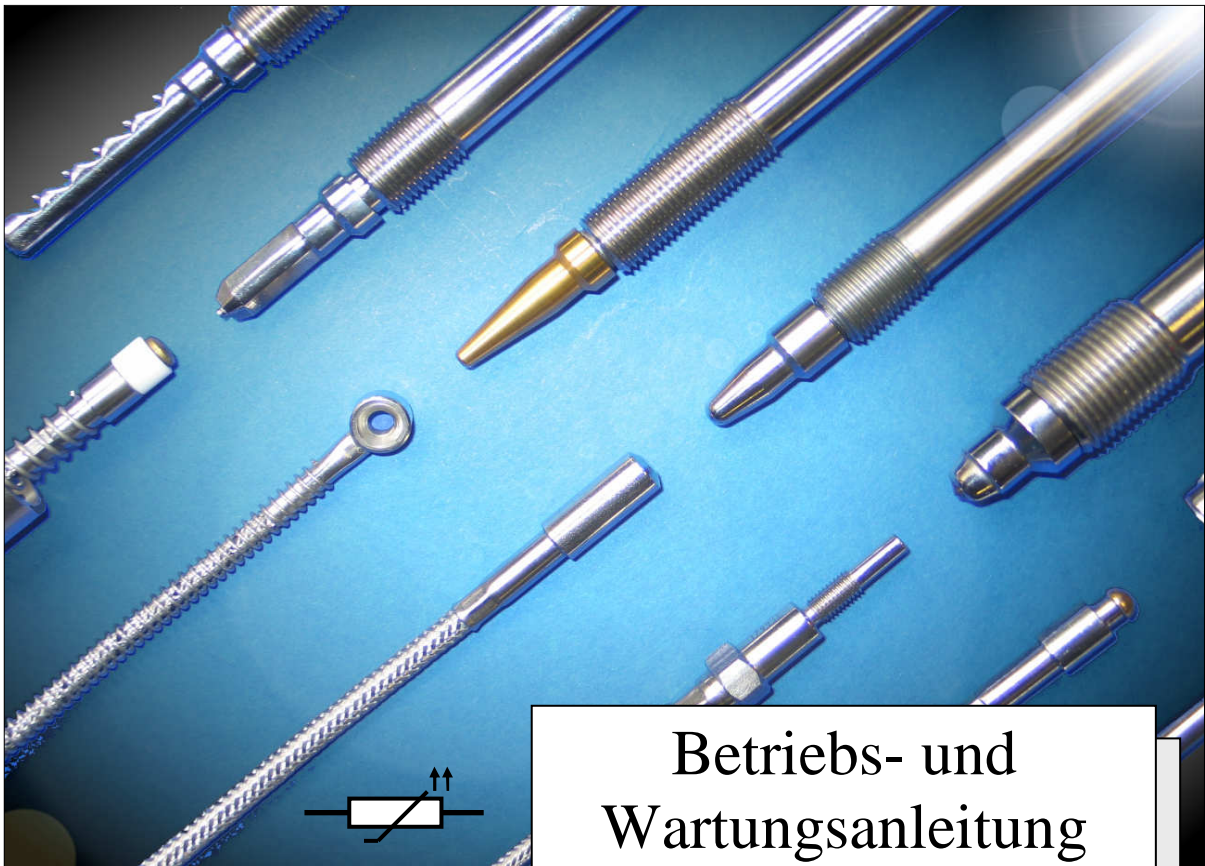


Platin Widerstandsthermometer



Betriebs- und
Wartungsanleitung
Deutsch

Betriebs- und Wartungsanleitung Widerstandsthermometer

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Informationen	3
2	Funktionalität	4
2.1	Mess-Prinzip	4
2.2	Linearisierung	4
2.3	Normung und Toleranzen	4
2.4	Selbsterwärmung	6
2.5	Störeinflüsse	6
2.6	Wärmeableitfehler	6
2.7	Thermospannungen	7
2.8	Isolationswiderstand	7
2.9	Ansprechzeit	7
2.10	Die richtige Auswahl	8
2.11	Temperaturfühler mit Anschlusskopf	8
3	Bedienung des Gerätes	8
3.1	Warnhinweise	9
3.2	Anschluss	10
4	Wartung	11

Stand: Rev.1, Juni 2011
Änderungen vorbehalten

1 Allgemeine Informationen

Bitte lesen Sie die Bedienungsanleitung vor Montage und Anschluss des Sensors aufmerksam und vollständig durch! Wenn Schäden durch die Nichtbeachtung der Bedienungsanleitung entstehen, erlischt der Garantieanspruch. Für Folgeschäden übernehmen wir keine Haftung.

Garantie:

Wir gewähren für den Sensor eine Garantie von 24 Monaten ab Kaufdatum.

Die Gewährleistung umfasst die unentgeltliche Behebung von Mängeln, die nachweisbar auf die Verwendung nicht einwandfreien Materials oder mangelhafte Ausführung zurückzuführen sind. Das schadhafte Gerät ist nach bekannt werden eines Mangels unverzüglich mit Kaufbeleg und Fehlerbeschreibung an den Hersteller einzusenden.

Weitergehende Ansprüche sind ausgeschlossen.

Die Mängelhaftung bezieht sich nicht auf natürliche Abnutzung, Transportschäden sowie Schäden infolge Nichtbeachtung der Einbauanweisung, landesüblicher Installationsbestimmungen oder aufgrund unfachgerechter Installation.

Der Hersteller haftet nicht für Schäden, die nicht am Liefergegenstand selbst entstanden sind, insbesondere nicht für indirekte, Folge- oder Vermögensschäden im Zusammenhang mit diesem Produkt.

Wir behalten uns eine Reparatur, Nachbesserung, Ersatzteillieferung oder Rückerstattung des Kaufpreises vor.

Bei Entfernung unserer Kennzeichnung (Seriennummer) kann kein Garantieanspruch erhoben werden.

Das Produkt wird hergestellt durch:

Gräff GmbH
Temperatur-, Mess- und Regeltechnik
Bonner Strasse 54
D-53842 Troisdorf

2 Funktionalität

Platin-Widerstandsthermometer haben eine hohe Genauigkeit über einen weiten Temperaturmessbereich verteilt (von -200°C bis +850 °C). In ihrer Verarbeitung wird reines Platin gezielt verunreinigt, um die Eigenschaften des reinen Metalls zu erhalten und es gleichzeitig widerstandsfähiger gegen chemische Verunreinigungen während des Messprozesses zu machen. Im Gegensatz zu Thermoelementen ist es nicht notwendig spezielle Leitungen zu verwenden, um den Sensor anschließen zu können.

2.1 Mess-Prinzip

Widerstandsthermometer nutzen die Eigenschaft eines elektrischen Leiters, mit der Temperatur seinen elektrischen Widerstand zu verändern. Das Mess-Prinzip dieser Fühler ist es, den Widerstandswert des Platin-Elements zu messen. Der am meisten verwendete Typ (Pt100) hat einen Widerstandswert von 100 Ohm bei 0°C und 138,4 Ohm bei 100°C. Dementsprechend haben Pt25/Pt1000-Fühler einen Widerstandswert von 25 Ohm und 1000 Ohm bei 0°C. Platin Widerstandsthermometer zählen zu den Kaltleitern. Bei einem Kaltleiter nimmt der Widerstand mit zunehmender Temperatur zu.

2.2 Linearisierung

Das Verhältnis zwischen Temperatur und Widerstand verläuft über einen kleinen Temperaturbereich annähernd linear, d.h., wenn man annimmt, dass der Messbereich zwischen 0°C bis 100°C linear ist, hätte man einen Fehler von 0,4 °C bei 50 °C. Für genaue Messungen ist es daher notwendig mit einer leicht gekrümmten Linie zu rechnen, um ein möglichst genaues Messergebnis zu erhalten. Die am häufigsten verwendete Definition des Verhältnisses zwischen Temperatur und Widerstandswert ist der Internationale Temperaturstandard 90 (ITS-90).

2.3 Normung und Toleranzen

Gräff GmbH bietet eine Reihe von Platinwiderstandsthermometern an, angefangen bei der Toleranzklasse B (DIN EN 60751:2008). Diese Sensoren haben eine Genauigkeit von +/- 0,3°C bei 0°C. Für genauere Messungen Toleranzklasse A (+/- 0,15°C bei 0°C) oder 1/10 DIN Klasse B Sensoren (+/- 0,03°C bei 0°C). Bitte beachten Sie , dass sich diese Toleranzangaben nur auf den reinen Temperatursensor beziehen und eventuelle Fehler in der Gesamtmesskette beachtet werden müssen.

Gleichungen zur Berechnung des Messwiderstandes in Abhängigkeit von der Temperatur

Polynom 2. Grades ist für den Temperaturbereich von **0 bis 850 °C** festgelegt

$$R(T) = R_0 * (1 + A * T + B * T^2)$$

Polynom 3. Grades ist für den Temperaturbereich von **-200 bis 0 °C** festgelegt

$$R(T) = R_0 * (1 + A * T + B * T^2 + C * (T - 100°C) * T^3)$$

Nach der Norm DIN EN 60751 gelten folgende Koeffizienten:

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

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

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

Beispielrechnung:

Der Messwiderstand hat eine Temperatur von 200°C und der R_0 hat einen Wert von 100 Ohm (Pt100).

$$R(T) = 100\text{Ohm} * (1 + 0,0039083\text{°C}^{-1} * 200\text{°C} + (-0,0000005775\text{°C}^{-2}) * (200\text{°C})^2)$$

$$R(T) = \underline{\underline{175,856 \text{ Ohm}}}$$

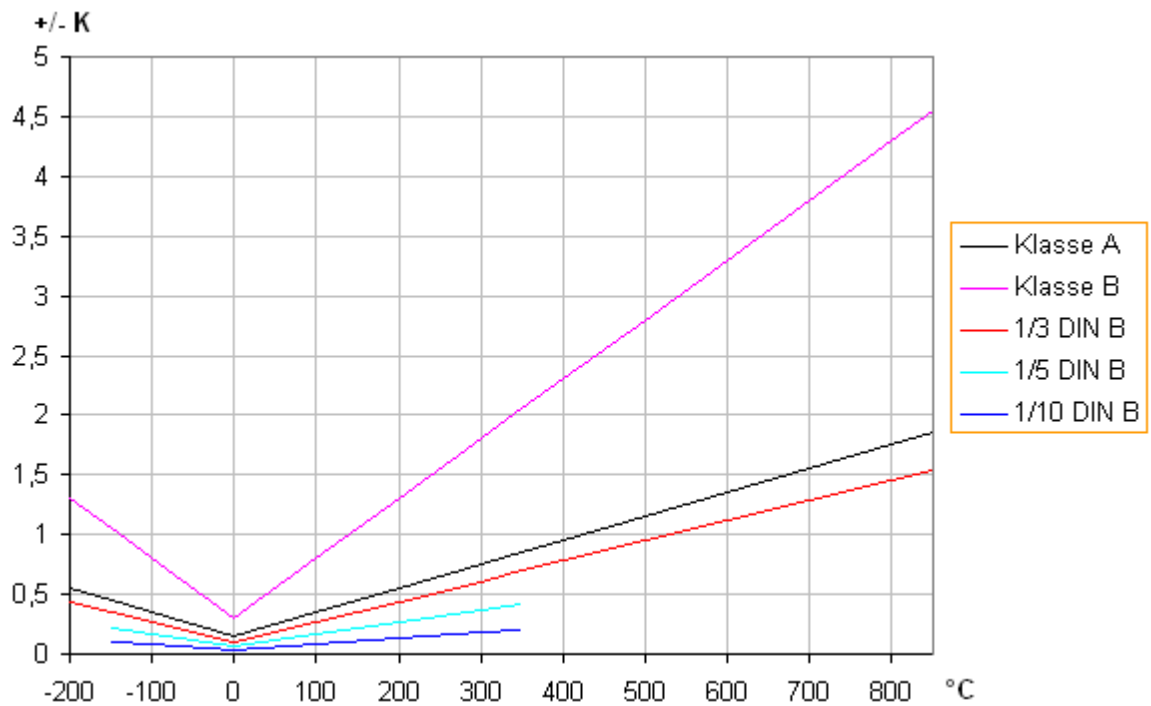
Berechnung der Temperatur aus dem Messwiderstand (Temperaturbereich 0 bis 850°C)

$$T = (-A/2/B) - \sqrt{(A/2/B)^2 - ((R_0 - R_T)/B/R_0)}$$

Toleranzklassen

Toleranzklasse	Temperaturbereich	Formel	Grenzabweichung	
			bei 0°C	bei 200°C
Klasse A	-200 bis 850°C	+/- (0,15K + 0,002 * T)	+/- 0,15 K	+/- 0,55 K
Klasse B	-200 bis 850°C	+/- (0,30K + 0,005 * T)	+/- 0,30 K	+/- 1,30 K
Klasse AA (alt 1/3)	-200 bis 850°C	+/- (0,10K + 0,0017 * T)	+/- 0,10 K	+/- 0,43 K
1/5 DIN B	-150 bis 350°C	+/- (0,06K + 0,001 * T)	+/- 0,06 K	+/- 0,26 K
1/10 DIN B	-150 bis 350°C	+/- (0,03K + 0,0005 * T)	+/- 0,03 K	+/- 0,13 K

T = Messtemperatur, bei der die Toleranz bestimmt werden soll.



2.4 Selbsterwärmung

Der Messstrom, der durch den Messwiderstand fließt, verursacht eine kleine Eigenerwärmung: z.B. ein Messstrom von 1 mA durch einen 100 Ohm Widerstand verursacht eine Erwärmung von 100 μ W. Wenn der Sensor nun nicht in der Lage ist, diese Eigenerwärmung genügend abzuleiten, kommt es zu einer systematisch höheren Temperaturanzeige. Die Eigenerwärmung hängt von verschiedenen Faktoren ab, unter anderem davon, in welchem Maße die erzeugte Verlustleistung vom Messmedium abgeführt werden kann. Wegen des Zusammenhangs für die elektrische Leistung als $P = R \times I^2$ ist der Effekt auch vom Grundwert des Temperatursensors abhängig: Bei gleichem Messstrom wird ein PT1000 Temperatursensor zehnmal stärker erwärmt als ein PT100. Außerdem bestimmen Konstruktionsmerkmale sowie die Wärmeleitung und Wärmekapazität den Messfehler. Die Strömungsgeschwindigkeit des Messmediums beeinflusst den Effekt ebenfalls in starkem Maße. Diese Effekte können reduziert werden, indem größere Sensorabmessungen verwendet werden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass der Sensor ausreichend thermischen Kontakt mit seinem zu messenden Medium hat.

2.5 Störeinflüsse

Bei einem Pt100 Fühler bewirkt eine Temperaturänderung von 1°C eine Widerstandsänderung von 0,384 Ohm. Dies bedeutet, dass ein kleiner Fehler des Messsystems (z.B. schlechter Kontakt mit der Anschlussleitung oder des Offset bei einer Zweileiterschaltung) einen großen Einfluss auf das Messergebnis der Temperatur haben kann.

Aufgrund des kleinen Spannungs- und Strombereiches bei der Messung ist es wichtig, die Kabel des Temperaturwiderstandes weg von elektrischen Kabeln, Motoren, Schaltanlagen oder anderen elektrischen Anlagen, die Störspannung erzeugen können, zu verlegen. Die Verwendung von geschirmten Leitungen, bei denen ein Ende der Abschirmung geerdet ist, können helfen Störeinflüsse gering zu halten. Bei der Verwendung von langen Kabeln ist darauf zu achten dass das Messsystem in der Lage ist, den Leitungswiderstand zu berücksichtigen. Bei der Verwendung eines Messstroms von 1mA erhält man ein Signal von 100 mV (Pt100 bei 0°C). Da die Änderung des Widerstandswertes bei 1°C sehr klein ist, bewirkt ein kleiner Fehler in der Spannungsmessung (z.B. entsteht eine Thermospannung bei der Verwendung von zwei verschiedenen Materialien) einen großen Fehler in der Temperaturmessung. Beispielsweise bewirkt ein 100 μ V Spannungsmessfehler einen Fehler von 0,4°C in der Temperaturanzeige. In gleicher Weise bewirkt ein Stromfehler von 1 μ A einen Fehler in der Temperaturanzeige von 0,4°C.

2.6 Wärmeableitfehler

Ein Thermometer wird selten im Bereich der Umgebungstemperatur eingesetzt. Liegt die Messtemperatur ober- oder unterhalb der Umgebungstemperatur, entsteht am Thermometer ein Temperaturgradient zwischen Messort und Umgebung. Hieraus resultiert eine Verfälschung der Temperaturanzeige:

Die Wärme fließt über das Schutzrohr oder durch den Innenaufbau des Thermometers vom wärmeren zum kühleren Ort. Weiterhin ist der Sensor mit der Zuleitung verbunden, durch die eine direkte metallische Verbindung zwischen Sensor und Umgebung gebildet wird, die als Wärmebrücke ebenfalls eine Verfälschung zur Folge hat. Gute elektrische Leiter haben stets auch einen geringen thermischen Widerstand; der Forderung nach einem geringen Widerstand der Zuleitungen steht demnach immer die Tatsache entgegen, dass sie einen großen Wärmeableitfehler bewirken. Weiterhin bestimmt die Konstruktion des Thermometers den Wärmeableitfehler. Der Sensor muss eine gute thermische Verbindung zum Schutzrohr bei gleichzeitiger thermischer Entkopplung von den Anschlussleitungen haben. Die Einbaulänge des Thermometers darf nicht zu gering gewählt werden, da ansonsten zuviel Wärme abgeführt werden kann. Die **Eintauchtiefe** (die Länge des Thermometerteils, die der Messgröße ausgesetzt ist) hängt auch von der Art des Messmediums und der von ihr pro Zeiteinheit übertragenen Wärmemenge ab. Eine schnell strömende Flüssigkeit beispielsweise überträgt mehr Wärme und kann daher die Wärmeableitung des Thermometers besser kompensieren als ruhende Luft. Bei Messungen in Flüssigkeiten genügen allgemein 50 Prozent der Einbaulänge gegenüber Gas.

2.7 Thermospannungen

Auch bei der Temperaturmessung mit Widerstandsthermometern tritt der Effekt der Thermospannungen auf, hier allerdings als recht unerwünschter Nebeneffekt.

Thermospannungen können an der Verbindungsstelle zweier unterschiedlicher Materialien entstehen. Normalerweise kann davon ausgegangen werden, dass sich beide Kontaktstellen auf gleicher Temperatur befinden, und sich die entstehende Thermospannungen somit aufheben. Der Betrag des verursachten Fehlers ist stark von den Eigenschaften der Auswertelektronik abhängig.

Eine einfache Methode zur Diagnostizierung des Messfehlers ist die Durchführung zweier Messungen mit umgekehrter Richtung des Messstroms. Je größer dabei die Differenz ist, desto höher ist die erzeugte Thermospannung.

2.8 Isolationswiderstand

Aufgrund eines begrenzten Widerstandes zwischen Zuleitung und Isolationsmaterial, in das der Sensor eingebettet ist, kann bei schlechtem Isolationswiderstand ein weiterer Messfehler auftreten, der eine zu niedrige Temperaturanzeige bewirkt. Dieses tritt auf, weil der Isolationswiderstand dem eigentlichen Sensor parallel geschaltet ist und sich dadurch ein geringerer Gesamtwiderstand ergibt. Wegen der Temperaturabhängigkeit der Isolationswiderstände kann der durch sie verursachte Fehler mit den Messbedingungen variieren. Speziell bei keramischen Isolationsmaterialien sinkt der Widerstand mit zunehmender Temperatur. Bedingt durch die relativ niedrige Maximaltemperatur von ca. 600°C fällt der Effekt bei Platin-Temperatur Sensoren jedoch kaum ins Gewicht.

Einen schlechten Isolationswiderstand verursacht in die Isolation eindringende Feuchtigkeit, deutliche Messfehler zur Folge haben kann. Die Sensoren sind daher im Allgemeinen durch eine Versiegelung hermetisch abgedichtet. Der Messeinsatz selbst ist ebenfalls abgedichtet, um ein Eindringen von Feuchtigkeit in das Sondenrohr zu vermeiden. Messeinsätze können unbedenklich ausgetauscht werden, da sie eine geschlossene Einheit bilden. Bei Reparaturen von Widerstandsthermometern ohne Messeinsatz dagegen muss unbedingt auf eine zuverlässige Abdichtung geachtet werden.

2.9 Ansprechzeit

Aufgrund des thermischen Widerstandes im Fühler wird dieser nie sofort, sondern immer verzögert reagieren. Hierdurch entsteht kurzzeitig ein Messfehler infolge einer sprunghaften Temperaturänderung des Messmediums und des Nacheilens der Messgröße. Wie schnell das Thermometer anspricht, hängt in erster Linie vom Verhältnis des thermischen Widerstandes zum Wärmespeichervermögen des Thermometers ab. Das heißt, je größer der Wärmewiderstand ist, desto langsamer erwärmt sich der Temperaturfühler, was zur Folge hat, dass der Messfehler für eine längere Zeit vorhanden ist. Für kurze Ansprechzeiten sollten möglichst kleine Sensoren und gut wärmeleitende, dünne Materialien verwendet werden, sofern die mechanische Belastung dies zulässt. Luftspalte stellen einen sehr großen Wärmewiderstand dar. Hier schafft ein Wärmeträger/Füllmedium wie Wärmeleitpaste bzw. Metalloxid Abhilfe (Wahl des richtigen Wärmeträgers ist von der Einsatztemperatur abhängig), in die der Sensor eingebettet ist. Thermoelemente haben wegen der geringen thermischen Masse grundsätzlich geringere Ansprechzeiten als Widerstandsthermometer. Dies trifft hauptsächlich auf Mantelthermoelemente zu. Da aber die meisten Thermoelemente in einem Schutzrohr verbaut sind, relativiert sich dieser Effekt. Allgemein nimmt die Ansprechzeit mit wachsendem Schutzrohrdurchmesser zu.

Die Neunzehntelzeit T₀₉ gibt Auskunft darüber, in welchem Zeitraum 90% des Messwertes erreicht wird. Diese Methode stellt eine Möglichkeit dar, Ansprechzeiten unterschiedlicher Sensoren miteinander zu vergleichen.

2.10 Die richtige Auswahl

Die Sensorausführung und die Leitung sorgfältig kombiniert werden, um den Anforderungen zu entsprechen. Das Hauptaugenmerk liegt u.a. auf die Bestimmung des Temperaturbereiches und Einwirkung des zu messenden Mediums (korrodierend oder leitend). Normale Lötverbindungen zwischen Anschlusskabel und Messwiderstand können unter Verwendung von Hochtemperatur - Elektroniklot bis maximal 170°C verwendet werden. Aus diesem Grund werden alle Verbindungen (außer bei speziellen Anforderungen) nach dem Laserschweißverfahren, ohne Zusatzsatz von Fremdmaterial, hergestellt. Diese Methode stellt sicher, dass keine Thermospannungseffekte auftreten können, die das Messergebnis verfälschen.

2.11 Temperaturfühler mit Anschlusskopf

Solche Fühler sind modular aufgebaut. Sie setzen sich zusammen aus dem Messeinsatz, dem Schutzrohr, dem Anschlusskopf und dem darin befindlichen Anschlusssockel sowie möglicherweise noch Flanschen oder Klemmverschraubungen. Messeinsätze sind fertig konfektionierte Einheiten bestehend aus Temperatursensor und Anschlusssockel. Diese werden in das Schutzrohr eingeschoben, das vielfach aus Edelstahl hergestellt ist. Die Bodenplatte des Einsatzrohres stößt bündig auf die Bodenplatte des Schutzrohres, damit ein guter Wärmeübergang sichergestellt ist. Die Befestigungsschrauben des Messeinsatzes liegen auf Federn, sodass auch bei einer unterschiedlichen Längenausdehnung von Einsatz- und Schutzrohr ein bodenbündiger Kontakt gewährleistet bleibt. Der Messeinsatz lässt sich so später leichter austauschen.

Es gibt auch die Möglichkeit, Messeinsätze mit integriertem Zweidraht-Messumformer zu fertigen.

Wird kein Messeinsatz verwendet, befindet sich der Temperatursensor, in Aluminiumoxid oder Wärmeleitmittel eingebettet, direkt im Schutzrohr. Dies hat den Vorteil, dass eine bessere Wärmeübertragung zum Sensor gewährleistet ist, dies hat jedoch den Nachteil, dass ein späterer Austausch des Sensors fast unmöglich wird.

Wird eine Tauchhülse verwendet, kann ein Sensor ohne Prozessöffnung demontiert werden, ohne dass die Anlage drucklos gemacht oder entleert werden muss. Es handelt sich hierbei um eine Art Schutzrohr, das fest am Messort montiert wird, in welches das Thermometer eingebaut und fixiert wird. Da die Tauchhülse direkt mit dem Messmedium in Berührung kommt, werden an diese identische Anforderungen hinsichtlich der chemischen und mechanischen Beständigkeit gestellt, wie sonst an das Schutzrohr.

Als Materialien werden für die Anschlussköpfe Gusseisen, Aluminium oder Kunststoff verwendet.

3 Bedienung des Gerätes

1. Thermometer der Verpackung entnehmen und auf Transportschäden überprüfen.
2. Funktion mittels Ohm-Meter prüfen. Bei Raumtemperatur von ca. 20°C muss bei einem Widerstandsthermometer Pt100 der zu messende Widerstand ca. 109 Ohm betragen und bei Erwärmung ansteigen.
3. Prüfung der Baumaße: Durchmesser, Messfläche, Leitungslänge, Einschraubgewinde bzw. Befestigungsteile müssen der bestellten Ausführung entsprechen.
4. Temperaturfühler unter Verwendung einer geeigneten Dichtung, mit einem Schraubenschlüssel geeigneter Größe, in die vorgesehene Fühlerbohrung eindrehen, die Fühlerspitze sollte hierbei Wärmeleitenden Kontakt mit dem zu messenden Medium haben.
5. Messleitung gemäß Schaltbild anschließen.
6. Die maximale Betriebstemperatur darf nicht überschritten werden.
7. Eine besondere Wartung ist nicht erforderlich.

3.1 Beachten Sie bitte die unten aufgeführten Warnhinweise!

- Eine Verdrehung der Anschlussleitung muss vermieden werden.
- Es darf keine mechanische Zugbelastung auf die Leitung einwirken.
- Der Temperatur-Bereich der Erweiterung / Messspitze / Leitung muss beachtet werden.
- Bei nicht feuchtedichter Ausführung darf keine Feuchtigkeit auf die Leitung / Messhülse einwirken.
- Vibrationen und Schwingungen sind bei Standardausführungen zu vermeiden. Speziell dafür vorgesehene Artikel sind davon ausgenommen (siehe dafür Q-Merkmale).
- Nur geeignetes Werkzeug zum Einbau verwenden.
- Bauliche Veränderungen der Sensoren bzw. andere Einsatzzwecke sind nicht zulässig.
- Mechanische Belastungen können den Temperatursensor zerstören.

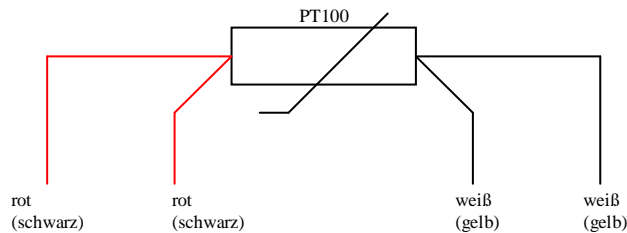
Wenn anzunehmen ist, dass ein gefahrloser Betrieb für Mensch und Maschine nicht mehr möglich ist, so ist der Sensor außer Betrieb zu setzen und gegen unbeabsichtigten Betrieb zu sichern. Es ist anzunehmen, dass ein gefahrloser Betrieb nicht mehr möglich ist wenn:

- **der Sensor oder das Anschlusskabel sichtbare Beschädigungen aufweisen,**
- **der Sensor nicht mehr gemäß seinen Spezifikationen arbeitet,**
- **nach schweren Transportbeanspruchungen.**

3.2 Anschluss

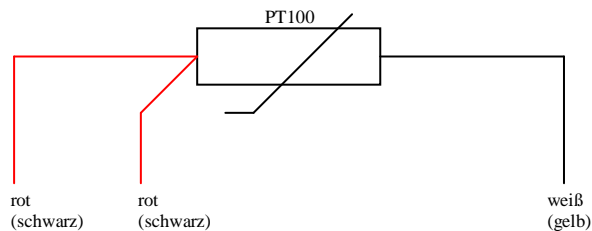
Widerstandsthermometer in Vierleiterschaltung (2xPT100)

Eine optimale Anschlussmöglichkeit für Widerstandsthermometer bietet die Vierleiter-Technik. Das Messergebnis wird weder von den Leitungswiderständen noch von ihren temperaturabhängigen Schwankungen beeinträchtigt. Ein Leitungsabgleich ist nicht erforderlich. Über die Zuleitung wird der Fühler mit dem Messstrom gespeist. Der Spannungsabfall wird über die Messleitungen abgegriffen. Liegt der Eingangswiderstand nach geschalteter Elektronik um ein Vielfaches höher als der Leitungswiderstand, so ist dieser zu vernachlässigen. Der so ermittelte Spannungsabfall ist dann unabhängig von den Eigenschaften der Zuleitung.



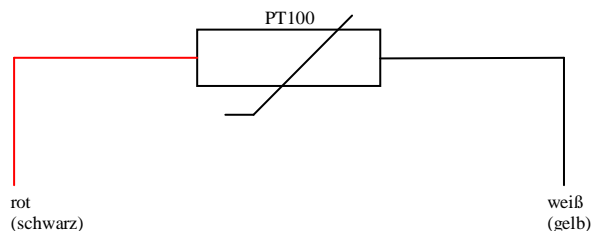
Widerstandsthermometer in Dreileiterschaltung (2xPT100)

In der Dreileiter-Technik wird auch mit zwei Messkreisen gearbeitet, wobei einer als Referenz genutzt wird. Durch die Dreileiterschaltung lässt sich der Leitungswiderstand sowohl in seinem Betrag als auch in seiner Temperaturabhängigkeit kompensieren. Voraussetzungen sind allerdings bei allen drei Adern identische Eigenschaften und gleiche Temperaturen, denen sie ausgesetzt sind. Da dies in den meisten Fällen zutrifft, ist die Dreileiter-Technik heute am weitesten verbreitet. Ein Leitungsabgleich ist nicht erforderlich.



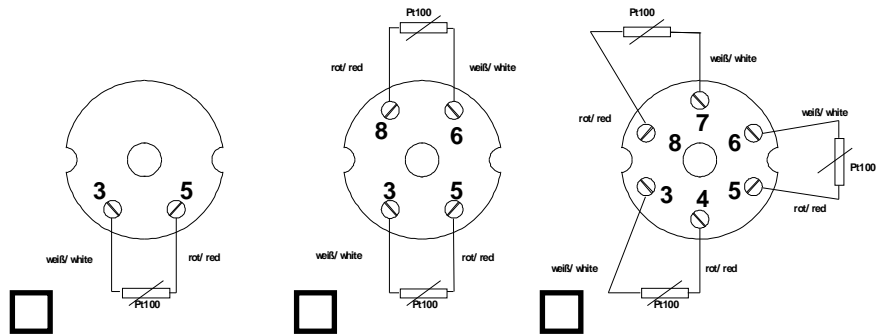
Widerstandsthermometer in Zweileiterschaltung (2xPT100)

Die Verbindung zwischen Auswerteelektronik und Temperaturfühler erfolgt über eine zweiadrige Zuleitung. Jede „elektrische“ Leitung besitzt einen Widerstand, der dem Widerstandsthermometer in Reihe geschaltet ist und somit in der Gesamtkette beachtet werden muss. Ohne Beachtung dieses „Leitungswiderstandes“ kommt es zur Erhöhung des Gesamtwiderstandes was zu einem erhöhten Anzeigewert führt. Um diesen Fehler zu vermeiden muss der Widerstandswert der Zuleitung (**Offset** genannt) vom Messergebnis abgezogen werden. Man kann diesen Offsetwert bei den meisten Auswertesystemen eingeben, die diesen Leitungswiderstand dann mitberücksichtigen.

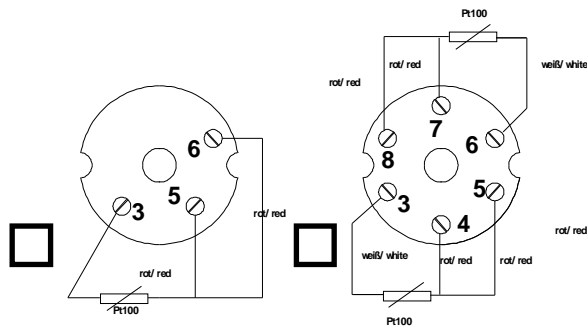


Schaltbilder für Ausführungen mit Anschlusskopf:

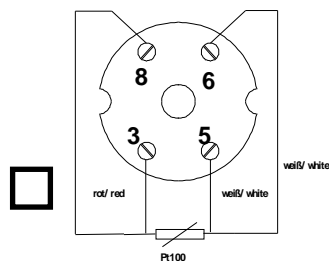
2-Leiter-Schaltung



3-Leiter-Schaltung



4-Leiter-Schaltung



Steckerbelegung

Die Steckerbelegung entnehmen Sie bitte unseren Qualitätsmerkmalen.

4 Wartung

Der Sensor ist wartungsfrei.

Literatur: Matthias Nau; Elektrische Temperaturmessung; Fulda 2003