgrenzen ermitteln kann.

Beispiel:

$$1 \times \text{Pt } 100 / A / 4 / -150 / +500$$

ist zu lesen als:

- ein Messwiderstand;
- Nennwiderstand: $R_0 = 100 \Omega$;
- Genauigkeitsklasse A (Gültigkeitsbereich der Grenzabweichungen = -100°C bis 450°C);
- 4-Leiter-Anschluss;
- Untere Temperaturbereichsgrenze des Thermometers: -150°C ;
- Obere Temperaturbereichsgrenze des Thermometers: $+500^\circ\text{C}$.

Anhang ZA
(normativ)

Normative Verweisungen auf internationale Publikationen
mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ANMERKUNG Wenn internationale Publikationen durch gemeinsame Abänderungen geändert wurden, durch (mod.) angegeben, gelten die entsprechenden EN/HD.

Publikation	Jahr	Titel	EN/HD	Jahr
IEC 61152 (mod.)	– ²⁾	Dimensions of metal-sheathed thermometer elements	EN 61152	1994 ³⁾
IEC 61298-1	– ²⁾	Process measurement and control devices – General methods and procedures for evaluating performance – Part 1: General considerations	EN 61298-1	1995 ³⁾

²⁾ Undatierte Verweisung.
³⁾ Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm gültige Ausgabe.