

# Einsatzgrenzen und Genauigkeiten von Platin-Widerstandsthermometern nach DIN EN IEC 60751

WIKA Datenblatt IN 00.17

## Allgemeines

Die Temperatur ist ein Maß für den Wärmezustand eines Stoffes, also ein Maß für die mittlere Bewegungsenergie seiner Moleküle. Ein enger thermischer Kontakt zweier Körper ist notwendig, damit diese die gleiche Temperatur annehmen (Temperaturausgleich). Der zu messende Körper ist so eng wie möglich mit dem Temperaturfühlersystem in Verbindung zu bringen.

Die bekanntesten Temperaturmessverfahren beruhen auf Stoff- oder Körpereigenschaften, die sich mit der Temperatur ändern. Eines der am häufigsten eingesetzten Verfahren ist die Messung mit einem Widerstandsthermometer.

Das vorliegende Dokument fasst die wiederkehrenden Begriffe und Technologien zusammen, die für alle von WIKA produzierten Widerstandsthermometer gültig sind.

### Standardausführung

Wenn keine weiteren Angaben oder Kundenwünsche vorliegen, empfehlen wir diese Auswahl, bzw. wählen wir bei Angebot oder Produktion des Thermometers diese Option aus.

## Sensorik

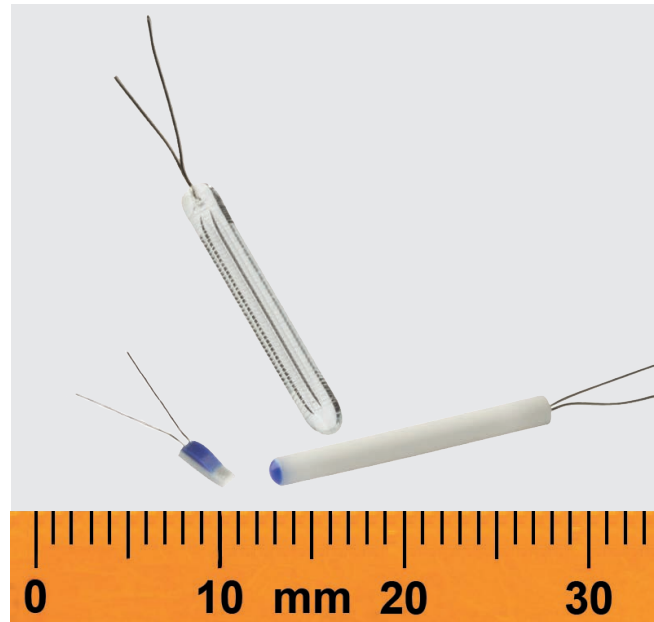
Bei einem Widerstandsthermometer ändert sich der elektrische Widerstand eines Sensors mit der Temperatur. Da der Widerstand mit der Temperatur steigt, spricht man von einem PTC (**P**ositive **T**emperature **C**oefficient).

Im industriellen Einsatz werden üblicherweise Pt100- oder Pt1000-Messwiderstände verwendet. Die genauen Eigenschaften dieser Messwiderstände und der darauf basierenden Thermometer sind in der IEC 60751 festgelegt. Die wichtigsten Eigenschaften sind im Folgenden zusammengefasst.

### Widerstandsgrundwerte bei 0 °C

Bezeichnung	Grundwert in $\Omega$
<b>Pt100</b>	100
<b>Pt1000</b>	1.000

Fett gedruckt: Standardausführung



**Abb. links: Dünnschicht-Messwiderstand**

**Abb. Mitte: Glass-Messwiderstand**

**Abb. rechts: Keramik-Messwiderstand**

## Bauformen von Messwiderständen

Die im Thermometer eingesetzten Messwiderstände können als drahtgewickelte Messwiderstände (engl. W = Wire Wound) oder als Dünnschicht-Messwiderstände (auch Flach- oder Dünnschicht-Messwiderstand, engl. F = Thin Film) ausgeführt sein.

### Dünnschicht-Messwiderstände (F), Standardausführung

Bei Dünnschicht-Messwiderständen (Thin Film), auch als Flach-Messwiderstände bezeichnet, wird eine sehr dünne Platinschicht auf eine keramische Trägerplatte aufgebracht. Danach werden Anschlussdrähte kontaktiert. Abschließend werden Platinschicht und Anschlussdrahtverbindung durch eine weitere Schicht aus Glas gegen Außeneinflüsse versiegelt.

Der Dünnschicht-Messwiderstand zeichnet sich aus durch:

- Temperaturbereich:  $-50 \dots +500 \text{ °C}^1$
- Hohe Vibrationsbeständigkeit
- Sehr kleine Baugröße
- Gutes Preis-/Leistungsverhältnis

Dünnschicht-Messwiderstände stellen die Standardbauform dar, sofern diese nicht durch den Temperaturbereich oder expliziten Kundenwunsch ausgeschlossen werden.

Dünnschicht-Messwiderstand



### Drahtgewickelte Messwiderstände (W)

Bei dieser Bauform wird ein sehr dünner Platindraht von einem runden Schutzkörper umhüllt. Diese Bauform ist seit Jahrzehnten bewährt und weltweit akzeptiert.

Es gibt zwei Unterformen die sich in der Wahl des Isolationsmaterials unterscheiden:

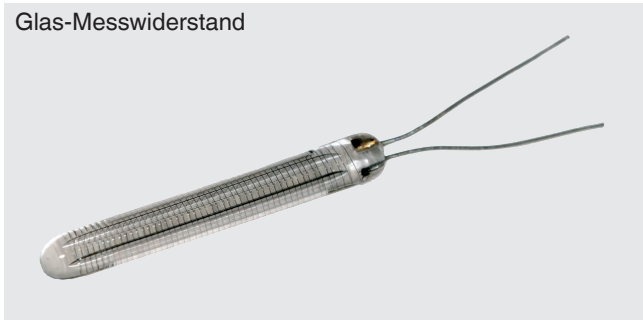
#### ■ Glas-Messwiderstand

Bei einem Glas-Messwiderstand ist der bifilare Draht in einem Glaskörper eingeschmolzen.

Der Glas-Messwiderstand zeichnet sich aus durch:

- Temperaturbereich:  $-196 \dots +400 \text{ °C}^1$
- Hohe Vibrationsbeständigkeit

Glas-Messwiderstand



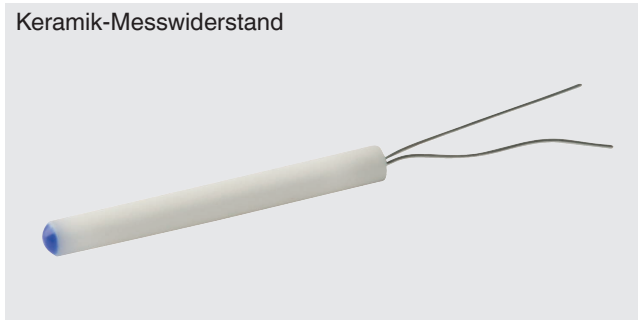
#### ■ Keramik-Messwiderstand

Bei einem Keramik-Messwiderstand befindet sich der Platindraht als Spirale aufgewickelt in einer runden Aussparung des Schutzkörpers.

Der Keramik-Messwiderstand zeichnet sich aus durch:

- Temperaturbereich:  $-196 \dots +600 \text{ °C}^1$
- Eingeschränkte Vibrationsbeständigkeit

Keramik-Messwiderstand

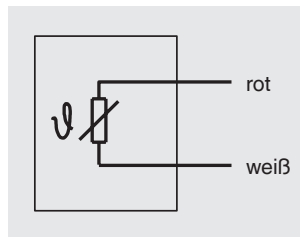


1) Angaben gelten für Klasse B, siehe auch Tabelle Seite 4

## Sensor-Schaltungsarten

### ■ 2-Leiter-Schaltung

Der Leitungswiderstand bis zum Sensor geht als Fehler in die Messung ein. Daher ist diese Schaltungsart bei Verwendung von Pt100-Messwiderständen für die Genauigkeitsklassen A und AA nicht sinnvoll, da der elektrische Widerstand der Anschlussleitungen und dessen eigene Temperaturabhängigkeit voll in das Messergebnis eingehen und dieses somit verfälschen.

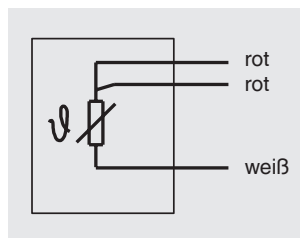


#### Anwendungen

- Anschlussleitungen bis 250 mm
- Standard bei Verwendung von Pt1000-Messwiderständen

### ■ 3-Leiter-Schaltung (Standardausführung)

Der Einfluss des Leitungswiderstandes wird weitestgehend kompensiert. Die maximale Länge der Anschlussleitung hängt vom Leitungsquerschnitt und von den Kompensationsmöglichkeiten der Auswerteelektronik (Transmitter, Anzeige, Regler oder Prozessleitsystem) ab.



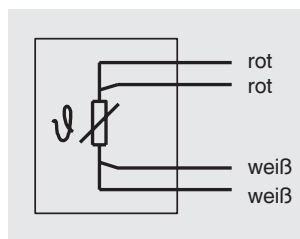
#### Anwendungen

- Anschlussleitungen bis ca. 30 m

### ■ 4-Leiter-Schaltung

Der Einfluss der Anschlussleitung auf das Messergebnis wird vollständig eliminiert, da auch eventuelle Asymmetrien im Leitungswiderstand der Anschlussleitung kompensiert werden.

Die maximale Länge der Anschlussleitung hängt vom Leitungsquerschnitt und von den Kompensationsmöglichkeiten der Auswerteelektronik (Transmitter, Anzeige, Regler oder Prozessleitsystem) ab. Eine 4-Leiter-Schaltung kann auch als 2- oder 3-Leiter-Schaltung verwendet werden, in dem man die überzähligen Leiter nicht anschließt.



#### Anwendungen

- Labortechnik
- Kalibriertechnik
- Genauigkeitsklasse A oder AA
- Anschlussleitungen bis 1.000 m

## Doppelsensoren

**In der Standardausführung ist ein Sensor montiert.**

Die Farbkombination schwarz/gelb ist für einen optionalen zweiten Messwiderstand reserviert. Bei bestimmten Kombinationen (z. B. bei kleinen Durchmessern) können Doppelsensoren technisch ausgeschlossen sein.

## Beziehung zwischen Temperatur und Widerstand

Für jede Temperatur existiert genau ein Widerstandswert. Dieser eindeutige Zusammenhang kann mit mathematischen Formeln beschrieben werden.

Für den Temperaturbereich  $-200 \dots 0 \text{ °C}$  gilt unabhängig von der Bauform des Widerstandes:

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

Für den Temperaturbereich  $0 \dots 600 \text{ °C}$  gilt:

$$R_t = R_0 [1 + At + Bt^2]$$

Legende:

t = Temperatur in °C

$R_t$  = Widerstand in Ohm bei der gemessenen Temperatur

$R_0$  = Widerstand in Ohm bei  $t = 0 \text{ °C}$  (z. B. 100 Ohm)

### Zur Berechnung gelten die folgenden Konstanten

$$A = 3,9083 \cdot 10^{-3} \text{ (°C}^{-1}\text{)}$$

$$B = -5,7750 \cdot 10^{-7} \text{ (°C}^{-2}\text{)}$$

$$C = -4,1830 \cdot 10^{-12} \text{ (°C}^{-4}\text{)}$$

## Einsatzgrenzen und Genauigkeitsklassen

Die beiden Bauformen von Messwiderständen (Drahtgewickelt/Dünnschicht) unterscheiden sich in Bezug auf die möglichen Genauigkeiten bei den Einsatztemperaturen.

Klasse	Temperaturbereich in °C		Grenzabweichung
	Drahtgewickelt (W)	Dünnschicht (F)	
B	<b>-196 ... +600</b>	<b>-50 ... +500</b>	$\pm(0,30 + 0,0050   t  )^1$
A	-100 ... +450	-30 ... +300	$\pm(0,15 + 0,0020   t  )^1$
AA	-50 ... +250	0 ... 150	$\pm(0,10 + 0,0017   t  )^1$

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

**Fett gedruckt: Standardausführung**

Thermometer/Messeinsätze mit eingebauten Messwiderständen können unter bestimmten Voraussetzungen in einem Temperaturbereich betrieben werden, der sich außerhalb des Temperaturbereiches der angegebenen Klasse befindet.

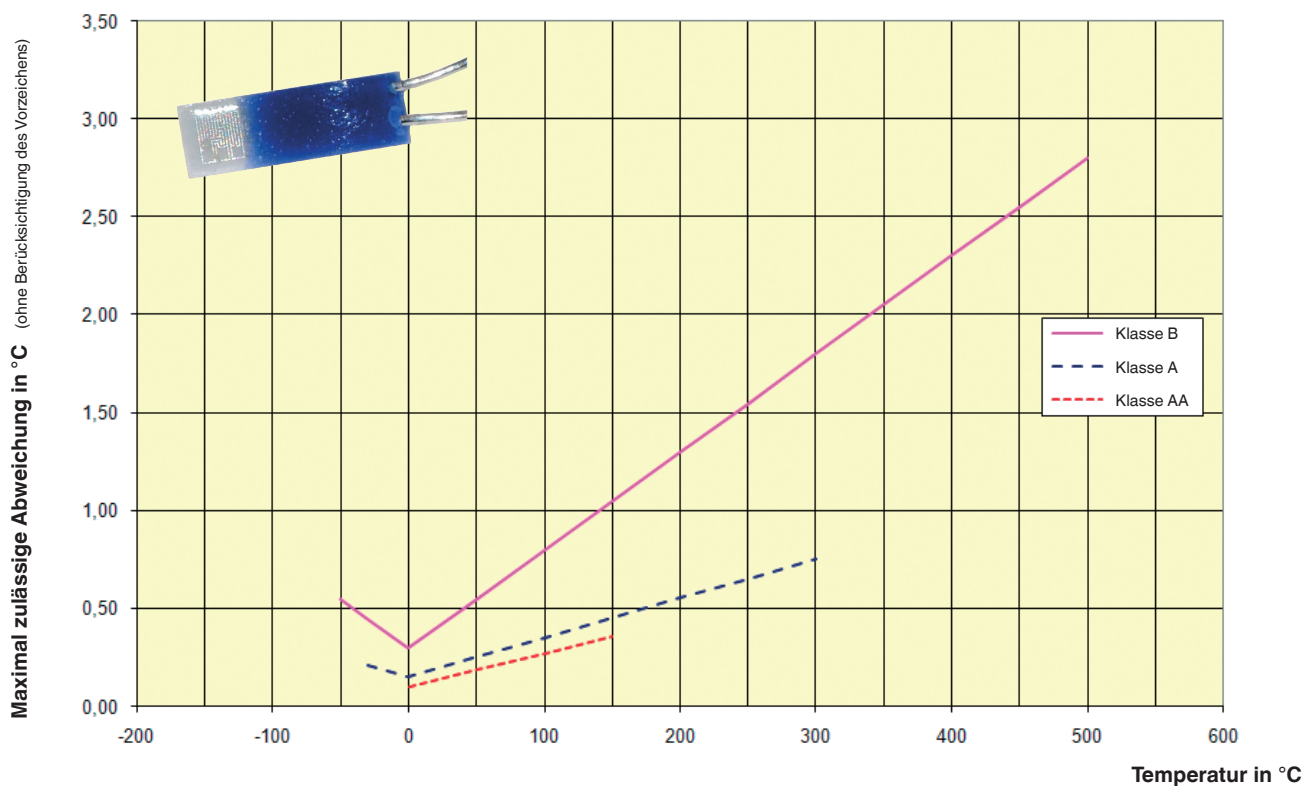
Bezüglich der Einhaltung der Grenzabweichung (Klassengenauigkeit) ist Folgendes zu beachten:

Bei Standardgeräten kann die zuvor angegebene Klasse A nicht länger bestätigt werden, wenn das Thermometer bzw. der Messeinsatz ober- oder unterhalb des Klasse A-Temperaturbereiches betrieben wurde. Die Verweildauer ist dabei nicht relevant.

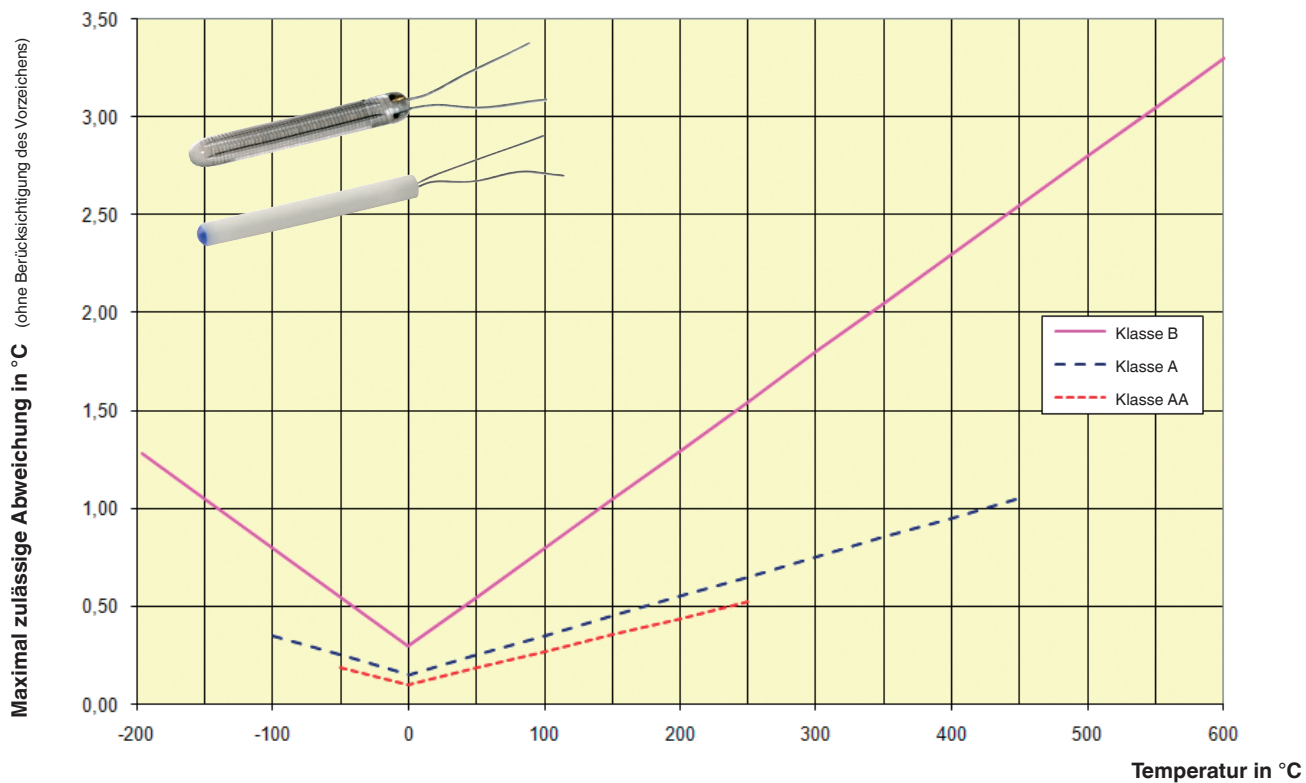
Auch wenn sich die Temperatur wieder im Bereich der Klasse A befindet, ist die Klassengenauigkeit des Messwiderstandes nicht mehr definiert.

# Widerstandswerte und Grenzabweichungen bei ausgewählten Temperaturen (Pt100)

Grenzabweichung IEC 60751 für Widerstandsthermometer mit Schicht-Messwiderständen



Grenzabweichung IEC 60751 für Widerstandsthermometer mit drahtgewickelten Messwiderständen



## Temperaturwerte und Grenzabweichungen bei ausgewählten Widerstandswerten (Pt100)

Widerstandswert in $\Omega$	Temperaturwert in $^{\circ}\text{C}$ (ITS 90)		
	Genauigkeitsklasse B	Genauigkeitsklasse A	Genauigkeitsklasse AA
50	-126,07 ... -124,22	-125,55 ... -124,75	-125,46 ... -124,83
80	-51,32 ... -50,22	-51,02 ... -50,52	-50,96 ... -50,58
100	-0,30 ... +0,30	-0,15 ... +0,15	-0,10 ... +0,10
110	25,26 ... 26,11	25,48 ... 25,89	25,54 ... 25,83
150	129,50 ... 131,40	130,04 ... 130,86	130,13 ... 130,77
200	264,72 ... 267,98	265,67 ... 267,03	265,80 ... 266,90
300	554,60 ... 560,78	556,42 ... 558,95	556,64 ... 558,74

Diese Tabelle dient zur Überprüfung der Auswertelektronik, z. B. mittels einer Widerstandsdekade:

D. h. wird der Sensor oder Messwiderstand durch eine Widerstandsdekade simuliert, sollte die auswertende Elektronik einen Temperaturwert innerhalb der oben angegebenen Grenzwerte anzeigen.

## Widerstandswerte und Grenzabweichungen bei ausgewählten Temperaturen (Pt100)

Temperatur in $^{\circ}\text{C}$ (ITS 90)	Widerstandswert in $\Omega$		
	Genauigkeitsklasse B	Genauigkeitsklasse A	Genauigkeitsklasse AA
-196	19,69 ... 20,80	-	-
-100	59,93 ... 60,58	60,11 ... 60,40	-
-50	80,09 ... 80,52	80,21 ... 80,41	80,23 ... 80,38
-30	88,04 ... 88,40	88,14 ... 88,30	88,16 ... 88,28
0	99,88 ... 100,12	99,94 ... 100,06	99,96 ... 100,04
20	107,64 ... 107,95	107,72 ... 107,87	107,74 ... 107,85
100	138,20 ... 138,81	138,37 ... 138,64	138,40 ... 138,61
150	156,93 ... 157,72	157,16 ... 157,49	157,91 ... 157,64
250	193,54 ... 194,66	193,86 ... 194,33	193,91 ... 194,29
300	211,41 ... 212,69	211,78 ... 212,32	-
450	263,31 ... 265,04	263,82 ... 264,53	-
500	280,04 ... 281,91	-	-
600	312,65 ... 314,77	-	-

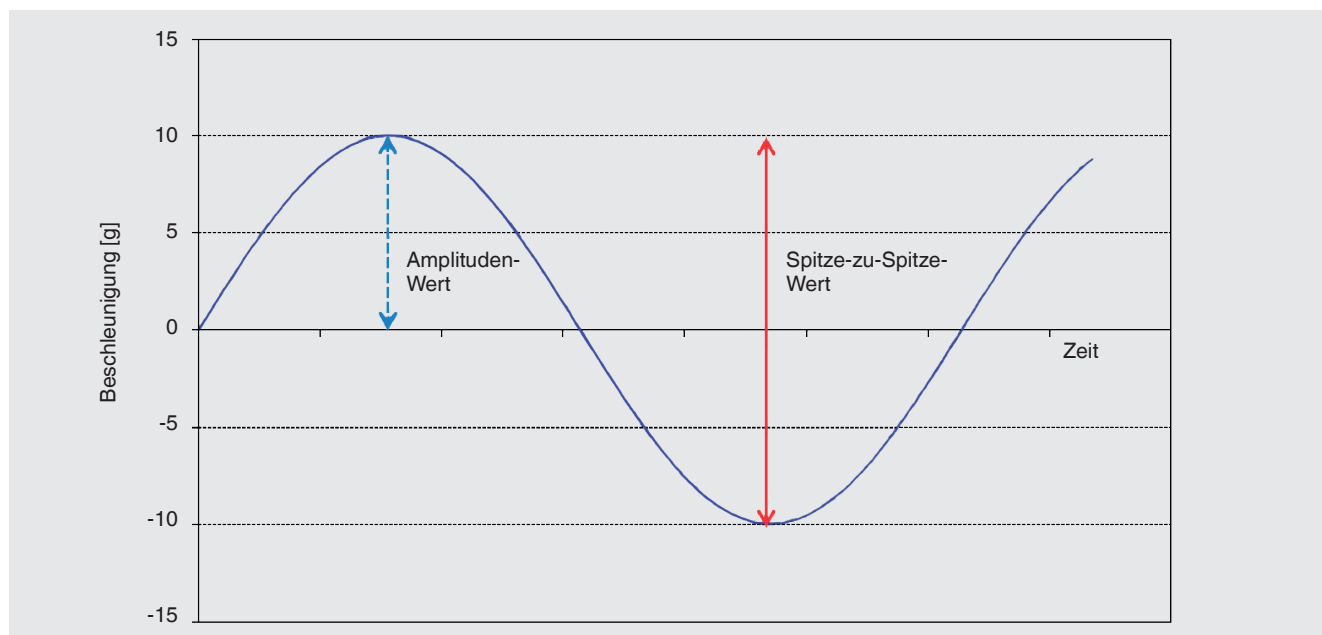
Diese Tabelle bildet den Kalibriervorgang an vordefinierten Temperaturen ab.

D. h. wenn ein Temperaturnormal zur Verfügung steht, so sollte der Widerstandswert des Prüflings innerhalb der o. a. Grenzen liegen.

## Vibrationsbeständigkeit von Widerstandsthermometern

Gemäß der IEC 60751 kann die Konstruktion eines Widerstandsthermometers immer mit durch Schwingungen hervorgerufenen Beschleunigungen belastet werden, die bis zu 3 g ( $30 \text{ m/s}^2$ ) betragen und in einem Frequenzbereich von 10 ... 500 Hz stattfinden.

Die in den Datenblättern der elektrischen Thermometer von WIKA aufgeführten Vibrationsbeständigkeitsangaben beziehen sich auf den Wert „Spitze-Spitze“.



Ausführung	Geforderte Vibrationsbeständigkeit nach IEC 60751 in g <sup>1)</sup> (Spitze-Spitze)	Ermittelte Vibrationsbeständigkeit WIKA nach IEC 60751 in g <sup>1)</sup> (Spitze-Spitze)
<b>Standard</b>	3	6
<b>Vibrationsbeständig</b> (Optional, Messwiderstand Dünnschicht)	-	20
<b>Hochvibrationsbeständig</b> (Sonderaufbau, Messwiderstand Dünnschicht)	-	50

1)  $9,81 \text{ m/s}^2$

Messwiderstand		Vibrationsbeständigkeit (Spitze-Spitze)					
		Ø 3 mm (MI-Leitung)			Ø 6 mm (MI-Leitung)		
		6 g	20 g	50 g	6 g	20 g	50 g
<b>Dünnschicht (F)</b>	1 x Pt100 / 1 x Pt1000	x	x	x	x	x	x
	2 x Pt100 / 2 x Pt1000	x	x	-	x	x	x
<b>Dünnschicht, bodenempfindlich (FS)</b>	1 x Pt100 / 1 x Pt1000	x	-	-	x	-	-
<b>Drahtgewickelt (W)</b>	1 x Pt100 / 1 x Pt1000	x	-	-	x	-	-
	2 x Pt100 / 2 x Pt1000	x	-	-	x	-	-

Die in den Datenblättern der elektrischen Thermometer von WIKA aufgeführten Vibrationsbeständigkeitsangaben beziehen sich nur auf die Fühlerspitze.

© 01/2010 WIKA Alexander Wiegand SE & Co. KG, alle Rechte vorbehalten.  
Die in diesem Dokument beschriebenen Geräte entsprechen in ihren technischen Daten dem derzeitigen Stand der Technik.  
Änderungen und den Austausch von Werkstoffen behalten wir uns vor.



**WIKAL 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