

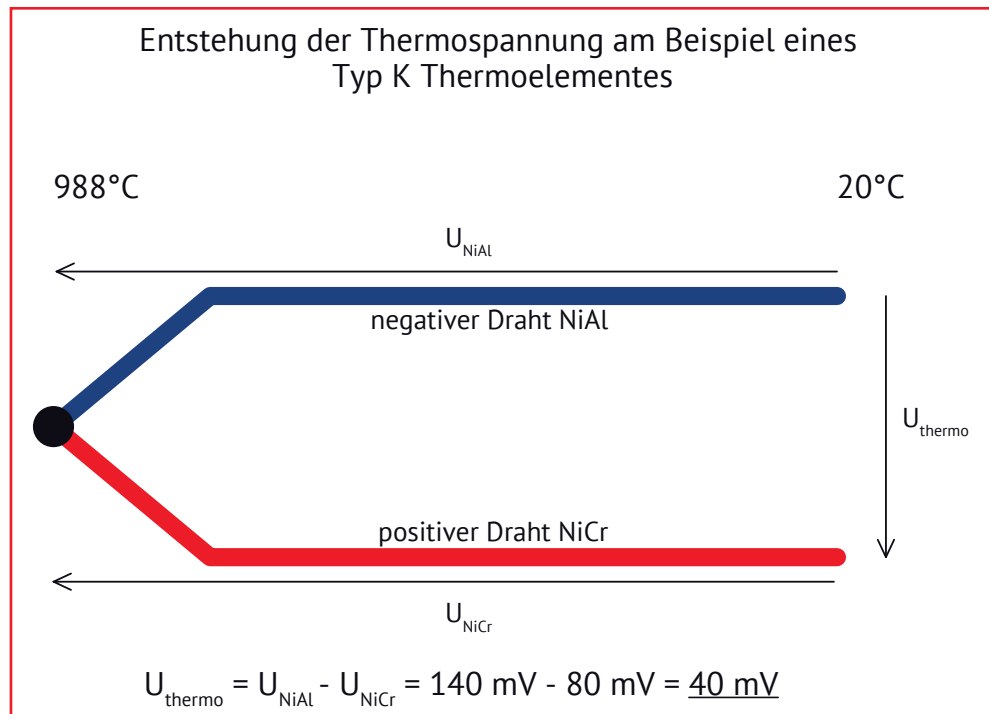
Die Thermospannung

Allgemeines zu Thermoelementen

Thermoelement-Thermometer (auch nur als Thermoelement bezeichnet) finden in vielen Bereichen der Temperaturmessung Verwendung. Sie zeichnen sich durch eine hohe Flexibilität der Bauweise und eines schnellen Ansprechverhalten aus.

Gerade in Bereichen oberhalb 500°C sind Thermoelemente am häufigsten anzutreffen.

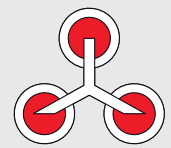
Die Thermospannung



Das Thermoelement besteht aus zwei Drähten, welche aus unterschiedlichen Legierungen bestehen. Jeder dieser Drähte entwickelt eine bestimmte Spannung sobald ein Ende wärmer ist als das andere. Verbindet man nun beide Drähte, so wird die Differenz der jeweiligen Spannung im Draht messbar. Diese Differenz wird als Thermospannung bezeichnet.

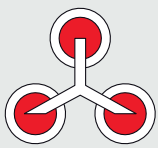
Es haben sich verschiedene Legierungspaarungen als vorteilhaft erwiesen, da sie einen fast linearen Spannungsverlauf zur Temperatur aufweisen. Wichtig ist zu wissen, dass die eigentliche Thermospannung im jeweiligen Draht entsteht und dass diese nicht gemessen werden kann.

Typ	Positiver Draht [plus]	Negativer Draht [minus]	Farbe DIN [plus / minus]	Temperaturbereich [°C]
J	CuNi	Fe	schwarz / weiß	-200 +750
K	NiCr	NiAl	grün / weiß	-200 +1100
N	NiCrSi	NiSi	pink / weiß	-200 +1200
S	PtRh10%	Pt	orange / weiß	0 +1600
R	PtRh13%	Pt	orange / weiß	0 +1600
B	PtRh30%	PtRh6%	grau / weiß	+600 +1700
C	WRe25%	WRe5%	rot / weiß	0 +2200



Die Thermospannung

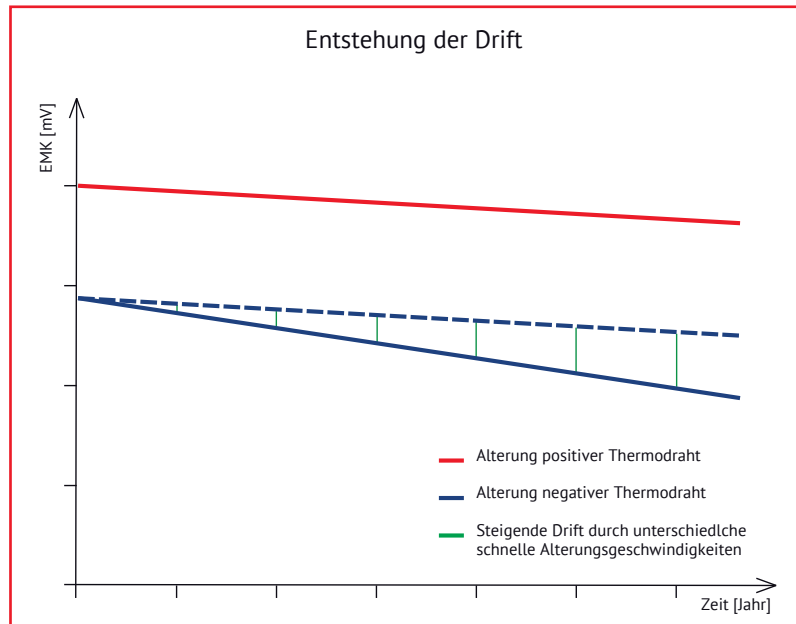
	DIN EN 60584-3	DIN 43714	ANSI MC 96.1
<p>Typ K NiCr - NiAl</p>			
<p>Typ L Fe - CuNi</p>			
<p>Typ J Fe - CuNi</p>			
<p>Typ S PtRh10% - Pt</p>			
<p>Typ R PtRh13% - Pt</p>			
<p>Typ B PtRh30% - PtRh6%</p>			
<p>Typ N NiCrSi - NiSi</p>			
<p>Typ U Cu - CuNi</p>			
<p>Typ T Cu - CuNi</p>			



Abweichung / Drift

Abweichung / Drift

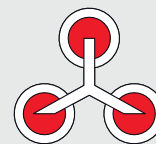
In der DIN EN 60584-1 werden die Thermospannungen zu den jeweiligen Legierungspaaren und Temperaturen angegeben. Da diese jedoch das Ergebnis aus einer Differenz der echten Thermospannung (nämlich die, welche im Draht entsteht) sind, können die Werte lediglich als Näherungswerte betrachtet werden.



Zudem spielen Fertigungsfaktoren wie die Homogenität und Zusammensetzung der Legierung des Thermodrahtes eine entscheidende Rolle in der Entstehung der Thermospannung. Demnach sind Abweichungen der Thermospannung eine unvermeidbare Tatsache. Dieser wird in DIN EN 60584-2 Rechnung getragen, in der die zulässigen Abweichungen in Klassen eingeteilt werden.

42

Typ	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
Typ J			
Temperaturbereich	-40°C bis 375°C	-40°C bis 333°C	-
Grenزابweichung	± 1,5 °C	± 2,5 °C	-
Temperaturbereich	375°C bis 750°C	333°C bis 750°C	-
Grenزابweichung	± 0,4% · t	± 0,75% · t	-
Typ K, Typ N			
Temperaturbereich	-40°C bis 375°C	-40°C bis 333°C	-167°C bis +40°C
Grenزابweichung	± 1,5 °C	± 2,5 °C	± 1,5 °C
Temperaturbereich	375°C bis 1200°C	333°C bis 1200°C	-200°C bis -167°C
Grenزابweichung	± 0,4% · t	± 0,75% · t	± 1,5% · t
Typ S, Typ R			
Temperaturbereich	0°C bis 1100°C	0°C bis 600°C	-
Grenزابweichung	± 1,0 °C	± 1,5 °C	-
Temperaturbereich	1100°C bis 1600°C	600°C bis 1600°C	-
Grenزابweichung	± [1 + 0,3% · (t - 1100)]°C	± 0,25% · t	-
Typ B			
Temperaturbereich	-	-	600°C bis 800°C
Grenزابweichung	-	-	± 4,0 °C
Temperaturbereich	-	600°C - 1700°C	800°C bis 1700°C
Grenزابweichung	-	± 0,25% · t	± 0,5% · t



Ausführungen

Durch die chemische Veränderung der Legierungen, zum Beispiel durch thermische Alterung oder chemische Verunreinigung, ändert sich auch die thermoelektrische Eigenschaft. Dies bewirkt, dass Thermospannungen entstehen, welche nicht mehr dem in der Norm angenommenen Ursprungszustand entsprechen. Hier spricht man von der Drift, welche, abhängig von der Art der Schädigung, sich unterschiedlich schnell entwickeln kann.

Ausführungen

Grundsätzlich werden die Thermoelemente in drei verschiedenen Ausführungen unterteilt:

- ungeschützt
- geschützt durch metallischen Mantel
- geschützt in keramischen/metallischen Schutzrohren

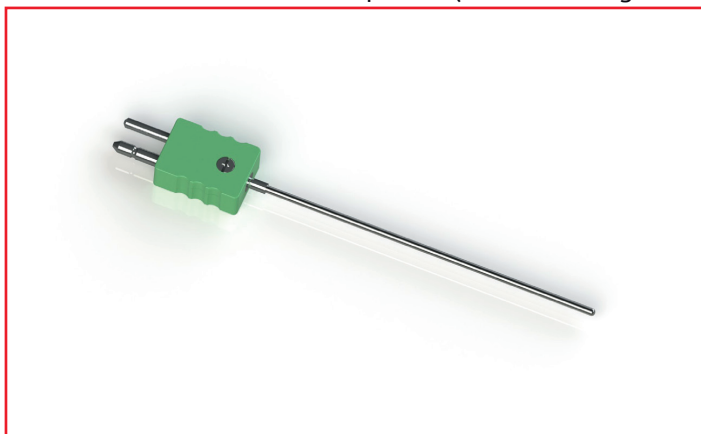
Im Nachfolgenden sollen die Ausführungen kurz beschrieben werden.

Ungeschützt

Hier wird der blanke Thermodraht verwendet, der lediglich durch Isolatoren vor einem Kurzschluss bewahrt wird. Diese Isolatoren sind häufig keramische Hülsen, welche auf den Draht aufgefädelt sind. Anzutreffen ist diese Ausführung in Bereichen, in denen der Thermodraht nicht chemisch beeinflusst wird und eine sehr schnelle Ansprechzeit erforderlich ist. Zum Beispiel werden Wolfram/Rhenium-Thermoelemente in Wasserstofföfen in dieser Ausführung verwendet.

Geschützt durch metallischen Mantel

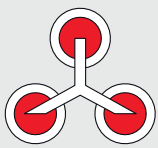
Die häufig auch als Mantel- oder Schleppthermoelement bezeichnete Ausführung wird am häufigsten verwendet. Hierbei werden die Thermodrähte durch ein Oxidpulver (meistens Magnesiumoxid) elektrisch isoliert und



in einem Endlosrohr aus Edelstahl fixiert. Dieses wird auf Coils gerollt und ist von sehr kleinen Durchmessern vom 0,1 mm für medizinische Anwendungen bis zu mehreren Millimetern \varnothing verfügbar.

Als Mantel sind verschiedene Edelmetalltypen entsprechend den chemischen Anforderungen zu finden. Im Bereich der Wärmebehandlung sind Ausführungen in W.14841 oder W2.4816 (Inconel 600) häufig zu finden. Aber auch exotische Ausführungen, beispielsweise Platin/Rhodium-Legierungen, sind zuweilen anzutreffen.

Neben der sehr preisgünstigen Herstellung des Endlosrohres ist die Flexibilität der Mantelthermoelemente ein weiterer Vorteil.



thermo-control Thermoelemente

Geschützt in metallischen / keramischen Schutzrohren

Gerade in Bereichen mit hohen thermischen/mechanischen Anforderungen mussten zusätzliche Schutzmechanismen entwickelt werden, um eine korrekte Messung zu ermöglichen.



44

Beispielsweise im Bereich der Wärmebehandlungsanlagen führen häufig hohe thermische Belastungen zu mechanischen Verformungen der oben beschriebenen Mantelthermoelemente. Um dies zu verhindern wurden die Mantelthermoelemente in ein zusätzliches metallisches Schutzrohr gesetzt, damit die Messung immer an der gleichen Stelle erfolgt.

Die thermo-control Körtvélyessy GmbH fertigte als einer der ersten Hersteller Ende der 80er Jahre des vergangenen Jahrhunderts Thermoelemente mit dünnwandigen keramischen Schutzrohren.

Diese haben den großen Vorteil, dass bis 1800°C praktisch keine Verformung stattfindet. Durch die dünnwandige Ausführung sind auch sehr gute Eigenschaften gegen Thermoschock gegeben, sowie auch eine verbesserte Reaktionszeit gegenüber Temperaturschwankungen.

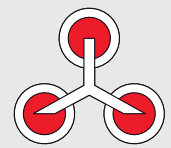
Die obige Abbildung zeigt ein thermo-control Körtvélyessy GmbH Schutzgas-Thermoelement, bei dem zwei Einkristall- Al_2O_3 Schutzrohre verwendet worden sind.

thermo-control Thermoelemente

Die thermo-control Körtvélyessy GmbH hat sich auf den Bau hochgenauer und langlebiger Platin/Rhodium Thermoelemente spezialisiert.

Diese zeichnen sich durch folgende Eigenschaften aus:

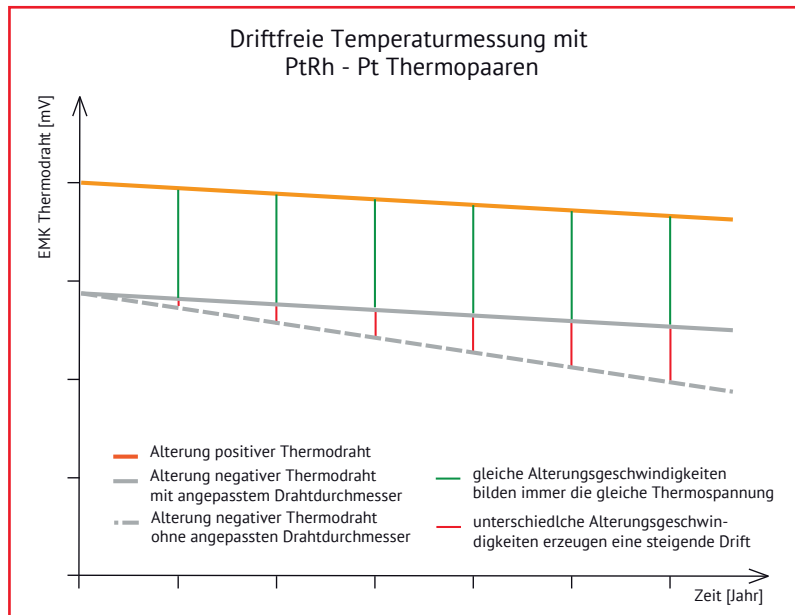
- Driftfreie Messung über viele Jahre (4 Jahre unter Garantie)
- Separate Führung der verbauten Thermopaare in keramischen Schutzrohren
- Anordnung eines zusätzlichen Leerrohres für die In-Situ Überprüfung der eingebauten Thermopaare durch



ein kalibriertes Prüfthermoelement

- Kontaktierung der Messspitze an die Innenseite des keramischen Schutzrohres zur Erhöhung der Reaktionszeit gegenüber Temperaturänderungen

Driftfreies PtRh-Pt Thermoelement



Durch die Alterung der Thermodrähte wird die thermoelektrische Eigenschaft verändert. Da die beiden Legierungen unterschiedlich sein müssen, damit eine Thermospannung gemessen werden kann, ist die Geschwindigkeit, mit der die Alterung geschieht, ebenfalls unterschiedlich schnell. Dadurch ändert sich die Differenz der Spannung; es entsteht die sogenannte Drift.

Nach langer Forschung ist es der thermo-control Körtvélyessy GmbH gelungen, die Durchmesser der einzelnen Thermodrähte so zu anzupassen, dass die Geschwindigkeit der Alterung gleich schnell verläuft. Das patentierte Ergebnis ist, dass die Differenz der beiden Thermodrahtspannungen immer gleich bleibt. Das Thermoelement ist damit frei von Drift, auch nach 5 Jahren Dauerbelastung bei 1200°C.

Dieser Mechanismus geht jedoch verloren, sobald die Schutzrohre mechanisch oder chemisch beschädigt werden und die Thermodrähte den Fremdstoffen der Atmosphäre/Vakuum ausgesetzt sind. Daher sollten beschädigte Thermoelemente nach Möglichkeit nicht weiter betrieben sondern umgehend zur Reparatur eingeschickt werden.

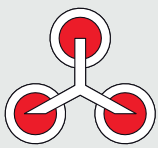
Verwendung separater Schutzrohre

Die Verwendung separater Schutzrohre bietet viele Vorteile, welche die Prozesssicherheit des Thermoelementes stark erhöhen.

Bei einer Beschädigung der Schutzrohre werden meistens nicht alle zerbrochen. Das ungeschützte Thermopaar entwickelt eine Drift, da der Thermodraht durch Diffusion von Fremdstoffen chemisch verändert wird. Damit bleibt meistens ein Thermopaar vor der Atmosphäre geschützt und behält seine Driftfreiheit. Ein stetes Vergleichen der Anzeigen kann durch jede Steuerung realisiert werden und so frühzeitig eine Driftentwicklung erkannt werden.

Spätestens bei der routinemäßigen Überprüfung des Thermoelementes durch ein Prüfthermoelement wird die Differenz in der Anzeige der eingebauten Thermopaare festgestellt und der Austausch des Thermoelementes kann veranlasst werden.

Sind hingehend alle Thermopaare in einem Schutzrohr verbaut, so werden bei einer Beschädigung entsprechend alle chemisch verändert. Eine Drift kann unter Umständen zu spät festgestellt werden.



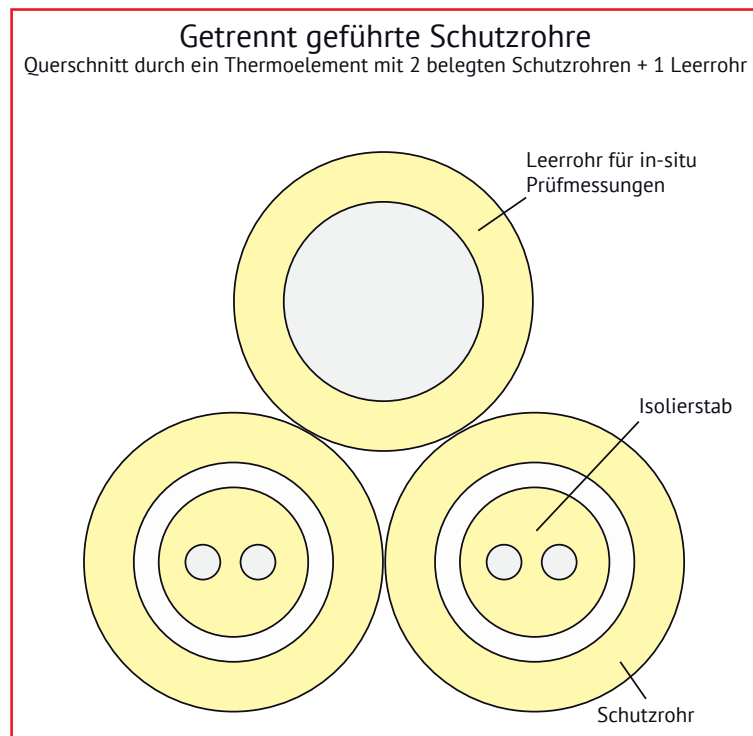
thermo-control Thermoelemente

Zusätzliches Leerrohr für Prüfmessungen

Lange Zeit wurde die Überprüfung der Thermoelemente sehr umständlich vollzogen. Entweder mussten diese ausgebaut und in einem externen Labor rekali­briert oder durch den Einbau eines zweiten kalibrierten Thermo­elementes in einer benachbarten Durchföhrung verglichen werden. Beide Verfahren sind sehr kostenintensiv und binden unnötig Kapital und Arbeitsstunden.

Durch die patentierte Anordnung eines zusätzlichen Leerrohres kann die thermo-control Körtvélyessy GmbH die Überprüfung im eingebauten Zustand ermöglichen, ohne dass die laufende Produktion beeinträchtigt wird.

Das zusätzliche Leerrohr befindet sich direkt neben den bestückten Schutzrohren. Wenn nun ein entsprechendes Prüfthermoelement in das Leerrohr eingeschoben wird, erhält man eine sehr genaue Vergleichsmessung.



Es wird empfohlen, dass bei einem Neukauf von Thermo­elementen auch ein Prüfthermo­element aus der gleichen Drahtcharge zu beziehen. So wird die Umrechnung der Messwerte vermieden, da alle Thermopaare die gleiche ursprüngliche Abweichung haben und in diesem Fall die relative Abweichung der tatsächlichen entspricht.