

## Grundlagen zur Präzisions-Temperaturmessung mit Pt100-Sensoren

### Sensorgenauigkeit

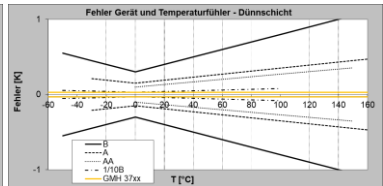
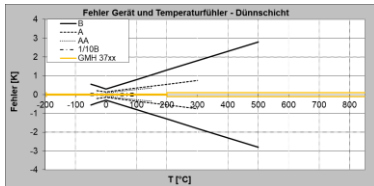
Geräte wie das GMH 3750 haben eine sehr hohe Messgenauigkeit. Um diese hohe Genauigkeit optimal nutzen zu können müssen entsprechend hochwertige Temperaturfühler verwendet werden. Folgende Genauigkeitsklassen von Platin-Messwiderständen sind gemäß IEC 751 bzw. EN 60751 genormt:

Toleranzklasse	Norm	Grenzabweichung in °Kelvin
B	IEC 751 / EN 60751	$\pm (0,30 + 0,00500 \cdot  \text{Temperatur} )$
A	IEC 751 / EN 60751	$\pm (0,15 + 0,00200 \cdot  \text{Temperatur} )$
AA (= 1/3 B)	IEC 751 / EN 60751	$\pm (0,10 + 0,00167 \cdot  \text{Temperatur} )$
1/10 B (= 1/10 B)	keine	$\pm (0,03 + 0,00050 \cdot  \text{Temperatur} )$

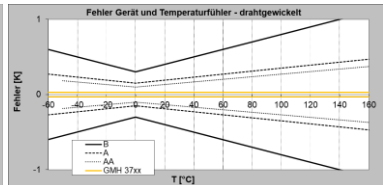
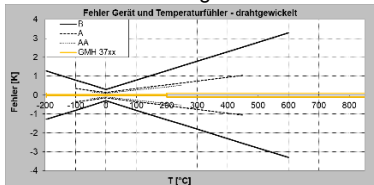
Dabei ist der Gültigkeitsbereich von der Bauart des Sensors abhängig. Drahtgewickelte Sensoren erlauben weitere Temperaturbereiche als Dünnschichtsensoren (weitere Einschränkungen können sich durch produktspezifische Eigenschaften, wie Kabel oder Verbindungen, ergeben)

Toleranzklasse	drahtgewickelt	Dünnschicht
B	-196 bis +600 °C	-50 bis +500 °C
A	-100 bis +450 °C	-30 bis +300 °C
AA (= 1/3 B)	-50 bis +250 °C	0 bis +150 °C
1/10 B (= 1/10 B)		-50 bis 100 °C

#### Fehlerband für Pt 100 Dünnschicht-Sensoren:



#### Fehlerband für drahtgewickelte Pt 100 Sensoren:



# Systemgenauigkeit (Gerät und Fühler)

Für Anwendungen mit sehr hohen Genauigkeitsanforderungen, die über die eigentliche Genauigkeit des Sensors hinausgehen, empfiehlt sich entweder ein Abgleich des Fühlers auf das Gerät oder die Erstellung eines Werkskalibrierscheins für das Messsystem bestehend aus Gerät und Fühler.

## Anschlussstechnik

- **2-Leiter-Messung**

Einfachste aber auch schlechteste Möglichkeit des Fühleranschlusses über eine 2-polige Anschlussleitung.

Übergangswiderstände (z.B. Stecker) und der zusätzliche Widerstand der Fühleranschlussleitung addieren sich zum Messwiderstand und führen teilweise zu einer wesentlich höheren Temperaturanzeige.

**Abhilfe:** Abgleich des Temperaturfühlers auf das Messgerät z.B. bei 0°C

- **3-Leiter-Messung**

Hierbei handelt es sich um die in der Industrie am häufigsten eingesetzte Temperaturmessung. Der Anschluss des Widerstandsthermometers erfolgt über eine 3-polige Anschlussleitung. Durch zwei separate Messkreise können Leitungs- und Übergangswiderstände fast vollständig kompensiert werden. Selbst temperaturabhängige Änderungen des Leitungswiderstands werden berücksichtigt. Ein spezieller Abgleich des Leitungswiderstandes ins nicht erforderlich.

- **4-Leiter-Messung**

Der Anschluss des Widerstandsthermometers erfolgt über eine 4-polige Anschlussleitung. Durch die Einspeisung des Messstroms über zwei Adern und die Messung des Spannungsabfalls an den beiden anderen Adern kann der Einfluss von Leitungs- und Übergangswiderständen völlig kompensiert werden. Diese Art der Anschlussstechnik eignet sich besonders für hochpräzise Temperaturmessungen, wie z.B. im Pt100-Hochpräzisions-Thermometer GMH 3710 und GMH 3750

## Wärmeableitung durch Fühlerkonstruktion

Insbesondere bei Messung von Temperaturen die extrem von der Umgebungstemperatur abweichen, treten Messunsicherheiten auf, wenn die Wärmeableitung durch den Fühler nicht berücksichtigt wird. Bei Messungen in Flüssigkeiten sollte deswegen ausreichend tief

$$\text{Eintauchtiefe} = 10 \times \text{Fühlerdurchmesser} + \text{aktive Sensorlänge}$$

eingetaucht und anschließend gerührt werden. Bei Messungen von Gasen sollte das Fühlerrohr möglichst weit in das zu messende Gas hineinragen (z.B. bei Kanalmessungen) und das Gas sollte den Fühler möglichst kräftig umspülen.

## Oberflächentemperaturmessungen

Wird die Temperatur an der Oberfläche eines Gegenstandes gemessen, muss insbesondere bei sehr heißen (oder kalten) Gegenständen berücksichtigt werden, dass die umgebende Luft den Gegenstand an der Oberfläche abkühlt (oder erhitzt). Zusätzlich wird der Gegenstand durch den Fühler abgekühlt (erhitzt) bzw. der Fühler hat einen besseren Wärmeübergang zur umgebenden Luft als zum zu messenden Objekt (s.o.). All diese Faktoren verursachen große Messunsicherheiten. Deshalb sollten am besten spezielle Oberflächenfühler verwenden. Die Messgenauigkeit ist vor allem abhängig von Konstruktion des Fühlers und der Oberflächenbeschaffenheit des zu messenden Objekts. Bei der Auswahl des Fühlers darauf achten, dass die Masse und die Wärmeableitung des berührenden Sensorelements möglichst gering sind. Bisweilen sind für schnelle Oberflächenmessungen Thermoelemente und Infrarotsysteme besser geeignet als Pt100 Fühler. Wärmeleitpaste zwischen Fühler und Oberfläche erhöht in manchen Fällen die Messgenauigkeit.

## Zulässiger Fühlertemperaturbereich

Pt100 Sensoren sind für sehr große Temperaturbereiche geeignet. Abhängig von der Fühlerkonstruktion und der Sensorart (z.B. Dünnschichtsensor, gewickelter Drahtwiderstand...) müssen die zulässigen Temperaturgrenzen des verwendeten Fühlers eingehalten werden. Ein Überschreiten des zulässigen Bereiches liefert in der Regel ein ungenaueres Messergebnis, oder der Fühler wird sogar dauerhaft beschädigt!

Es ist auch zu beachten, dass die zulässigen Temperaturen oft nur für das Fühlerrohr gelten, der (Kunststoff-) Handgriff aber diesen Temperaturen nicht

unbedingt standhält. Deswegen muss für die Messung von hohen Temperaturen die Fühlerrohrlänge ausreichend lang gewählt werden, damit der Handgriff nicht beschädigt wird.

## Eigenerwärmung

Um den Widerstand eines Pt100-Sensors messen zu können, muss durch diesen ein Messstrom geschickt werden. Dieser Strom erzeugt je nach Höhe eine mehr oder weniger hohe Verlustleistung, die sich in Form von Wärme am Sensor bemerkbar macht. In der Regel ist ein Messstrom von 1mA üblich, der eine Verlustleistung von 0,1mW bedeutet. Bei den Präzisionsmessgeräten der Serie GMH 3710 und GMH 3750 beträgt der verwendete Sensorstrom lediglich 0,3 mA. Dadurch ist in der Praxis die Sensorerwärmung selbst von sehr kleinen Sensorelementen an ruhender Luft (Worst Case)  $\leq 0,01^{\circ}\text{C}$  und daher vernachlässigbar.

## Verdunstungskälte

Bei Messungen der Lufttemperatur sollte der Fühler trocken sein, ansonsten wird eine zu niedrige Temperatur gemessen. (Abkühlung durch Verdunstung).