

## Temperatursensoren – Zusammenfassung

Zusammengestellt von Mag. Georg Strauss – 10/2004

### Einteilung der Instrumente zur Temperaturmessung:

- **Thermoelemente**  
*Anwendung: Genaue Temperaturmessung in Reaktoren, in der chemischen Industrie und in der Gießereitechnik an Druckgussmaschinen*
- **Widerstandsthermometer**  
*Anwendung: In chemischen Anlagen, bei elektrischen Öfen, Heizkesseln, Feuerungsanlagen, Klimaanlage und Gefrierschränken*
- **Strahlungsthermometer (= Pyrometer)**  
*Anwendung: Messung von Oberflächentemperaturen flüssiger Metalle, von Gläsern und keramischen Werkstoffen*
- **Ausdehnungsthermometer (Bimetallthermometer)**  
*Anwendung: Messung der Temperatur in Luftkanälen*
- **Halbleitertemperatursensoren**  
*Anwendung: Temperaturanzeige, Temperaturüberwachung und Temperaturregelung an Maschinenanlagen*

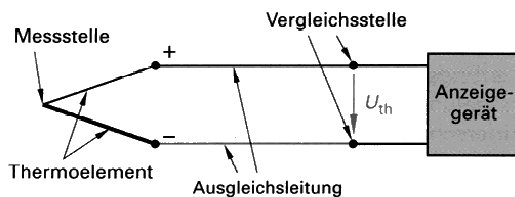
### 1. Thermoelemente

**Thermoelemente wandeln Wärmeenergie in elektrische Spannung um.**

#### Grundlage

Thermoelemente eignen sich zum Messen von Temperaturen zwischen  $-200^{\circ}\text{C}$  und ca.  $+1600^{\circ}\text{C}$ . Ein Thermoelement besteht lediglich aus zwei fest miteinander verbundenen Drähten verschiedener Metalle, z.B. Eisen und Konstantan.

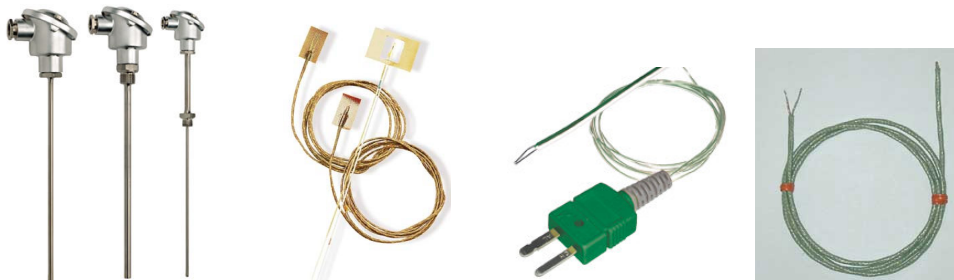
Besteht eine Temperaturdifferenz zwischen den freien Drahtenden und der Verbindungsstelle, so entsteht an letzterer eine sehr geringe Spannung, die sogenannte Thermospannung. Durch eine Messung der Thermoelement-Spannung lässt sich somit die Temperatur des Thermoelements bestimmen. Die Spannung ist nichtlinear proportional zur Temperatur.



#### Thermoelektrischer Effekt (Seebeck-Effekt)

Bei Thermoelementen wird der Seebeck-Effekt ausgenutzt: *In einem Ring zwei verschiedener Metalle fließt ein Thermostrom, wenn sich die Temperaturen an den Kontaktstellen unterscheiden..*

Hierbei diffundieren Ladungsträger vom heißen zum kalten Ende eines Leiters. Dieser Effekt kann durch Kombination zweier unterschiedlicher Leiter als Thermospannung nachgewiesen und messtechnisch nutzbar gemacht werden. Thermospannungen liegen im Bereich einiger mV/K.



Beispiele für Thermoelemente: Eingebaut im Schutzrohr für industrielle Anwendungen, aufklebbare Thermoelemente, Drahtthermoelemente, Ausgleichsleitung

### Thermospannungen für verschieden Verbindungsmetalle

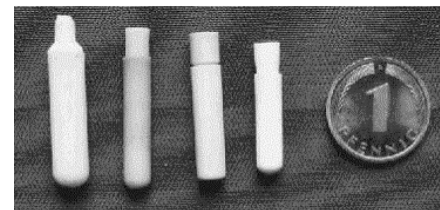
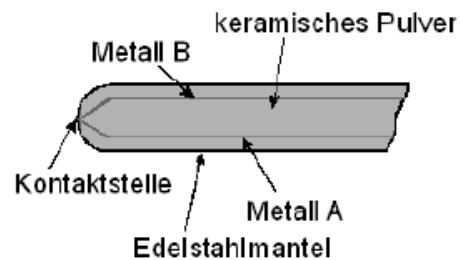
Verbindungsmetalle	Temperaturbereich (°C)
Platin - Platinrhodium	-200 ... +1600
Nickelchrom - Konstantan	-200 ... +800
Eisen - Konstantan	-200 ... +600
Kupfer - Konstantan	-200 ... +500

Wenn die physikalischen/chemischen Verhältnisse es zulassen, können Thermopaare unummantelt direkt ihrer Umgebung ausgesetzt werden. Die einfachste Form wären zwei Thermodrähte, deren Enden verlötet oder verschweißt sind. Die Kontaktstelle stellt den Messfühler dar.

Können die Thermoelemente in der Umgebung Schaden nehmen, werden diese durch Ummantelung geschützt. Eine besonders kompakte Form stellen dabei die Mantelthermoelemente dar. Die Thermodrähte werden in hochtemperaturfestes, keramisches Pulver eingebettet, welches von einem Mantel aus hochlegiertem Stahl umgeben ist.

Die Außendurchmesser von Mantelthermoelementen liegen zwischen 0,25 und 6 mm.

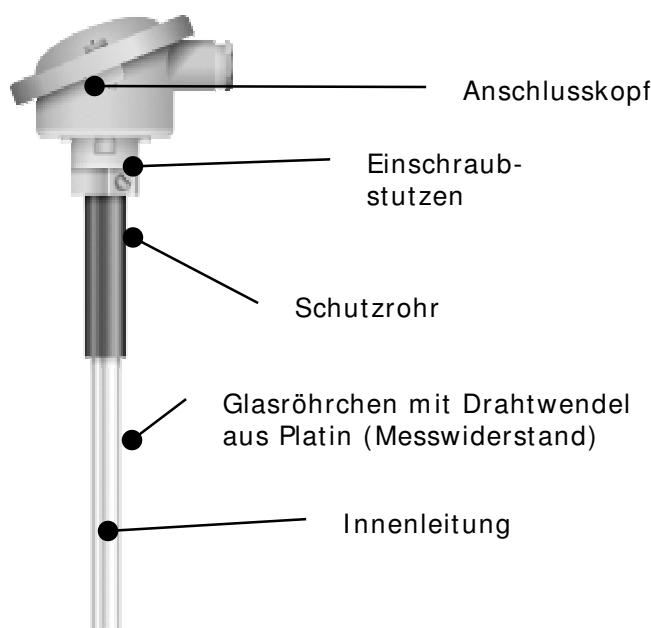
Neben dem Einsatz als Präzisionsthermometer oder Kalibriernormale im Labor lassen sich selbstkalibrierende Miniaturfixpunkt-Thermoelemente auch in der Betriebsmesstechnik als Referenz- bzw. Kontrollthermometer oder für Temperaturmessstellen mit hohen Anforderungen an die Messunsicherheit verwenden.



Miniaturfixpunktzellen

## 2. Widerstandsthermometer

Bei Widerstandsthermometern nützt man die Widerstandsänderung von Metallen oder Halbleitern bei Temperaturveränderungen aus.



Metall-Widerstandsthermometer (meist mit Platinwiderständen) ändern ihren elektrischen Widerstand in Abhängigkeit von der Temperatur. Die Änderung des elektrischen Widerstandes unter Temperatureinfluss hat seine Ursache im Leitungsmechanismus der Metalle. Grundlage für die Leitfähigkeit von Metallen sind die im Atomgitter frei beweglichen Elektronen. Ihre Anzahl und Bewegungsenergie sind temperaturabhängig. Wird nun über eine Temperaturerhöhung den Metallatomen Energie zugeführt, schwingen sie mit einer entsprechend größeren Amplitude und Frequenz. Der Elektronenbewegung wird zunehmend ein Widerstand entgegengesetzt, der der Erhöhung des elektrischen Widerstandes entspricht. Da sich der elektrische Widerstand proportional zur Temperatur erhöht, spricht man von einem positiven Temperaturkoeffizienten. Natürlich gibt es auch Stoffe mit negativem Temperaturkoeffizienten, wie z.B. Halbleiter und Sinterwerkstoffe, bei denen der Widerstand mit steigender Temperatur abnimmt.

Messbereich von ca.  $-65^{\circ}\text{C}$  bis  $+600^{\circ}\text{C}$

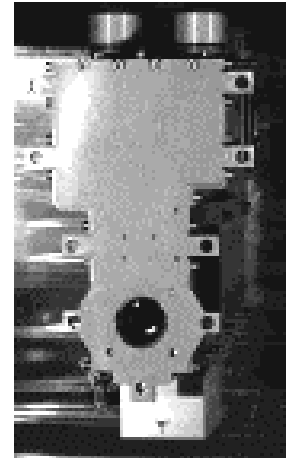
### 3. Strahlungsthermometer (Pyrometer)

**Messgeräte, mit denen man berührungslos die Temperatur über die Wärmestrahlung erfasst, nennt man Pyrometer.**

Neben dem Wärmeaustausch durch Wärmeleitung und Konvektion tauschen Körper mit ihrer Umgebung auch Wärme durch Strahlung aus (IR-Strahlen). Die Wärmestrahlung eines Messobjektes wird optisch gefiltert und auf einen Strahlungsempfänger gebündelt. Dessen elektrische Reaktion besteht in einer je nach verwendetem Prinzip direkt oder über eine Temperaturerhöhung indirekt induzierten Änderung des Widerstandes, der Spannung oder des Stromes des Strahlungsempfängers. Die elektrische Änderung wird verstärkt, gemessen und weiterverarbeitet. Ein großer Vorteil ist die Erfassung der Temperatur der schwebenden Materialproben (Raumfahrt).

Messbereich von 300 °C bis 2400 °C

Flugleinheit des Strahlungs-pyrometers



### 4. Bimetallthermometer

**Durch das Bimetall ergibt sich ein von der Temperatur abhängiger Drehwinkel, den der am Bimetall befestigte Zeiger ausschlägt.**

Das temperaturempfindliche Sensorelement ist ein als Spiral - oder Schraubenfeder ausgeführter Bimetallstreifen. Ein Bimetallstreifen ist ein aus zwei Materialien mit unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten bestehendes Messelement. Die Werkstoffkoeffizienten werden so gewählt, dass sich eine möglichst große Differenz der Wärmeausdehnungskoeffizienten ergibt. In Abhängigkeit von der Temperatur ändert sich also der Drehwinkel einer Bimetallspirale.

Messbereich von ca. -60 °C bis + 550 °C



### 5. Halbleitertemperatursensoren

Der Halbleitertemperatursensor besteht aus einem integrierten Schaltkreis und liefert in Abhängigkeit von der Temperatur einen eingepprägten Strom, d.h. dass das Stromsignal weitgehend unabhängig von der Versorgungsspannung und dem Lastwiderstand des Sensors ist.

Die Sensoren sind z.B. auf die absolute Temperatur abgestimmt und liefern pro Kelvin (K) 1  $\mu$ A Strom, also bei 25 °C einen Strom von 298.2  $\mu$ A.

Messbereich zwischen -60 °C und +150 °C

