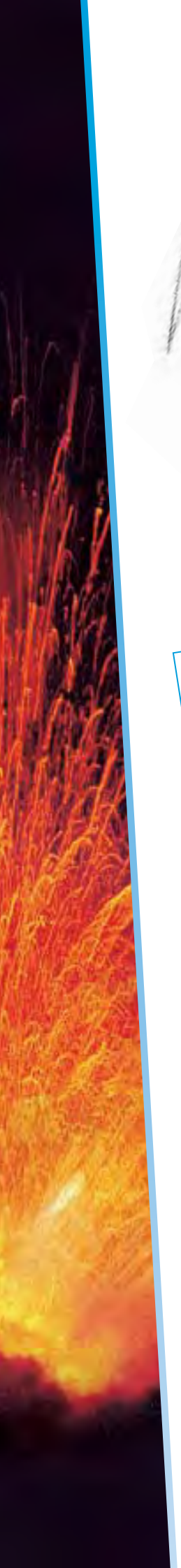
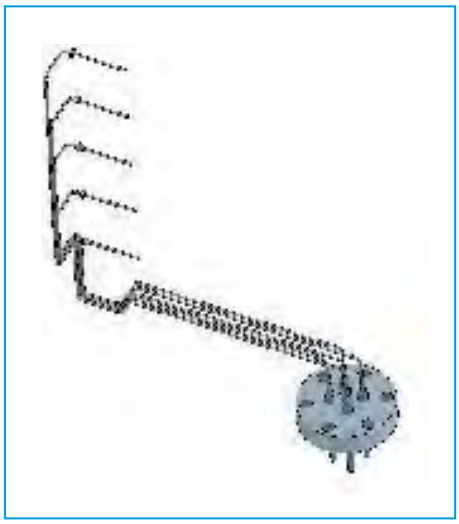
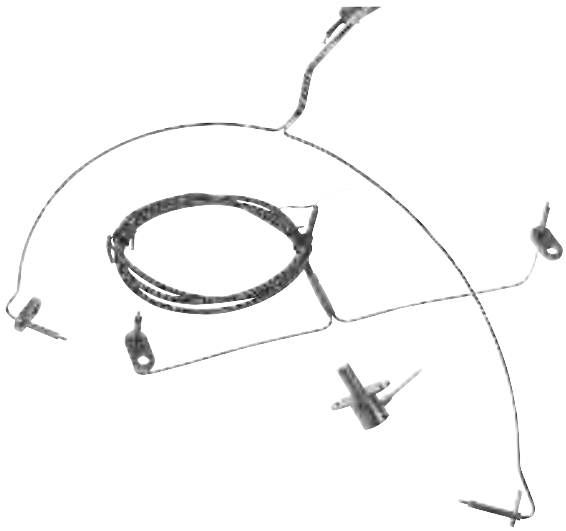
Temperaturmessung

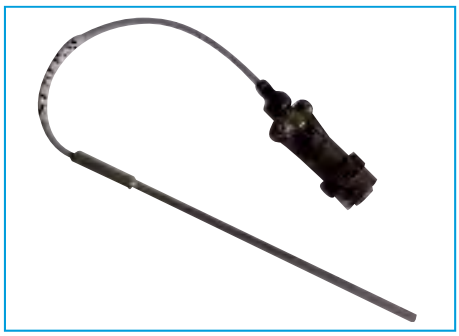
THERMOCOAX
Mantelthermoelemente
Auswahl und Anwendung

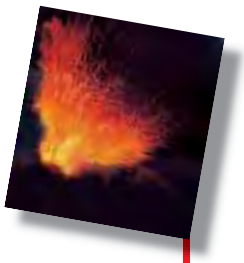
THERMOCOAX
from vision to reality











Inhalt

Einführung in die Temperaturmessung 4-5
Beschreibung der THERMOCOAX Thermoelemente 6
Isolationsmaterialien 7
Mantelmaterialien 8-9
Übersicht der THERMOCOAX Mantelthermoelemente 10-11
Standard Thermoelemente : Type K, J, E, T, N 12-13
Die Platin-Thermoelemente 14
Die Wolfram-Rhenium Thermoelemente 15
Messstellen 16
Thermoleitung, Ausgleichsleitung und Anschlussleitung 17
Verbindungen 18-19
Montagemöglichkeiten 20
Standardzubehör 21
Kalibrierung 22
Tests 23
Messungen in verschiedenen Umgebungen 24
Messfehler 25
Vielfältige Möglichkeiten 26-27
Qualitätssicherung 28

Einführung in die Temperaturmessung

Was ist Temperatur ?

Die „Temperatur" als solche ist eine physikalische Größe, die den Gesetzen der Thermodynamik unterliegt.

Die physikalische Maßeinheit der Temperatur (Symbol T) wird Kelvin (Symbol K) genannt. Ein Kelvin ist definiert als ein Bruchteil der thermodynamischen Temperatur des Tripelpunktes des Wassers und entspricht 1/273,16.

Für Temperaturen oberhalb des Eispunktes ist es vorteilhafter, die Celsius-Temperatur (Symbol τ) zu verwenden. Sie wird in Grad Celsius gemessen (Symbol °C).

Für die Umrechnung Kelvin – Grad Celsius gilt:

$$\tau = T - 273{,}15,$$

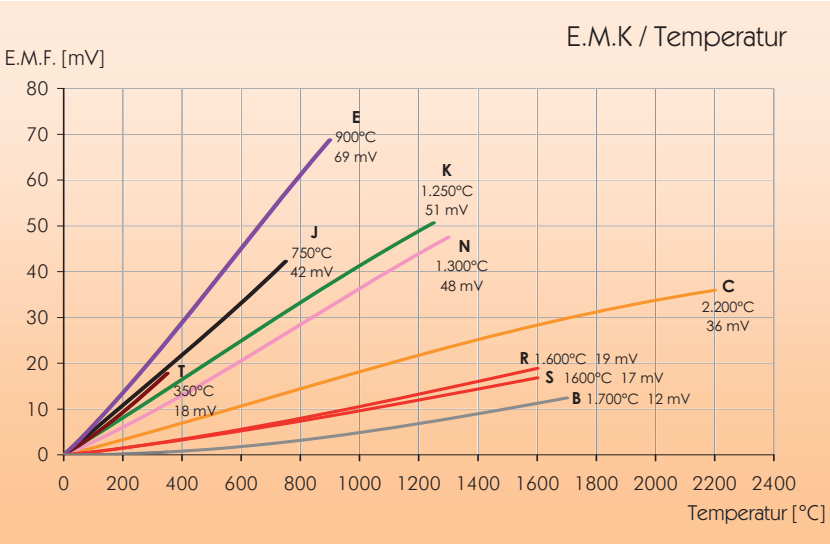
wobei 273,15 die thermodynamische Temperatur des Eispunktes angibt.

Da es außerhalb hoch spezialisierter Laboratorien extrem schwierig ist, thermodynamische Thermometer (Gasdilatation, Strahlung) zu verwenden, gab die Idee, andere physikalische Phänomene, wie etwa:

- die Änderung des elektrischen Widerstandes in Metall,
- die elektromotorische Kraft in Thermoelementen,

zu benutzen, den Anstoß zur Entwicklung geeigneter Sensoren.

Um die Relation zwischen Temperatur und elektrischer Leitfähigkeit der Sensoren zu finden, müssen diese bei verschiedenen Temperaturebenen eingesetzt und verglichen werden. Auf diese Weise wurden spezifische Temperaturskalen entwickelt.



Diese Skalen werden oftmals durch so genannte „Fixpunkte" repräsentiert, an denen reine Elemente ihren physikalischen Zustand ändern:

- schmelzen (fest in flüssig),
- gefrieren (flüssig in fest),
- sieden (flüssig in gasförmig),
- Tripelpunkt (flüssig, fest und gasförmig).

Interpolationen zwischen diesen Punkten werden mit Hilfe von speziellen Thermometern durchgeführt, die für bestimmte Temperaturbereiche extrem präzise sind. Für die IST 90 bedeutet das:

- 0,65 bis 5 K: Sättigungsdampfdruck 3He, 4He,
- 3 bis 24,5 K (Ne): Helium-Gasthermometer,
- 13,84 (H_2) bis 961,78°C (Ag): Platin-Widerstandssensoren,
- ≥ 961,78°C: Pyrometer (Planck'sches Gesetz).

Geschichtlicher Hintergrund

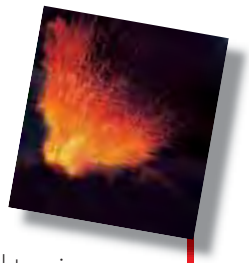
Die technische Ausnutzung des thermoelektrischen Effekts zur Temperaturmessung hat mit Seebeck und Peltier begonnen. Noch immer ist die Entwicklung und Erprobung neuer Werkstoffe für Thermoelemente nicht abgeschlossen.

Generell kann jede Kombination zweier Leitermaterialien benutzt werden, um ein Thermoelement herzustellen.

Wenn zwei unterschiedliche Materialien zu einem Thermoelement verschweißt werden und dieser Punkt erwärmt wird, entsteht eine EMK (Elektromotorische Kraft), die Thermospannung. Mit Hilfe der Thermospannung wird die Temperatur zur Messgröße. Die Empfindlichkeit des Thermoelementes ergibt sich als die algebraische Summe der Thermospannungen beider Leiter.

Die Empfindlichkeit ist sehr hoch, wenn die Thermospannungswerte sehr unterschiedlich sind.

Die ersten, von Le Chatelier entwickelten Thermoelemente hatten den Nachteil, dass die Thermopaare aus reinem Metall bestanden.



Schon geringfügige Verunreinigungen (bei der Herstellung als auch am Einsatzort) beeinträchtigen die Qualität des Thermoelementes. Bei der Fertigung musste größte Sorgfalt auf Reinheit und Reinhaltung des Metalls gelegt werden, wodurch ein sehr aufwendiger Herstellungsprozess notwendig war.
Anfang letztes Jahrhundert entwickelte die amerikanische Firma Hoskins das NickelChrom / NickelAluminium Thermoelement (Typ K), bei dem jedes Bein des Thermopaares aus einer Legierung besteht.

Geringe Verunreinigungen dieser Materialien haben fast keine nachteiligen Auswirkungen auf die Thermospannungscharakteristik, weshalb die Entwicklung dieser neuartigen Thermoelemente ein großer Fortschritt war.

Trotz dieses Vorteils vermochte dieser den Typ T und J in den unteren Messbereichen nicht vollständig zu verdrängen.

Der Vorteil einer relativ hohen Thermospannung kommt einer höheren Temperaturauflösung gleich.

Des Weiteren vereinfacht eine beinahe lineare Thermospannung in dem benötigten Temperaturbereich den Einsatz von Thermoelementen, wie z.B. dem Typ K.

Im Laufe der Zeit haben sich eine begrenzte Anzahl Thermopaare durchgesetzt. Diese Thermoelemente sind in den Industrieländern genormt worden. In der Norm DIN EN 60584 sind die Grundwerte der Thermospannung und die zulässigen Grenzabweichungen festgelegt. Die Thermopaarkombinationen umfassen den Temperaturbereich von -200°C bis +2.300°C.

Die messtechnische Erfassung der Temperatur ist in vielen Bereichen der Technik und Industrie nicht wegzudenken. Eine lange bewährte Methode der Temperaturmessung erfolgt durch Thermoelemente.

THERMOCOAX Thermoelemente

Leichte Handhabung
THERMOCOAX Thermoelemente lassen sich direkt auf metallischen Teilen fixieren

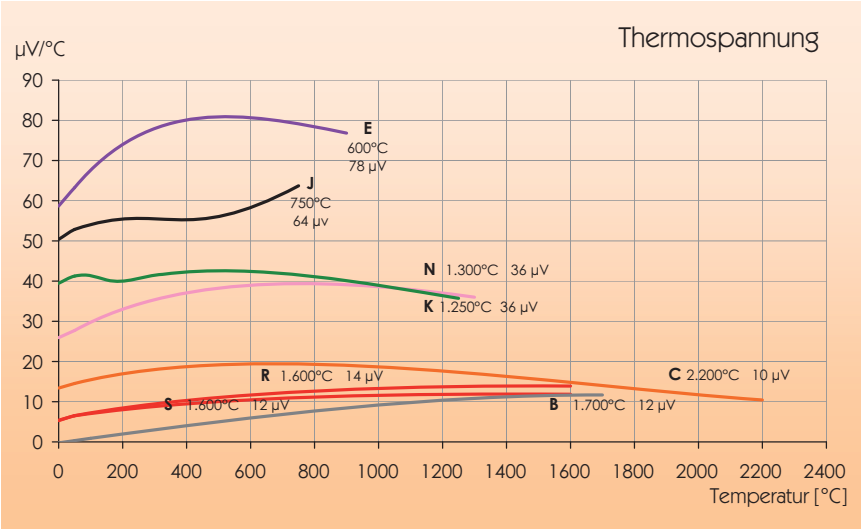
Geringer Biegeradius
Dreimal Außendurchmesser

Kleine Abmessungen
Minimaler Durchmesser 0,25 mm, passend für Messaufgaben in Mikroteilen

Abgeschirmte Kabel
Durchgehender Mantel

Temperaturmessung mit Hilfe von Mantelthermoelementen

Thermoelemente verdanken ihre breite Anwendung der genauen und raschen Erfassung der Temperatur, dem einfachen Aufbau, der leichten Handhabung und Austauschbarkeit sowie der kostengünstigen Herstellung. Sie sind hitzebeständig, druckfest und verhältnismäßig unempfindlich gegen äußere Störeinflüsse. Besondere technische Anforderungen, wie z.B. in Nuklearreaktoren, in der Weltraumforschung oder im medizinischen Bereich führten zur Entwicklung von Mantelthermoelementen mit besonders kleinen Abmessungen, hohem Isolationswiderstand und Resistenz gegen aggressive Medien. Alle diese extremen Anforderungen werden von den Miniatur- Mantelthermoelementen erfüllt.



Beschreibung des THERMOCOAX Thermoelementes

Das Wichtigste am Aufbau eines THERMOCOAX Thermoelementes sind die als Einheit kombinierten Leiter, die Isolation und der metallene Schutzmantel. Sie bilden eine Leitung, die wie folgt aufgebaut ist:

- die zwei Innenleiter bilden das Thermopaar
- die Mineralisolation ist ein hochverdichtetes Pulver,

der durchgehende Metallmantel ermöglicht einen mechanischen sowie einen chemischen Schutz für das Thermopaar.

Vorteile

- Kleine Gesamtabmessungen und große Flexibilität ermöglichen Temperaturmessungen an schwer zugänglichen Stellen.
- Das Thermoelement widersteht großen mechanischen Beanspruchungen.
- Die Thermodrähte sind gegen Oxidation, Korrosion, chemische Verunreinigung und elektrische Störgrößen geschützt.
- Bei kurzfristigen Temperaturwechseln wird durch die schnelle Ansprechzeit eine genaue Anzeige garantiert.

Kleiner Biegeradius

Nur 3xDurchmesser

Die THERMOCOAX Thermoelemente sind aufgrund der starken Verdichtung der mineralischen Isolation und ihrer guten metallurgischen Eigenschaften der Drähte und des Mantels extrem biegsam und können ohne Schwierigkeiten bis auf einen Radius gebogen werden, der dem Dreifachen ihres Durchmessers entspricht.

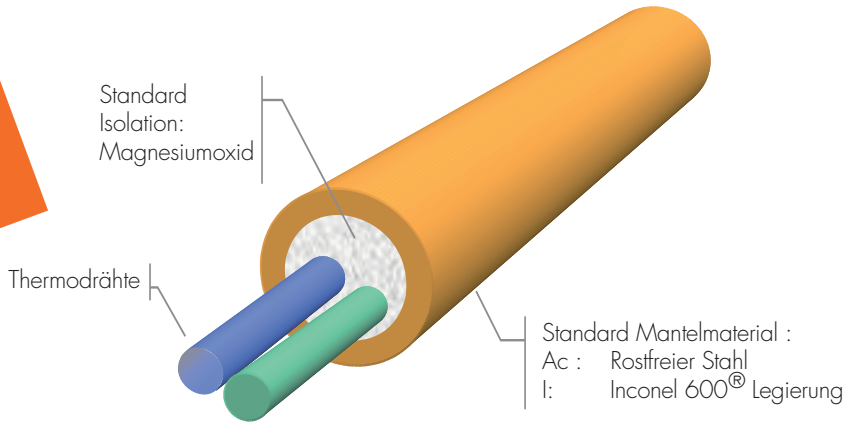
Der Radius kann unter bestimmten Bedingungen noch kleiner sein. Der geringe Außendurchmesser der Thermoelemente erlaubt Messungen an bislang unzugänglichen Stellen.

Bestandteile

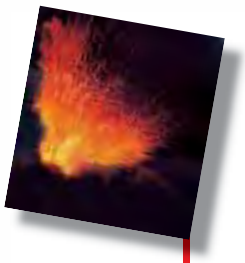
Die breit gefächerte Angebotspalette an THERMOCOAX Thermoelementen bietet vielfältige Vorteile in differenzierten Anwendungsgebieten.
Um den größten Nutzen aus der Technologie zu ziehen, müssen die folgenden Parameter in Betracht gezogen werden:

- Thermoelementtyp
- Mantelmaterial
- Isolationsmaterial
- Manteldurchmesser
- Messstelle
- Direkt- und/oder Steckverbindung
- Thermo-, Ausgleichs- oder Anschlussleitung
- Zubehör

Ansprechzeit gemäß EN 60584 (1) und (2) ASTM E 230 und 235



Isolationsmaterialen



Mineralisch isolierte Thermoelemente

Ein wichtiges Qualitätskriterium beim Einsatz von Mantelthermoelementen ist der Isolationswiderstand.

Oft ist ein zu niedriger Isolationswiderstand die Ursache dafür, dass parasitäre Spannungen die Messungen beeinflussen bzw. zu Fehlmessungen führen. Die Hersteller von Mantelthermoelementleitungen haben umfangreiche Anstrengungen unternommen, um einen sehr hohen Isolationswiderstand zu erzielen.

Das Resultat ist ein Isolationswiderstand bei Raumtemperatur von 10^{12} Ω. Dieser Wert fällt bei ca. 1.000°C auf einige kΩ ab, ein Verhalten, das - selbst bei für höchste Temperaturmessungen - geeigneten Isolationsmaterialien nicht zu vermeiden ist. Allerdings ist dieser Vorgang beim abkühlen reversibel.

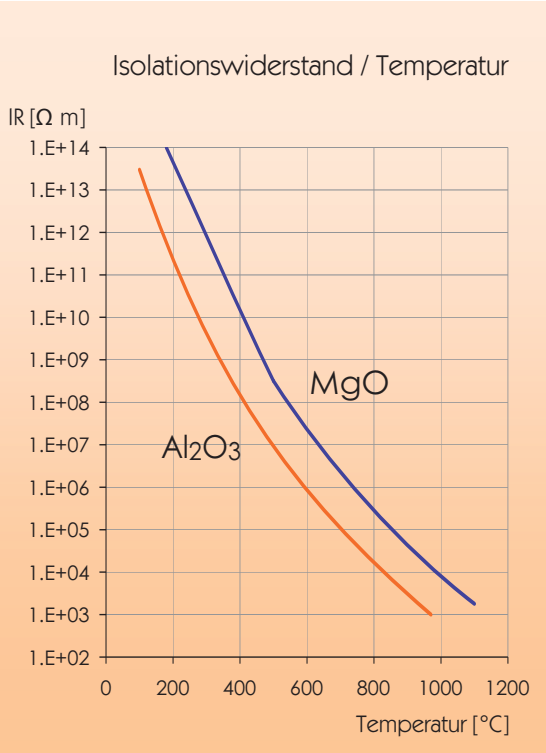
Mineralisch isolierte Thermoelemente

Bedingt durch die kleinen Abmessungen bleibt für die Isolation der Adern gegeneinander und der Adern gegen den Mantel sehr wenig Raum. Für ein Element mit 0,5mm Außendurchmesser sind es jeweils 0,06mm. Es musste ein Isolationsmaterial gefunden werden, das selbst bei hohen Temperaturen noch seine Funktion erfüllt. Umfangreiche Untersuchungen führten schließlich zu dem Ergebnis, dass mineralische Stoffe wie Magnesiumoxid (MgO) oder Aluminiumoxid (Al2O3) am besten geeignet sind.

Durch die Verwendung von pulverförmigem, gepresstem Magnesiumoxid werden die geforderten Isolationswiderstände von mehreren tausend MΩ (bezogen auf 1m Kabel und Raumtemperatur) erreicht.

Wegen der stark hygroskopischen Eigenschaften des Isolationsmaterials werden die Thermoelemente vor der Weiterverarbeitung zunächst mehrere Stunden offen bei 150°C ausgetrocknet.

Erfolgt der Einsatz von Mantelthermoelementen z.B. in Druckwasserreaktoren, und kommt es dabei zu Beschädigungen des Mantels, so kann das Element aufplatzen. Eindringendes Wasser wird im Magnesiumoxid eingelagert und führt zu einer Strukturänderung, die eine Volumenvergrößerung zur Folge hat. In diesen Einsatzbereichen ist die Verwendung von Aluminiumoxid vorzuziehen.
Mantelthermoelemente mit Aluminiumoxid haben einen zehn- bis zwanzigfach niedrigeren Isolationswiderstand sowie eine geringere Duktilität als magnesiumoxidisolierte.
Als hochtemperaturbeständige Isolationsmaterialien finden Hafnium- und auch Berylliumoxid Anwendung. Aufgrund der guten Korrosionsbeständigkeit und dem hohen Isolationswiderstand wird Hafniumoxid beim Bau flexibler Thermoelemente der Vorzug gegeben. Die Handhabung von Berylliumoxid in Pulverform stellt eine hohe Gesundheitsgefährdung dar, weshalb es lediglich auf besondere Anfrage in pelletierter Form für den Bau starrer Thermoelemente für höchste Anforderungen Verwendung findet.

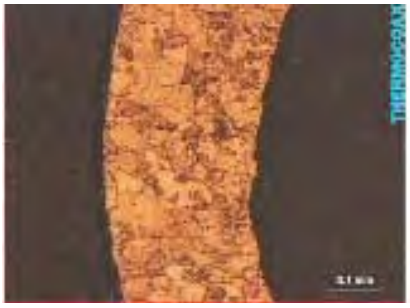


Mantelmaterialen

Minimaler Durchmesser: 0,25 mm

Der Schutzmantel umgibt das Thermopaar, das z.B. in Magnesiumoxid eingebettet ist. Die Eigenschaften des Mantels sind mitbestimmend für die Verwendungsmöglichkeiten eines Thermoelementes.

Nicht selten wird in aggressiven Medien, in Rauchgasen, unter Hochdruck oder im Vakuum gemessen. Extreme Bedingungen setzen die Lebensdauer der Mantelthermoelemente wesentlich herab. Eine Verbesserung der Standzeit bringt die Auswahl des Mantelmaterials entsprechend den spezifischen Einsatzbedingungen. Oft ist das Ermittlungsverfahren nur durch den Test von mehreren Mantelmaterial-legierungen möglich.
Am Häufigsten werden rostfreie Austenit-Stähle verwendet, die z.B. titan-, niob- oder siliziumstabilisiert sind. Ebenso kommen Inconel®- oder Nickellegierungen bei höheren Temperaturen zum Einsatz.



Ig Mantel Ø 2mm vor dem Einsatz

Gleiche Probe nach 1000 Std bei 1200°C

Die meistverwendeten Mantelwerkstoffe sind:

- **Ac** rostfreier Austenit-Stahl
- **I** Inconel® Legierung 600.

Für spezielle Anwendungen:

- **At** titanstabilisierter Austenit-Stahl
- **An** niobstabilisierter Austenit-Stahl
- **Ao** molybdänstabilisierter Austenit-Stahl
- **Ar** hitzebeständiger Austenit-Stahl
- **Nm** Nimonic® 75
- **If** Mischkristallhärtende Legierung
- **Ig** Nickelbasis-Superlegierung
- **Ih** Mischkristallhärtende Legierung
- **It** Mischkristallhärtende Legierung
- **Zy** Zircalloy® Beschichtung

Für Hochtemperatur Thermoelemente:

- **Ta** Tantal
- **Ti** Titan
- **Nb** Niobium
- **Mo** Molybdän
- **Mor** Molybdän 50% Rhenium 50%
- **Rhe** Rhenium
- **Re** Platin-Rhodium 10% Rh

Physikalische Eigenschaften

	Ac (304L)	I INCONEL® 600	Ao 316L	At 321	An 347	Ar 314	Nm Nimonic® 75	If	Ig
Schmelztemperatur [°C]	1.420	1.420	1 380	1.400	1.400	1.450	1.380	1.370	1.360
Maximale Betriebstemperatur [°C]	800	1.200	800	800	800	1.100	1.200	1.200	1.200
Ausdehnungskoeffizient [10^6 K^{-1}]	17	12	17	17	17	17,5	13,3	14	15,5
Spezifische Wärme [J $kg^{-1}K^{-1}$]	500	460	500	500	500	500	460	460	500
Wärmeleitfähigkeit [W $m^{-1}K^{-1}$]	17	15	17	15	15	17	13.4	11	18,7
Dichte [g cm^{-3}]	7,9	8,4	7,9	7,9	7,9	7,9	8,4	8,1	8,05
Elastizität [GPa]	200	210	200	200	200	200	210	210	218

Außendurchmesser

Der Durchmesser nimmt eine vorherrschende Stellung im Hinblick auf Montage und Ansprechzeit ein.

Als Faustregel gilt ein Außendurchmesser von 1,5 mm als bester Kompromiss zwischen:

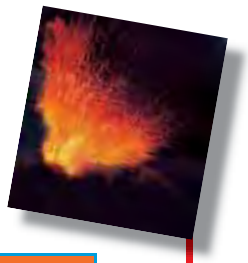
- Ansprechzeit,
- Flexibilität / Biegsamkeit,
- kleinen Abmessungen,
- mechanischer Haltbarkeit,
- Korrosionsbeständigkeit,
- Stabilität,
- Leitungswiderstand.

Sollten die ersten drei Faktoren die entscheidungsrelevantesten Parameter sein, so wählt man am besten einen Außendurchmesser von 1 mm oder weniger.

Wenn die anderen Faktoren wichtiger sein sollten, so wählt man einen Außendurchmesser von 1,5 mm oder mehr.

In beiden Fällen sind THERMOCOAX Thermoelemente außergewöhnlich leistungsstark. Nach bisherigen Erfahrungen können sie Drücke bis zu Tausend Atmosphären ohne jeglichen Einfluss widerstehen. Sie können geschweißt, verlötet oder geklebt werden.

Darüber hinaus können sie bis auf einen minimalen Biegeradius, der dem Dreifachen ihres Außendurchmessers entspricht, gebogen werden.



Übersicht über die Mantelmaterialien

Typ	Normen		Eigenschaften
Ac Rostfreier Austenit Stahl mit niedrigem Kohlenstoffgehalt	NF DIN BS AISI	Z2CN 18.10 X2CrNiS19-11 1.4306 304S11 304L	• Gute Schweißbarkeit, • Korrosions- und Hitze beständiger Stahl, • Gute Beständigkeit gegen eine große Anzahl aggressiver Medien, wie Dampf, Verbrennungsgase usw. • Geringe Anfälligkeit gegen interkristalline Korrosion wegen des geringen Kohlenstoffanteils, • Maximale Anwendungstemperatur: 800°C Einsatz: Kernkraft, Chemie, Nahrungsmittel- und Automobilindustrie.
Ao Rostfreier Austenit Stahl, Molybdän stabilisiert, mit geringem Kohlenstoffgehalt	NF DIN BS AISI	Z3CND18.12.02 X2CrNiMo17-12-2 1.4404 316S11 316L	• Wie Ac, darüber hinaus: • Gute Beständigkeit gegen Schwefelsäure, Chloride (salzhaltige Umgebung) und organische Säuren. Einsatz: Kernkraft, Chemie...
At Rostfreier Austenit Stahl, Titan stabilisiert	NF DIN BS AISI	Z6CNT18.10 X6CrNiTi18-10 1.4541 321 S31 321	• Korrosions- und Hitze beständiger Stahl, • Gute Beständigkeit gegen aggressive Medien im Temperaturbereich von 400 bis 800° C, • Gür Dauereinsätze, gute Beständigkeit gegen Oxidation bis zu 900°C, • Bei Betrieb in Kohlendioxid beständig bis 650°C, Einsatz: Reaktorbau, bei der Herstellung div. Säuren, im Fahrzeugbau und in der Forschung.
An Rostfreier Austenit Stahl, Niob stabilisiert,	NF DIN BS AISI	Z6NNb18.10 X6CrNiNb1810 1.4550 - 347	• Korrosions- und Hitze beständiger Stahl, • Niob stabilisierter Stahl ist nahezu immun gegen intergranulare Korrosion, • Gür Dauereinsätze in Kohlendioxid beständig bis 700°C. Einsatz: Automobilindustrie, Feuerungsanlagen in Forschung und Chemie.
Ar Rostfreier Austenit Stahl, Hitze beständig	NF DIN BS AISI	Z12CN25.20 X15CrNiSi25-21 1.4841 314S25 314	• Hitze beständiger, austenitischer Stahl mit guter Zunderbeständigkeit und hoher Warmfestigkeit. Daueranwendbar bei bis zu 900°C in Kohlendioxid und bis zu 1.150°C in Luft. • Wegen des hohen Ni-Anteils, empfindlich gegen schwefelhaltige Gase, besonders in reduzierender Atmosphäre. Einsatz: empfohlen für Temperaturen über 1.000°C.
I Inconel® Legierung 600			• Sehr gute Beständigkeit gegen Korrosion, langsame elektrochemische Korrosion, • Unter oxidierenden Bedingungen beständig bis 1.150°C, • Bei Betrieb in Kohlendioxid und chloridfreiem Wasser beständig bis 500°C, • In schwefelhaltiger Atmosphäre nicht über 500°C einsetzbar, • Inconel® ist bei hohen Temperaturen Wasserstoff durchlässig. Einsatz: bei hohen Temperaturen und in korrosiven Medien.
Nm Nimonic® 75	NF DIN	NC20T LW NiCr20Ti 2.4630	• Maximale Einsatztemperatur 1.200°C, Einsatz: in Abgasleitungen von Dieselmotoren und Gasturbinen (bei niedriger Temperatur)
If Mischkristall härtende Legierung			• Sehr gute Beständigkeit gegen Aufschwefelung und chloridischem Angriff in reduzierenden und oxidierenden Atmosphären. Temperatureinsatz bis 1.200°C. Einsatz: Glas- und Metallverarbeitung; Gasturbinen.
Ig Nickelbasis Superlegierung			• Sehr hohe Oxidationsbeständigkeit bis 1.260°C. Dauereinsatzbereich bis 1.150°C. Beständigkeit gegenüber Halogenverbindungen und Aufkohlung, besonders bei hohen Temperaturen sehr ausgeprägt. In schwefelhaltiger Umgebung nicht einsetzbar. Einsatz: Gasturbinen.
It - Ih Mischkristall härtende Legierungen			• Legierungen mit sehr hochwertigen Eigenschaftskombinationen: thermische Gefügestabilität, Zeitstandfestigkeit, Oxidationsbeständigkeit bis 1.150°C, Beständigkeit gegenüber Aufstickung, Aufkohlung und feuchten Bedingungen. Ih ist in wasserstoffhaltigen Atmosphären besonders stabil.
Ta – Ti – Nb – Mo - Mor – Rhe – Re Vornehmlich für Hochtemperaturthermoelemente			• Zum Einsatz kommen : Tantal, Niob, Molybdän, Molybdän50%Rhenium50%, Rhenium sowie PlatinumRhodium10%. • Bei hohen Temperaturen spielen die Gasdichtigkeit, die Wärmefestigkeit und die Verträglichkeit mit den Isolationsmaterialien eine große Rolle. Einsatz: sehr hohe Temperaturen; Ta auch in Sonderfällen in der chemischen Industrie

Übersicht über die THERMOCOAX Mantelthermoelemente

Standard Thermoelemente

Thermoelement Typ						Mantel							
Typ	Temperatur-bereiche	Mittlere Span-nung µV /°C	Thermodrähte			Material	Durchmesser in mm						
							0,25	0,34	0,5	1	1,5	2	3
			Material		Code	Code							
K	-200 bis 800°C -200 bis +1.000°C 1.250°- 1.370°C	41	NiCr (+) NiAl (-)	KP KN	2 AB	Ac I Sonder-material	025 025 -	034 034 -	05 05 -	10 10 10	15 15 15	20 20 20	30 30 30
J	-40 bis +750°C	55	Fe (+) Constantan® (-)	JP JN	2 FK	Ac	-	-	-	10	15	20	30
N	-40 bis +120°C - 40 bis + 1.300°C	37	NiCrSi (+) NiSi (-)	NP NN	2 LM	I Nm Sonder-material	- - - -	- - - -	05 05 - -	10 10 10 10	15 15 15 15	20 20 20 20	30 30 30 30
E	-200 bis +900°C	68	NiCr (+) Konstantan® (-)	EP EN	2 AK	Ac	-	-	05	10	15	20	-
T	-200 bis +350°C	51	Cu (+) Konstantan® (-)	TP TN	2 CK	Ac	-	-	-	10	15	20	30

Hochtemperatur Thermoelemente

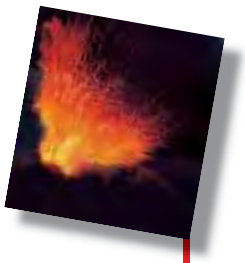
Thermoelement Typ						Mantel			
Typ	Temperatur-bereiche	Mittlere Span-nung µV /°C	Thermodrähte			Material (1)	Durchmesser in mm		
							1	1,5	2
			Material		Code	Code			
S	0 bis + 1.600°C	12	Pt 10 % Rh (+) Pt (-)	SP SN	2PRe	Re	10	15	20
R	0 bis + 1.600°C	14	Pt 13 % Rh (+) Pt (-)	RP RN	2PRg	Re	10	15	20
B	0 bis + 1.700°C	10	Pt 30 % Rh (+) Pt 6 % Rh (-)	BP BN	2RdRn	Re	10	15	20

Thermoelemente für sehr hohe Temperaturen

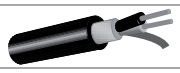
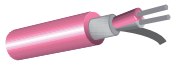
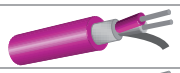
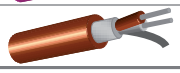
Thermoelement Typ						Mantel								
Typ	Temperatur-bereiche	Mittlere Span-nung µV /°C	Thermodrähte			Material	Durchmesser in mm							
							0,7	1,2	1,4	1,5	1,6	2	2,1	3,17
			Material		Code	Code								
"C"	0 bis 2.300°C	15	Wolfram Rhenium 5% Re (+) Wolfram Rhenium 26% Re (-)		2W5W26	Mo Ta Nb Rhe		- 12 12 12	14 14 - -	- 15 - -	16 16 16 -	2 - - -	- 21 - -	- 31,7 - -
	0 bis 1.800°C					Ta	07		14	15	(flexible version)			
"D"	0 bis 1.800°C	19	Wolfram Rhenium 3% Re (+) Wolfram Rhenium 25% Re (-)		2W3W25	Rhe	12	-	-	-	-			
						Ta	07		14	15	(flexible version)			

Thermoelemente und Heizleiter mit ATEX-Zulassung.

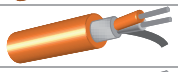
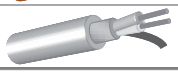
Sensoren mit ATEX-Zulassung siehe gesonderte Dokumentation



Thermoleitungen

PP oder PVC- Ø in mm		PFA - Ø in mm				DIN EN 60584-3 Farbcode
2,5	3,5	2,5	3,5	2,1	1,7	
Code Schleifenwiderstand						
2AB25 (13,5 Ω/m)	2AB35 (4,5 Ω/m)	2AB25T (13,5 Ω/m)	2AB35T (4,5 Ω/m)	2AB21T (13,5 Ω/m)	2AB17T (13,5 Ω/m)	
2FK25 (9,2 Ω/m)	2FK35 (9,2 Ω/m)	2FK25T (9,2 Ω/m)	2FK35T (8 Ω/m)	-	-	
2LM25 (16,4 Ω/m)	-	2LM25T (19,9 Ω/m)	2LM35T (5,6 Ω/m)	-	-	
2AK25 (15,6 Ω/m)	2AK35 (8 Ω/m)	-	-	-	-	
2CK25 (7,68 Ω/m)	-	-	-	-	-	

Ausgleichs-und Anschlußleitungen

PP oder PVC- Ø in mm	Kupfer		IEC 584,3 Identification
Ø 2,5 mm	Ø 2,5 mm	Ø 3 mm	
Code und Schleifenwiderstand			
2PR25 (2,07 Ω/m)	-	-	
2PR25 (2,07 Ω/m)	-	-	
-	2CC25 (0,56 Ω/m)	2CC30 (0,18 Ω/m)	

Verlängerungs- und Anschlußleitungen

Edelstahl		PVC		THERMOCOAX Farbcode
Ø 1 mm	Ø 1,5	Ø 2,5 mm		
Code und Schleifenwiderstand				
2 XY Ao 10 für Thermoelement Ø 1,2 oder 1,4 mm	2 XY Ao 15 für Thermoelement Ø 1,6 oder 2 mm	2 XY 25 (8 Ω/m)	2 XY 35 (2,65 Ω/m)	
Schleifenwiderstand				
19 Ω/m	7,6 Ω/m			
-		PTFE - Ø 2,1 mm		
-		2 VW 21 T (8 Ω/m)		

Sheath materials

Ac	Stainless steel AISI 304L
I	Inconel® alloy 600
If	Specific alloy
Ig	Refractory alloy
Mo	Molybdenum
Nb	Niobium
Nm	Nimonic® 75
Re	Platinum Rhodium 10% Rh
Rhe	Rhenium
Ta	Tantalum

	Page
Thermocouples wires	12-15
Insulant materials	7
Sheath materials	8- 9
Hot junctions	16
Extension cables	17
Connection	18-19
Accessories	21

Extension cables

PE	Polyethylene
PCV	Polychloro-trifluoro-ethylene
PFA	Fluorocarbon co-polymer
PTFE	Fluorocarbon polymer
PE	Polyethylene
PP	Polypropylene
HFFR	Halogen-Free Flame Retardant

Standard Thermoelemente

von -200°C bis 1.200°C

Verwendung von Basismetallen

Thermoelement						Mantel							
Thermodrähte		Typ	Mittlere Spannung µV/°C	Temperatur-bereich °C	Code	Material	Durchmesser in mm						
							0,25	0,34	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0
NiCr (+) Ni (-)	KP KN	**K**	41	-200 bis +1.000 1.370°C kurzzeitig	2 AB	Ac I	●	●	●	●	●	●	●
Fe-(+) Konstantan®(-)	JP JN	**J**	55	-40 bis +750 1.200°C kurzzeitig	2 FK	Ac	-	-	-	●	●	●	●
NiCr (+) Konstantan®(-)	EP EN	**E**	68	-200 bis +900 1.000°C kurzzeitig	2 AK	Ac	-	-	●	●	●	●	-
Cu-(+) Konstantan®(-)	TP TN	**T**	51	-200 bis +350 400°C kurzzeitig	2 CK	Ac	-	-	-	●	●	●	●

Typ K

NickelChrom (+) / NickelAluminium (-)

Das bekannteste und am häufigsten verwendete Thermoelement, das zur Gruppe NickelChrom/NickelAluminium gehört, ist Typ K.
Die durchschnittliche Thermospannung beträgt 41µV/°C. Die Temperatur-Spannungscharakteristik verläuft nahezu linear.

Typ J

Eisen (+) / Konstantan® (-)

Obwohl der Typ J immernoch gerne benutzt wird, hat er, vor allem wegen seines begrenzten Temperaturbereiches von -40°C bis etwa 750°C, eine eher geringe Bedeutung.
Die mittlere Thermospannung beträgt 56µV/°C. Sie ist relativ hoch, kann aber schon durch geringe Verunreinigung des Eisenschenkels stark verfälscht werden, d.h. die Messung der Temperatur ist nicht mehr reproduzierbar.

Typ E

NickelChrom (+) / Konstantan® (-)

Aufgrund seiner hohen Thermospannung (68µV/°C) wird NickelChrom/Konstantan hauptsächlich im kryogenen Temperaturbereich (-200°C) eingesetzt. Die Tatsache, dass es unmagnetisch ist, kann ein weiterer Vorteil bei bestimmten Anwendungen sein.

Typ T

Kupfer (+) / Konstantan® (+)

Dieses Thermoelement hat einen Temperaturbereich von -200°C bis zu +350°C und wird selten benutzt. Seine Hauptanwendungsbereiche liegen in der Medizin- und Pharmatechnik

Direktverbindung D: die Thermoleitung ist direkt am Thermoelement angeschweißt und die Übergangsstelle wird durch eine Metallhülse feuchtigkeitsdicht geschützt.

Steckverbindung FI – RI: aus Kunststoff oder Keramik. Das Thermoelement wird mit dem Stecker verbunden, die Thermoleitung erhält eine Buchse.

Steckverbindung MF: LEMO®-Buchse am Thermoelement montiert, die Thermoleitung ist mit einem LEMO®-Stecker versehen.

Weitere Informationen: siehe Seite 18

Lagerhaltige Typen

Lagerhaltige Typen									
Thermomaterial		Typ	Mantelmaterial	Serie	Durchmesser in mm				
					0,5	1,0	1,5	2,0	3,0
NiCR (+) NiAl(-)	KP KN	**K**	Ac	TKA SKA LKA (WKA) FKA (RKA)	●	●	●	●	●
			I	TKI SKI LKI (WKI) FKI (RKI)	●	●	●	●	●
Fe-(+) Konstantan®(-)	JP JN	**J**	Ac	TJA SJA LJA (WJA) FJA (RJA)	-	●	●	●	●

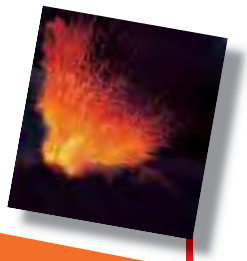
Thermoleitung Polypropylen (PP)

Die hier beschriebenen Thermoelemente entsprechen dem Standardsortiment für:

- andere Durchmesser,
- andere Materialien,
- Sonderkonstruktionen

fragen Sie uns bitte an

Standard Thermoelemente



Extrem hohe thermoelektrische Stabilität bis 1.200°C

Typ N

NiCrSi (+) - NiSi (-)

Typ N Thermoelemente sind bezüglich ihrer thermoelektrischen Stabilität vergleichbar mit Platin/Rhodium Thermoelementen und weisen eine außergewöhnlich gute Resistenz gegenüber Hochtemperaturoxidation auf.

Sie sind für den Einsatz bei hoch genauen Messungen in Luft bis 1.200°C ideal geeignet. Unter Vakuum oder Schutzgasatmosphäre erweitert sich der Einsatzbereich auf bis zu 1.300°C.

Geringe Empfindlichkeit gegen Kristallisation

Im Temperaturbereich von 300 - 600°C tritt bei NickelChrom Legierungen ein Kristallisationseffekt auf, der zu einer reversiblen Empfindlichkeitsdrift, verbunden mit einer Hysterese, führt.

Selbst wenn die Thermoelementmessspitze einer Umgebungstemperatur im Bereich 900 - 1.200°C ausgesetzt ist, so wird es aufgrund des Temperaturgefälles der Anwendung (z.B. wegen Durchtritts durch eine Ofenwand) immer einen Teilbereich des Elements geben, der nur Temperaturen von 300 - 600°C erfährt. Dieser Bereich trägt zur gemessenen Gesamtspannung bei. Thermoelemente des Typs N werden, verglichen mit solchen vom Typ K, durch diesen Effekt um 50% weniger beeinflusst.

Geringe Empfindlichkeit gegenüber Kaltverformung

Die thermoelektrische Spannung unterliegt nur einem geringen Einfluss durch Kaltverformung. Hierdurch ist es möglich, die Elemente in Wellenlinien zu verlegen, ohne dadurch punktuelle Fehler in der Homogenität zu induzieren, welche die Thermospannung beeinflussen würden.

Widerstandsfähigkeit gegen Oxidation

Der Siliziumanteil in den beiden thermoelektrischen Legierungen führt zur Ausbildung einer oberflächlichen Siliziumschicht, welche durch Passivierung zu einer sehr guten Oxidationsbeständigkeit der Drähte führt.

Anwendung in Luft und anderen Atmosphären

Bei Temperaturen über 1.100°C muss das Mantelmaterial sorgfältig nach den Umgebungsbedingungen ausgewählt werden. Inconel ®600 stellt für Luft einen guten Kompromiss in Hinblick auf Korrosion und Einfluss des Mantels auf die Stabilität der Thermospannung dar. Nimonic ®75 als Mantelmaterial eignet sich besonders für Abgasuntersuchungen in niedrigen Temperaturbereichen. Darüber hinaus setzt THERMOCOAX Sonderlegierungen für Anwendungen z.B. in wasserstoff- oder chlorhaltigen Atmosphären ein.

Eingehende Untersuchungen haben gezeigt, dass Typ N Thermoelemente zwischen 1.000-1.200°C verglichen mit Typ K einer 10-20fach geringeren Drift unterliegen

Die hier beschriebenen Thermoelemente entsprechen dem Standardsortiment, für:

- andere Durchmesser,
- andere Konstruktionen,
- andere Materialien,

fragen Sie uns bitte an.

Thermoelement						Mantel					
Thermodrähte		Typ	Mittlere Spannung µV/°C	Temperaturbereich °C	Code	Material	Durchmesser in mm				
							0,5	1,0	1,5	2,0	3,0
NiCrSi (+) NiSi (-)	NP NN	N	37	-40°C bis +1.300°C	2 LM	I	●	●	●	●	●
						Nm	●	●	●	●	●
						Ig		●	●	●	●
						If		●	●	●	●

Hochtemperatur-Thermoelemente

Thermoelemente auf Platin Basis

Bis zu 1.700°C

Typ S

Platin10%Rhodium (+) / Platin (-)

Anwendungsbereiche: in oxidierender Atmosphäre bis 1.600°C. Typ S Thermoelemente wurden bis zur Einführung der ITS90 über Jahre als Basis für die internationale Temperaturkalibrierung im Bereich von 630 – 1.064°C eingesetzt.

Typ R

Platin13%Rhodium87%(+)/ Platin(-)

Eigenschaften vergleichbar mit dem Typ S, jedoch Thermospannungen zwischen 6 und 14 µV/°C

Typ B

Platin30%Rhodium (+) / Platin6%Rhodium

Einsetzbar für Messungen bis 1.700°C. Sehr stabil, jedoch mit geringer absoluter Thermospannung in niedrigen Temperaturbereichen, die bei Raumtemperatur sogar vernachlässigbar klein wird.

NEU
0,7 mm Endverjüngung

Die Edelmetall-Thermoelemente sind von einem Platin10% Rhodium Mantel umgeben und werden mit besonders hochwertigem Mineraloxid gefertigt. Ihre Hauptanwendung liegt in Messungen im Temperaturbereich von 1.000 – 1.600°C

Typ S Thermoelemente wurden bis zur Veröffentlichung der ITS90 über Jahre als Basis für die internationale Temperaturkalibrierung im Bereich von 630 – 1.064°C eingesetzt.

Reines Platin und PlatinRhodium Legierungen geben Thermospannungen ab, die kleiner sind als bei üblichen Thermopaaren. Sie bieten jedoch folgende Vorteile:

- Hohe Standzeit in oxidierender Atmosphäre,
- hoher Schmelzpunkt,
- hohe Stabilität der Thermospannung.

Edelmetallthermoelemente sind die einzigen Typen, die problemlos über längere Zeit in oxidierender Atmosphäre über 1.250°C eingesetzt werden können. Bezogen auf ihr thermoelektrisches Verhalten sind diese Thermoelemente unter den o.g. Betriebsbedingungen extrem stabil. Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass sie unter reduzierendem Bedingungen leicht durch Materialdissoziation verunreinigt werden können.

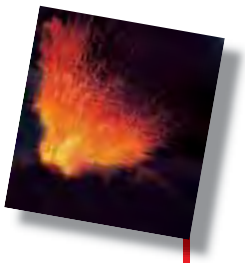
Thermoelemente						Mantel			
Thermodrähte		Typ	Mittlere Spannung µV/°C	Temperaturbereich °C	Code	Material	Durchmesser in mm		
							1,0	1,5	2,0
Pt 10% Rh (+) Pt (-)	SP SN	S	12	0 up bis 1.600°C	2 PRe	Re	●	●	●
Pt 13% Rh (+) Pt (-)	RP RN	R	14	0 up bis 1.600°C	2 PRg	Re	●	●	●
Pt 30% Rh (+) Pt 6% Rh (-)	BP BN	B	10	0 up bis 1.700°C	2 RdRn	Re	●	●	●

Die hier beschriebenen Thermoelemente entsprechen dem Standardsortiment, für:

- andere Durchmesser,
- andere Sonderkonstruktionen,

fragen Sie uns bitte an

Thermoelemente für sehr hohe Temperaturen



Bis zu 2.300°C

Thermoelemente auf WolframRhenium Basis

Diese refraktionären Metall Thermoelemente sind die einzigen, die mit Sicherheit über längere Zeit bei Temperaturen über 1.700°C betrieben werden können. Die Ausführung des Thermoelements wird den jeweiligen Umgebungsbedingungen (Vakuum, neutral, reduzierend) angepasst, wodurch es bis 2.300°C betrieben werden kann. Die Legierungen haben einen sehr hohen Schmelzpunkt und einen sehr geringen partiellen Dampfdruck, sind jedoch nicht sehr biegsam.

Typ C (starr oder flexibel)

Wolfram5%Rhenium (+) / Wolfram26%Rhenium (-)

Dieser Typ wird für Messungen von sehr hohen Temperaturen von bis zu 2.300°C in neutraler und reduzierender Atmosphäre sowie im Vakuum eingesetzt.

Typ D (starr)

Wolfram3%Rhenium (+) / Wolfram25%Rhenium (-)

Dieser Typ wird für Messungen von Temperaturen von bis zu 1.800°C in neutraler und reduzierender Atmosphäre sowie im Vakuum eingesetzt.

Der Rheniummantel

Dieses Thermoelement wurde vom „International Centre of Nuclear Research" entwickelt und wird speziell dann empfohlen, wenn eine längere Lebensdauer bei über 2.000°C benötigt wird.
Dort wurde ebenfalls ein Thermoelement mit Hafniumoxid als Isolationsmaterial entwickelt. Hafniumoxid weist eine außergewöhnliche chemische Stabilität gegenüber dem Wolframdraht sowie dem Rheniummantel auf.
Thermoelemente mit Rheniummantel haben folgende besondere Eigenschaften:

- Die wichtigste Eigenschaft ist der extrem hohe Schmelzpunkt, der bei 3180°C liegt.
- Das Thermoelement bleibt biegsam, selbst wenn es hohen Temperaturen ausgesetzt wird.
- Es wird weder durch oxidierende, noch reduzierende Atmosphäre beeinflusst.
- Es hat einen hohen spezifischen Widerstand.
- Es lässt sich schweißen, ohne zu verspröden.
- Es hat ein ausgezeichnet Verhalten in inerter Atmosphäre und reagiert nicht mit Uranoxid.

Umgebungsbedingungen und Grenzen der Anwendung

In oxidierender Atmosphäre brennen Tantal, Niob, Molybdän und Rhenium sofort. Nur Platin widersteht Temperaturen über 1.000°C.
Molybdän lässt sich in Stickstoff, Wasserstoff und anderen reduzierenden Atmosphären bis zu Temperaturen von 1.500°C einsetzen. Unter Stickstoff und Wasserstoff bilden Niob und Tantal, Nitride bzw. Hydride, wodurch das Mantelmaterial versprödet.
Im Vakuum ist der Einsatz von Molybdän wegen seines relativ hohen Partialdampfdrucks oberhalb einer Temperatur von 1.800°C nicht empfehlenswert.
In Anwesenheit von Graphit kann keines der Materialien oberhalb von 1.200°C eingesetzt werden, jedoch lässt sich die Standzeit durch Beschichtung mit Titan- (TiN) oder Siliziumnitrid (SiN) verlängern.

Thermoelemente					Mantel								
Thermodrähte	Typ	Mittlere Spannung µV/°C	Temperaturbereich °C	Code	Material	Durchmesser in mm							
						0,7	1,2	1,4	1,5	1,6	2	2,1	3,17
WolframRhenium 5 % Re (+) - WolframRhenium 26 % Re (-)	C	15	0 bis 2.300°C	2W5W26	Mo			●		●	●		
					Ta		●	●	●	●		●	●
					Nb		●			●			
					Rhe		●						
			0 bis 1.800°C		Ta	●		●	●	(flexible version)			
WolframRhenium 3 % Re (+) - WolframRhenium 25 % Re (-)	D	19	0 bis 1.800°C	2W3W25	Rhe		●						
					Ta	●			●	(flexible version)			

Messstellen

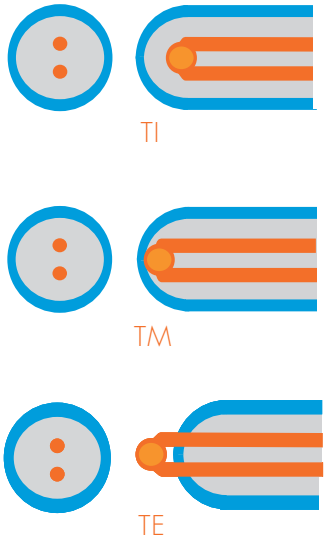
Die Messstelle ist der Punkt, an dem die zwei Thermodrähte miteinander verschweißt sind. Der Mantel wird zugeschweißt und mit Hilfe von flüssigem Stickstoff auf Dichtigkeit geprüft.

Die isolierte Standard-messstelle TI

Dies ist der meistverbreitete Typ von Messstelle. Die Verschweißung der Thermodrähte wird mit Wolfram- Elektroden unter Schutzgas durchgeführt.
Auf gleiche Art und Weise wird dann der Mantel zugeschweißt. Dieser ist von der Messstelle isoliert und wird anschließend auf Isolation geprüft.

Die externe Messstelle TE

Bei dieser Version ist die Messstelle nach außerhalb des mineralisch isolierten Kabels verlegt. Dies bietet den Vorteil einer um mehr als 20% verringerten Ansprechzeit.



Die verschweißte Standard Messstelle TM

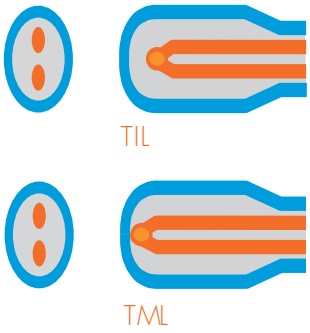
Bei dieser Ausführung sind die Adern der Messstelle mit dem Mantel verschweißt und die Ansprechzeit um bis zu 20% verkürzt. Allerdings wird so der vorteilhafte Isolationsschutz (≥ 1000 MΩ/m) des Thermopaares überbrückt.

Dies kann dadurch vermieden werden, dass man einen geringeren Außendurchmesser verwendet. So würde man weiterhin die Vorteile der isolierten Messstelle nutzen.

Die abgeflachte Messstelle, AusführungTIL oder TML

Nach der Herstellung der Messstelle Typ TI oder TM kann dieses Ende bei NickelChrom / NickelAluminium Legierungsthermoelementen auf die Hälfte des anfänglichen Manteldurchmessers flach gewalzt werden.

Dadurch wird die Messstelle auf das 1,5 fache des ursprünglichen Außendurchmessers verbreitert. Der abgeflachte Teil hat dann eine Länge von 5 bis 50 mm. Die Ausführungen TML und TIL sind bei Thermoelementen mit einem Außendurchmesser ≥ 0,5 mm möglich. Für spezielle Anwendungen kann man den Mantel noch geringfügig weiter abflachen.

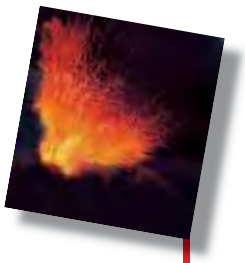


Die abgeflachte Messstelle, Ausführung TIS oder TMS

Um eine kleine Zeitkonstante zu erhalten, reduziert man den Außendurchmesser des Thermoelementes an der Messstelle auf einer Länge von 50 bis 150 mm. Der reduzierte Durchmesser an der Messstelle beträgt gewöhnlich die Hälfte des ursprünglichen Außendurchmessers.

Diese Reduzierung ist bei Thermoelementen mit einem Manteldurchmesser ≥ 0,5 mm durchführbar. Von einem größeren Durchmesser, z.B. 3 mm, ist eine Reduzierung um mehr als die Hälfte der Messstelle nur über mehrere Stufen möglich

Thermoleitung, Ausgleichsleitung und Anschlussleitung

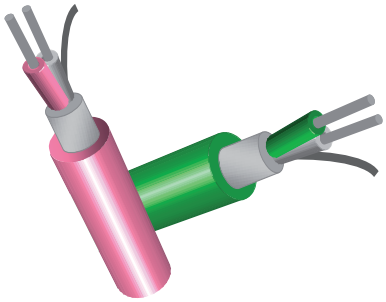


Das Thermoelement ist mit dem Messgerät mittels einer Thermoleitung oder einer Anschlussleitung verbunden.

Thermoleitungen, deren Adern aus dem gleichen Thermomaterial sind wie die Thermoelemente, vermeiden jede Art von Messfehlern und werden deshalb für alle THERMOCOAX Thermoelemente eingesetzt. Die gesamte Angebotspalette an Thermoelementen mit Ausnahme der Wolfram-Rhenium und der Platin-Rhodium-Elemente kann mit derartigen Leitungen versehen werden.

Da die angesprochenen Thermoelemente aus seltenen oder edlen Metallen bestehen, werden sie mit so genannten Ausgleichsleitungen verbunden, deren Adern aus Legierungen bestehen. Diese erzeugen die gleiche Thermospannung wie die Adern des Thermoelementes bei einer maximalen Betriebstemperatur von 150°C.

Das Thermoelement Typ B, welches keine Temperaturkompensation erfordert, kann an eine so genannte Anschlussleitung mit Kupferadern angeschlossen werden, vorausgesetzt es wird eine Kaltstellenkompensation vorgenommen.



Messfehler durch falsche Verwendung der Ausgleichsleitung

Die Ausgleichsleitung wird häufig als Verlängerung des Thermoelements bis zum Messort benötigt. Sie erfüllt diese Aufgabe jedoch nur, wenn die der Ausgleichsleitung eigenen Bedingungen beachtet werden (DIN EN 60584-3).

Thermospannungsfehler sind häufig die Folge von vertauschtem Adernanschluss, falscher Wahl der Ausgleichsleitung, zu hoher Umgebungstemperatur (>200°C), falscher Erdung oder Installation der Ausgleichsleitung parallel zu einem Induktivitätsfeld. Bei Fehlmessungen ist es daher angebracht, bei der Ausgleichsleitung mit der Überprüfung anzufangen.

Thermoleitungen und Ausgleichsleitungen mit metallischem Außenmantel

An Hochtemperaturthermoelementen (Typen S und C) können zur Verlängerung metallgemantelte Thermo- oder Ausgleichsleitungen montiert werden:

- 2PREI für Temperaturen < 600°C
- 2XYAo(At) für Temperaturen < 871°C

Übersicht über die Ausgleichsleitungen für Standardthermoelemente

Kabelaußen-durchmesser	Code	Isolationsmaterial Mantel / Drähte	Abschirmung	Drähte	Max. Anwendungstemperatur
2,5mm	2AB25T 2FK25T 2LM25T	PFA/PFA	Aluminiumfolie mit vernickeltem Kupferbeidraht	1x 0,3mm massive (0,07mm²)	-100°C - 250°C
	2AB25 2FK25 2LM25 2AK25 2CK25	HFFR/PP oder PVC / PVC	Aluminiumfolie mit verzinntem Kupferbeidraht	1 x0,3mm massive (0,07mm²)	-40°C-85°C
3,5 mm	2AB35T 2FK35T 2LM35T	PFA/PFA	Verzinntes Kupfergeflecht	7 x 0,2 mm	200°C – 250°C
	2AB35 2FK35 2AK35	PVC/PVC	Verzinntes Kupfergeflecht	3 x 0,3 mm	105°C – 125°C
2,1 mm	2AB21T	PFA/PFA	Versilbertes Kupfergeflecht	1 x 0,32 mm	200°C – 250°C
1,7 mm	2AB17T	PFA/PFA	Aluminiumfolie mit Beidraht	1 x 0,32 mm	200°C – 250°C

Verbindungen

Um eine einwandfreie Funktion der Mantelthermoelemente zu gewährleisten, müssen die Enden gegen feuchtigkeitsdicht abgeschlossen werden. Dies geschieht im Allgemeinen durch Vergießen mit einem Zweikomponentenkleber.

Als Verbindungsglied zur Kunststoffthermo- oder Ausgleichsleitung, die das Messsignal zum Messinstrument weiterleitet, kommen standardmäßig die Direktverbindungen zum Einsatz. Bei schwierigen und unzugänglichen Temperaturmessaufgaben oder besonderen Spezifikationen ist es jedoch häufig nötig, kundenspezifische Verbindungen zu entwickeln.

Direktverbindungen

Hierbei werden die Verbindungen zwischen dem Thermopaar des Thermoelementes und dem der Leitung durch direktes Schweißen hergestellt.

Die Thermoelemente unserer Produktpalette können mit nebenstehenden Verbindungen ausgestattet werden. Ihre Auswahl ist abhängig von verschiedenen Parametern, wie Thermoelementdurchmesser, Einbausituation, Umgebungsbedingungen, Wahl der Thermoleitung etc.

- Betriebstemperatur: abhängig vom Material des Verlängerungskabels PP: 85°C, PTFE 200°C
- Durchgehende Masseverbindung.

Benennung	Material	Thermoelement Ø in mm	Verbindung Ø in mm	Länge in mm
D20	Messing	? 0,5	2,0	12
D25 D25-VA*	Messing 1.4305	? 0,5 ? 1,0	2,5	13 6
D30	Messing vernickelt	? 0,5	3,0	20
D40 D40-VA*	Messing vernickelt 1.4305	? 2,0 ? 1,0	4,0	30
DS40	Messing vernickelt	? 2,0	4,0	20
DH50 DH50-VA*	Messing vernickelt* 1.4305	0,5 - 3,0 ? 1,0	5,0	35
D50 D50-VA*	Messing vernickelt 1.4305	1,0 - 3,0 ? 1,0	5,0	35
D58	Messing vernickelt	3,0	5,8	45
D70 D70-VA*	Messing vernickelt 1.4305	1,0 - 3,0 ? 1,0	7,0	43
D100-VA*	1.4305	? 4,0	10,0	50

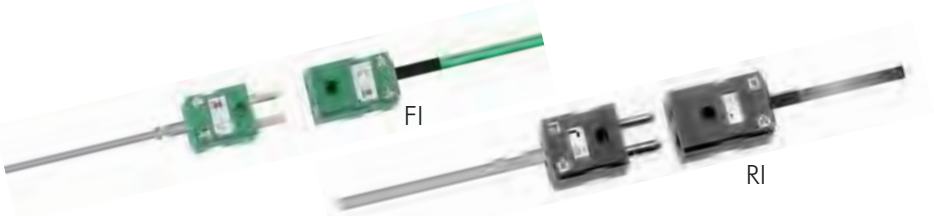
*) DH = mit Vergießfenster; VA-Edelstahl

Steckverbindungen aus Kunststoff und Keramik

Bei den Kunststoff- (FI und RI) sowie den Keramiksteckern (FC und RC) sind die Steckerkontakte aus thermoelektrischen Materialien und somit Temperaturkompensiert gefertigt. Die Farben ergeben sich gemäß dem IEC Standard. Der Körper stellt keine Masseverbindung zwischen dem Mantel des Thermoelements und der Abschirmung der Verlängerungsleitung sicher. Ist die Übergabe der Masse erforderlich, so finden dreipolige Stecker Anwendung.

FI - RI - FC - RC

- Kontakte Thermomaterial, temperaturkompensiert
- Kompensierte Verbindung
- Zugentlastung



Flachkontaktstecker für Thermoelement Ø < 3 mm

Material	Stecker für Thermoelement Typ	B x L x H in mm	Buchse für Thermoleitung Typ	B x L x H in mm
Kunststoff	FIM	16 x 19 (+12) x 8	FIF	16 x 26 x 8
Kunststoff	FIM-3polig	23,9 x 19 (+12) x 8	FIF-3polig	23,9 x 25,4 x 8
Keramik	FCM	18 x 22 (+12) x 9	FCF	18 x 27 x 9

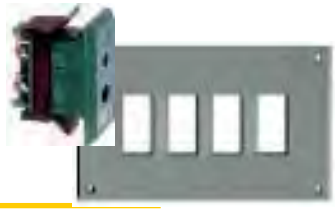
Rundkontaktstecker für Thermoelement Ø > 3 mm

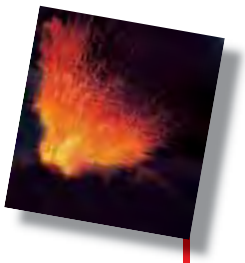
Material	Stecker für Thermoelement Typ	B x L x H in mm	Buchse für Thermoleitung Typ	B x L x H in mm
Kunststoff	RIM	25,4 x 35 (+15) x 12,8	RIF	25,4 x 35 x 12,8
Kunststoff	RIM-3polig	36,5 x 35 (+15) x 12,8	RIF-3polig	36,5 x 35 x 12,8
Keramik	RCM	25,4 x 38 (+15) x 15	RCF	25,4 x 38 x 15

( ) = Länge der Pins

Stecker und Buchse	Temperatur dauerhaft	Temperatur kurzzeitig
FI - RI	150°C	200°C
FC - RC	400°C	600°C

Einbaubuchsen und Paneele





Metallische Stecker und Buchsen

Die Verbindung zwischen den Adern des Thermoelementes und denen der Thermo- bzw. Ausgleichsleitung wird mittels nicht temperaturkompensierter Stecker und Buchsen hergestellt. Der metallische Körper und die Umhüllung der Steckverbindung stellen sowohl eine verlustfreie Übergabe der Messwerte als auch eine gute Temperaturuniformität in der Umgebung der Pins sicher. Auf diese Weise werden Messfehler auf ein Minimum reduziert.

Generell ist es nicht ratsam, diese Verbindungen bei Temperaturen oberhalb von 100°C einzusetzen, obwohl die Isolationsmaterialien durchaus höheren Temperaturen standhalten könnten.
Zusammen mit dem Thermoelement beträgt der Isolationswiderstand 100MΩ und der Widerstand des Kontaktes $5 \cdot 10^3$ Ω

Messing vernickelt MF7

- Selbsttätig verriegelnd
- Betriebstemperatur:
  100°C dauerhaft; 150°C kurzzeitig
- Kontakte aus vergoldetem Messing
- Isolationsmaterial aus Diallylphtalat
- Masseverbindung

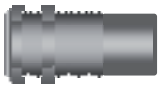
Thermoelemente Ø	Code	Ø in mm	Gesamtlänge
≤ 3 mm	MF7	9,6	81,5

Messing verchromt MF9 – MF12

- Selbsttätig verriegelnd
- Betriebstemperatur:
  200°C dauerhaft; 250°C kurzzeitig
- Kontakte: Männchen:
  vergoldetes Messing, Weibchen: vergoldete Bronze
- Isolationsmaterial aus PEEK
- Masseverbindung

Thermoelemente Ø	Code	LEMO®	Ø	Gesamtlänge
≤ 2 mm	MF9	Size 0	9 mm	58 mm
≤ 3 mm	MF12	Size 1	12 mm	72 mm

Einschraubbuchsen



Messing vernickelt MF11

- Mit Schraubring
- Betriebstemperatur:
  100°C dauerhaft; 150°C kurzzeitig
- Kontakte aus vergoldetem Messing
- Isolationsmaterial aus Diallylphtalat

Thermoelemente Ø	Code	Ø	Gesamtlänge
≤ 2 mm	MF11	11 mm	81 mm

Befestigungsarten

Augrund ihres Aufbaues, ihrer Abmessungen und ihres metallischen Außenmantels lassen sich THERMOCOAX Thermoelemente nahezu problemlos montieren.

Es ergeben sich Einbaumöglichkeiten, die man bei herkömmlichen Thermoelementen nicht verwirklichen kann. So ist es möglich, auch dort Messungen vorzunehmen, wo man mit herkömmlichen Thermoelementen scheitert. Der Manteldurchmesser, die Flexibilität und der kleine Biegeradius (dreifacher Außendurchmesser) eignen sich für die Montage der Thermoelemente in Festkörpern, an Festkörperoberflächen, in Druck- und Vakuumbehältern sowie in Rohrleitungen mit strömenden Gasen oder Flüssigkeiten.

Befestigung durch Einkleben

Besonders einfach ist der Einbau von Mantelthermoelementen in Bohrungen, wenn der Sitz des Messfühlers durch Klebemittel fixiert wird. Hierzu benutzt man z.B. Metallkleber. Der Durchmesser der Bohrung sollte um rund 1/100 bis 5/100 mm größer sein als der Außendurchmesser des Thermoelementes. Dann kann das Klebemittel gut in den Spalt eindringen. Nach dem Aushärten des Klebers ist ein Überdruck von max. 15 bar zulässig. Die Temperatur darf nicht wesentlich höher als 150°C liegen.

Befestigung durch Weichlöten

Eine weitere Art der Befestigung von Mantelthermoelementen, z.B. in den an Rohrleitungen vorgesehenen Bohrungen oder Nuten ist das Weichlöten. Bei kleinen Außendurchmessern der Thermoelemente und einer Weichlotverbindung ist in Rohrleitungen ein Überdruck bis 50 bar bei max. 150°C zulässig.

Befestigung durch Klemmen

Eine andere Variante ist die Möglichkeit unsere speziellen Verstärkungshülsen SB auf das Thermoelement hart aufzulöten und diese in besondere Klemmverschraubungen einzubauen (siehe Seite 21).

Befestigung durch Hartlöten

Bei einem Druck bis zu 300 bar und max. 500°C kann man die Thermoelemente in dafür vorgesehene Bohrungen durch Hartlöten fest einbauen. Hier sollte bei kleinen Durchmessern ggf. unsere Verstärkungshülse verwendet werden.

Befestigung durch Schweißen

Für sehr hohen Druck - bis zu 1.000 bar - und Temperaturen - bis zu 1.100°C - kommen nur noch Schweißverbindungen in Frage. Da es im Allgemeinen nicht möglich ist, die Mantelthermoelemente direkt einzuschweißen, verwendet man entsprechende Schutz- und Verstärkungshülsen.

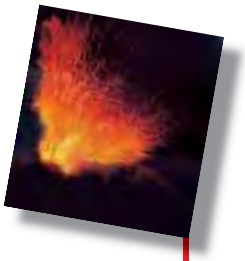
Befestigung durch Flammspritzen

Diese Befestigungsart eignet sich für Trägermaterialien, die einem Hartlöten nicht standhalten. Durch Flammspritzen können Wärmeübergänge erzeugt werden, die einem eingießen vergleichbar sind.

Befestigung durch Verschraubungen

Eine sehr bequeme Montagemöglichkeit bieten die Druckverschraubungen MG, die Andruckvorrichtungen SL und die Durchgangsverschraubung SGS.
Die Druckverschraubung ist als Hilfe zum schnellen Variieren der Einbaumöglichkeiten gedacht. Sie sind für Thermoelemente mit Außendurchmesser von 1 mm bis 3 mm lieferbar.
Bei Einsatz von form geschliffenen Hartstahlringen liegt die maximale Belastungsgrenze der Druckverschraubungen bei ca. 600°C und 500 bar Druck.
Die Andruckvorrichtung SL hat den Vorzug, dass das Mantelthermoelement fest an der Oberfläche des Messobjektes anliegt und somit ein guter Wärmeübergang besteht. Die Einschraubgewinde sind M8x1 bzw. M6x0,75 (siehe Seite 21).

Standardzubehör



Jegliche Form von Schweißen oder Löten eines Thermoelementes durch eine Wand hindurch erfordert gewisse Fähigkeiten.
Um die Montage der Thermoelemente zu erleichtern, wurde eine ganze Palette von Druckverschraubungen entwickelt und an die Standard-THERMOCOAX-Dimensionen angepasst.

THERMOLOK® Druckverschraubungen

Die THERMOLOK Druckverschraubungen sind aus rostfreiem Stahl AISI 316L hergestellt. Die Standard-Druckverschraubung besteht aus drei Teilen: dem Körper mit dem konischen NPT-Gewinde (metrische Gewinde verfügbar), dem Schneidring und der Überwurfmutter. Die Verschraubung ist bis zu 700°C bei einem Druck bis zu 500 bar belastbar.

Thermoelemente Außendurchmesser	NPT Gewinde			Mit metrischem Gewinde			Schneidring	
	Code	Ø	Kernloch Ø (mm)	Code	Gewinde	Kernloch Ø (mm)	AISI 316 L	PTFE
1 mm	MG 10	1/16	6,25	MGM 10	M8 x 1	7,00	FE 10	FE 10T
1,5 mm	MG 15	1/16	6,25	MGM 15	M8 x 1	7,00	FE 15	FE 15T
2 mm	MG 20	1/16	6,25	MGM 20	M8 x 1	7,00	FE 20	FE 20T
3 mm	MG 30	1/4	11,10	MGM 30	M12 x 1,5	10,50	FE 30	FE 30T

Durchgangsverschraubungen SGS

Die Dichtigkeit ist mit dem Metalldichtring bis 25 bar bei 300°C sichergestellt und mit PTFE-Ring bis 2 bar bei 200°C.

Thermoelemente Außendurchmesser	Mit Dichtring				Klemmring	
	Metall	FEP	Gewinde	Länge	Metall	FEP
1 mm	SGS-M 10	SGS6T 10	M8x1	23,5	SES 10	SET 10
1,5 mm	SGS-M 15	SGS6T 15	M8x1	23,5	SES 15	SET 15
2 mm	SGS-M 20	SGS6T 20	M8x1	23,5	SES 20	SET 20
3 mm	SGS-M 30	SGS6T 30	M8x1	25	SES 30	SET 30

Durchführungshülsen

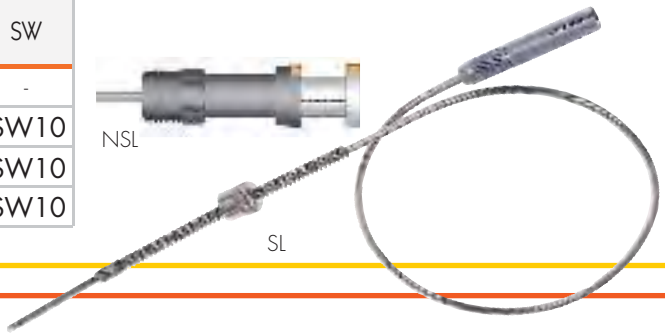
Die Hülsen sind aus rostfreiem Stahl AISI 304L und INCONEL® Legierung 600 hergestellt und können auf den Thermoelementmantel aufgeschweißt oder hartgelötet werden.
Bei Bestellung bitte die Montagerichtung und den Abstand zur Messstelle (Thermoelementspitze) angeben. (z.B.: SB10, 20 mm Abstand von der Messstelle).

Thermoelemente Außendurchmesser	Austenit-Stahl			INCONEL® Legierung		
	Code	Länge	Ø	Code	Länge	Ø
1 mm	SB 10	45 mm	5 mm	SBI 10	35 mm	5 mm
1,5 mm	SB 15	45 mm	5 mm	SBI 10	35 mm	5 mm
2 mm	SB 20	45 mm	5 mm	SBI 10	35 mm	5 mm
2,5 mm	SB 25	45 mm	6 mm	SBI 10	35 mm	6 mm
3 mm	SB 30	45 mm	6 mm	SBI 10	35 mm	6 mm

Andruckvorrichtungen

Der Adapter ermöglicht es, die Messspitze des Thermoelementes kontinuierlich gegen/auf die zu messende Oberfläche zu drücken. Die Andruckvorrichtung wird so auf das Thermoelement geschoben, dass der zylindrische Teil zur Messspitze zeigt. Anschließend kann sie z.B. durch crimpen fixiert werden. Bitte die Länge von der Messspitze aus angeben.

Thermoelemente Außendurchmesser	Code	Gewinde	Code	Gewinde	SW
1 mm	SL 10	M6 x 0,75	-	-	-
1,5 mm	SL 15	M8 x 1	NSL 15	M8 x 1	SW10
2 mm	SL 20	M8 x 1	NSL 15	M8 x 1	SW10
2,5 mm	SL 30	M8 x 1	NSL 15	M8 x 1	SW10



Kalibrierungsmethode

Die international akzeptierten Toleranzen in Bezug auf die EMK gegenüber der Temperatur sind durch die DIN EN 60584-2 festgelegt.

Für Typen K, J und E betragen sie:

- ± 2,5°C bis zu 333°C
- ± 0,75 % über 333°C

Diese Toleranzen gelten:

- bei Typ K (NiCr/NiAl) bis 1200°C,
- bei Typ J (Fe/Konstantan) bis 750°C,
- bei Typ E (NiCr/Konstantan) bis 900°C.

Die NiCr/NiAl Thermoelemente können auch als Klasse 1 nach DIN EN 60584-2 Standard geliefert werden. Die Toleranzen betragen dann:

± 1,5°C bis zu 375°C,

± 0,4% von 375°C bis zu 1000°C.

Diese geringeren Toleranzen werden im Allgemeinen für Thermoelemente mit speziellem Durchmesser in Sonderfertigung eingehalten (für Angaben über die Verfügbarkeit wenden Sie sich bitte an uns).

Des Weiteren besteht die Möglichkeit, individuell kalibrierte Thermoelemente zu liefern:

Kalibrierung durch Vergleichsmessung im Salzbad

Fixpunkte-Kalibrierungsmethode

Fixpunkte	Temperatur am Fixpunkt gemäß Festlegung in EIT90	Messunsicherheit	Angewandte Meßmethode
Schmelzpunkt von Eis	0,00°C	±0,3°C	Platinwiderstandsthermometer Zellen für Tripelpunkt des Wassers, Zinn, Blei und Zink, Multimeter
Tripelpunkt des Wassers	0,01°C	±0,3°C	
Schmelzpunkt von Zinn	231,928°C	±0,5°C	
Schmelzpunkt von Blei	327,46°C	±0,5°C	
Schmelzpunkt von Zink	419,46°C	±0,5°C	
Erstarrungspunkt von Antimon	630,62°C	±0,9°C	Thermoelement Typ S Antimon und Silberzelle Multimeter
Erstarrungspunkt von Silber	961,78°C	±1,1°C	

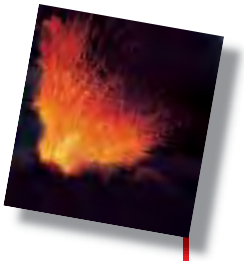
Kalibrierung mittels Vergleichsmessung

Messbereich	Messunsicherheit	Angewandte Meßmethode
-40°C bis 0°C	±0,4°C	Vergleichsmessung mit Platinwiderstandsthermometer durch Eintauchen eines Thermoblocks in Flüssigkeitsbad mittels Multimeter
0°C bis 80°C	±0,3°C	
150°C bis 400°C	±0,5°C	Vergleichsmessung mit Platinwiderstandsthermometer durch Eintauchen eines Thermoblocks in ein Salzbad mittels Multimeter
400°C bis 500°C	±0,6°C	
500°C bis 700°C	±1,3°C	Vergleichsmessung mit einem Typ S Thermoelement durch Plazieren eines Thermoblocks in einen Muffelofen mittels Multimeter
700°C bis 1.100°C	±1,4°C	
1.100°C bis 1.200°C	±1,6°C	
1.200°C bis 1.310°C	±2,1°C	

Die messtechnische Abteilung am Standort Planquivon (Frankreich) ist ein bei der COFRAC akkreditiertes Kalibrierlabor; Akkreditierungsnummer: 2.1384 mit der Zulassung Thermoelemente mittels Fixpunkten zu kalibrieren.

cofrac ETALONNAGE

Tests



Röntgenbilder

Zur exakten Bestimmung der Messstelle und der Lage des Thermopaares dienen Röntgenbilder. Diese werden von zwei Positionen jeweils um 90° versetzt aus aufgenommen.

Für wichtige Messaufgaben kann es von Nutzen sein zu wissen, wo sich der sensitive Teil des Thermoelementes befindet und ob das Thermopaar zentrisch im Isolationsmaterial liegt.

Mantel- und Schweißdichtigkeit

Diese Überprüfung kann nach mehreren verschiedenen Methoden durchgeführt werden:

- Dichtigkeitsprüfung mit flüssigem Stickstoff: dieser Test ist Bestandteil unserer grundlegenden Qualitätskontrolle der Produktion.
- Siedewasserprüfung (oder Wasser-mit-Teepol-Test): jede Undichtigkeit wird durch anschließende Bestimmung der Isolation festgestellt.
- Dampfdrucktest: das Thermoelementmaterial wird an beiden Enden geschlossen und einem Dampfdruck von 15 bar bei 200°C ausgesetzt. Jeglicher Defekt kann durch Bestimmung der Isolation ausgeschlossen werden.
- Heliumtest: dieser Test wird hauptsächlich zur Überprüfung externer Schweißungen verwendet.
- Hydrostatiktest: die Leitung wird in Wasser getaucht (Zimmertemperatur) und unter einen Druck von 200 bar gesetzt. Undichtigkeiten werden durch Messung der Isolationswiderstände entdeckt.

In der Praxis verwenden wir im Allgemeinen den Dampfdrucktest für die Prüfung des Thermokabels, die Dichtigkeitsprüfung mit flüssigem Stickstoff für die Schweißungen und den Heliumtest für die Durchführungshülsen und anderen Fixierkomponenten.

Metallurgische Kontrolle

Die meistverwendeten Tests sind:

- die Korngrößenbestimmung, die es erlaubt, die Qualität der Reduktion und der mechanischen Eigenschaften der Leitung zu überprüfen,
- die Korrosionsprüfung, die die Resistenz der Leitung insbesondere in aggressiven Medien bestimmt.

THERMOCOAX Labor:
Tests und Qualifizierungs-Ausrüstung:

- 1.500°C Ofen
- HF-Schleife
- 2.100°C Ofen

Messungen in verschiedenen Umgebungen

Messungen an Festkörpern

Temperaturmessungen an Festkörpern verlangen einen guten thermischen Kontakt zwischen dem Thermoelement und dem Messobjekt. Mit abgeflachten Messstellen lässt sich diese Bedingung am Besten erfüllen. Von Fall zu Fall muss man sich entscheiden, ob ein Anpressen genügt oder ob ein Anlöten zweckmäßiger ist.

Der Messfehler, hervorgerufen durch die Wärmeleitung des Mantels der THERMOCOAX-Thermoelemente, lässt sich vernachlässigbar klein halten, wenn man dafür sorgt, dass der Mantel auf einer möglichst großen Länge direkten Kontakt mit der isothermen Zone des Festkörpers hat. In diesem Fall wird die Messstelle mit guter Annäherung die Temperatur des Messobjektes annehmen.
Sehr genaue Messungen an Festkörpern sind dann möglich, wenn das Thermoelement in ein Bohrloch des Festkörpers eingelassen wird.

Dabei sind folgende Bedingungen zu erfüllen:

der Durchmesser des Bohrloches muss dem äußeren Durchmesser der Messstelle genau angepasst sein und außerdem muss das Thermoelement genügend tief eingelassen werden.

Handelt es sich um NiCr/NiAl-Thermoelemente mit einem Schutzmantel aus rostfreiem Stahl, so muss die Eintauchtiefe dem dreifachen Durchmesser der THERMOCOAX-Messstelle entsprechen (7 - 10 Ø).

Thermoelemente aus Materialien mit höherer Wärmeableitung verlangen eine wesentlich größere Eintauchtiefe, die etwa dem zehnfachen Außendurchmesser entsprechen soll.

Bei Messungen an sehr kleinen Messobjekten mit schnell wechselnden Temperaturen ist die Ansprechzeit des Thermoelementes zu berücksichtigen.
Der kleinstmögliche Manteldurchmesser und eine TM-Messstelle bringen eine kurze Ansprechzeit.

Messungen in Gasen

Diese Messungen sind nicht kritisch, solange das Gas in einem isothermen Behälter eingeschlossen ist.

An jeder Stelle in dem Behälter herrscht eine Gleichgewichtstemperatur, die sich ideal mit einem Thermoelement messen lässt. In der Praxis können andere Verhältnisse auftreten, weil der Wärmeübergang zwischen dem Schutzmantel, dem Gas und der Behälterwand die Temperaturmessung beeinflusst. Die Wärmekonvektion zwischen dem Mantel und dem Gas ist der Wärmeaustausch, der für die Messung von Interesse ist. Die Wärmeableitung über den Mantel muss bei der Messung sehr viel kleiner sein als die Konvektion zwischen Mantel und Gas.

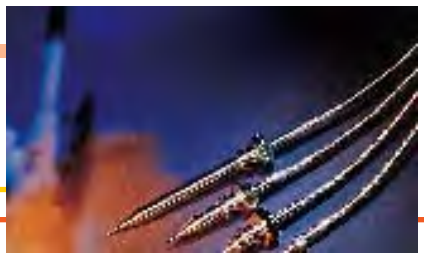
Die Verluste durch Wärmeableitung sind bei NiCr/NiAl-Thermoelementen (und einem Schutzmantel aus rostfreiem Stahl) außerordentlich gering. Sie lassen sich noch verringern, wenn dafür Sorge getragen wird, dass das Thermoelement nicht direkt der Wärmestrahlungsquelle ausgesetzt ist.

Allerdings gibt es kein allgemeingültiges Rezept, wie man diese Verluste mit Sicherheit verringern kann. Große Fehler bei Gastemperaturmessungen können dann auftreten, wenn sich die Temperatur der Behälterwand von der des Gases unterscheidet. Diese Fehler können durch eine Abschirmung zwischen dem Thermoelement und der Behälterwand reduziert werden.

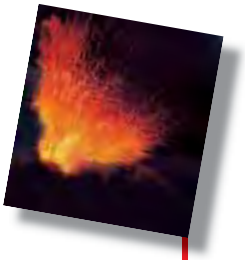
Die Abschirmung nimmt dann eine Temperatur an, die zwischen der der Behälterwand und der des Thermoelementes liegt.

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass man bei Temperaturmessungen in Gasen mit großer Umsicht vorgehen muss und möglichst viele Messungen unter verschiedenen Messanordnungen vornehmen sollte.

Im Übrigen spielt bei bewegten Gasen die Ansprechzeit des Thermoelementes eine bedeutende Rolle. In Luft und Gasen mit geringen Strömungsgeschwindigkeiten ergeben sich wegen des schlechten Wärmeüberganges relativ große Zeitkonstanten. Wird die Strömungsgeschwindigkeit erhöht, so verkleinert sich die Zeitkonstante.



Messfehler



Fehler durch Inhomogenitäten

Inhomogenitäten von Thermodrähten können durch eine geänderte chemische Zusammensetzung oder durch Gefüge Änderungen hervorgerufen werden.

Es entstehen innerhalb der Leitungen unkontrollierbare, zusätzliche Thermospannungen, die sich auf die Messgenauigkeit eines Thermoelementes jedoch nur auswirken, wenn die Thermoelemente in einem Temperaturgefälle messen. Der Fehler hängt sowohl von der Inhomogenität als auch von der Größe des Temperaturgradienten ab.

Thermodrähte können durch scharfes biegen, knicken oder dünnerziehen eine Gefüge Änderung erfahren, die eine Inhomogenität hervorruft. In den meisten Fällen wird durch einen Glühvorgang bei ca. 800°C dieses Phänomen neutralisiert.

Zur Bestimmung von Inhomogenitäten bei einem Thermoelement kann folgender Versuch durchgeführt werden:

Die Messspitze wird auf einem Temperaturniveau konstant gehalten und ein Registriergerät an dem Element angeschlossen. Mit einer Temperaturquelle fährt man die gesamte Mantellänge ab. Die Messergebnisse sollten sich nicht wesentlich verändern.

Fehler durch falsche Verwendung von Ausgleichsleitungen

Siehe Kapitel „Ausgleichsleitungen" (S. 17)

Fehler durch Alterung

Thermoelemente sind nicht nur dann defekt, wenn eine mechanische Zerstörung oder sonst ein Thermoelementbruch vorliegt, sondern auch dann, wenn die Thermospannung nicht mehr im Toleranzbereich der Thermospannungsreihe liegt; Diese Erscheinung, die Alterung bzw. Drift genannt wird, kann ohne äußerliche Veränderung des Messfühlers einsetzen und allmählich die Thermospannung verfälschen. Eine der häufigsten Ursachen der Thermospannungs-Änderung ist die Verunreinigung des Thermopaares in Abhängigkeit von der Temperatureinwirkung.

Beispiel: Typ K

Elemente altern bei hohen Temperaturen in der Art, dass das Chrom im positiven Schenkel leichter oxidiert als das Nickel. Hierdurch tritt eine Chromverarmung ein und die Thermospannung sinkt.

Dieser Fehler tritt vor allem dann auf, wenn das Element in einer Atmosphäre eingesetzt wird, in der Sauerstoffmangel herrscht. Zu wenig Sauerstoff hemmt die weitere Oxidation und damit die Bildung einer natürlichen Schutzschicht. Die sich bildende Grünfäule zerstört das Thermopaar.

Bei Temperaturmessungen in schwefelhaltigen Rauchgasen wird besonders der NickelSchenkel der Typ K Thermoelemente angegriffen. Dies resultiert in einer Material Versprödung.

Eine weitere Ursache für die Veränderung der Thermospannung ist die zu schnelle Abkühlung des Thermoelementes von seiner Temperatur über 700°C. Alterungen von Thermoelementen haben einen unterschiedlichen Verlauf und müssen nicht lediglich auf einem der erwähnten Beispiele beruhen.

Hier sollte nur auf das Phänomen der Alterung aufmerksam gemacht werden. Es empfiehlt sich daher, Thermoelemente, die in einem höheren Temperaturbereich eingesetzt sind, von Zeit zu Zeit zu überprüfen oder Vergleichsmessungen anzustellen.

Fehler durch falschen Messort

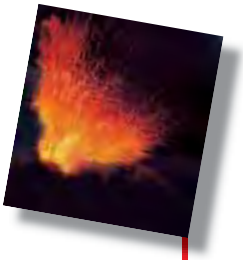
Grundsätzlich muss die Messspitze, also der sensitive Teil des Thermoelementes, in der heißen Zone des Messobjektes sitzen. Andernfalls wird die Isttemperatur des Messobjektes nicht erfasst. Zusätzlich kann eine Störung des Temperaturfeldes die Messung negativ beeinflussen.

Durch die Wärmeleitfähigkeit der Fertigungsmaterialien wie Isolationsmaterial, Thermodrähte und Isolationsmantel erfolgt ein Wärmetransport. Befindet sich der Mantel in einer höheren Temperatur als die Messspitze, kann Wärme an diese herangeführt werden. Ebenso ist eine Wärmeableitung möglich. In beiden Fällen wird die Temperaturmessung gestört. Eine Verbesserung wird häufig durch Bauart, Bauform und gezielte Einbautiefe des Thermoelementes erreicht. Zwischen dem Messobjekt und dem Messfühler muss der bestmögliche Wärmeaustausch gewährleistet sein.

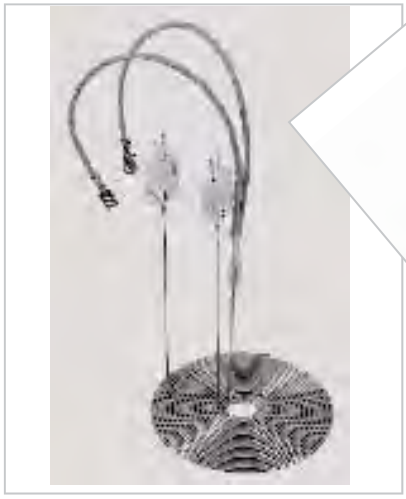
Vielfältige Möglichkeiten

Kleine Durchmesser

Vielfältige Möglichkeiten



Kundenspezifisches Design



THERMOCOAX

from vision to reality

Qualitätssicherung

Alle THERMOCOAX Thermoelemente werden hinsichtlich ihrer Abmessungen und elektrischen Eigenschaften (Ader- und Isolationswiderstand) strengen Qualitätskontrollen unterzogen. Oftmals werden mechanische, elektrische und dimensionale Kontrollen für Geräte verlangt, die unter extremen Umweltbedingungen ingesetzt werden und die höchsten Ansprüchen an Wiederholbarkeit und/oder Genauigkeit genügen müssen. Diese Kontrollen können zusammen mit dem Kunden und unseren technischen Abteilungen mit präzisen Spezifikationen definiert werden. Um die hohen Anforderungen der Atom- oder der Luft- und Raumfahrtindustrie zu erfüllen, kann THERMOCOAX auf Anfrage ein Qualitätssicherungsprogramm erstellen, das auf dem gesamten Produktentwicklungszyklus Anwendung findet. Egal, ob es sich um Standardprodukte oder um nach Kundenvorgaben gefertigte Produkte handelt, alle THERMOCOAX Produ kte werden nach den gleichen Abläufen, Kontrollprinzipien, mit derselben Gründlichkeit und von demselben qualifizierten Personal entwickelt.

Thermocouples & Heating Elements ATEX certified and notified

QUALITY MANAGEMENT Certificate

ISO 9001 VERSION 2000

ISO 14001

SMS

Temperaturmessung

- Temperatur Sensoren (Thermoelemente auch mit speziellem Mantelmaterial, Hochtemperatursensoren, Platinwiderstandsthermometer).
- Multipunkt Temperatur-Messketten
- Spezifische Sensoren: NEGACOAX® Übertemperatur- und Feuerfühler

Heizapplikationen

- Heizleiter und Heizelemente (mit kalten Enden oder mit gewendelten Adern)
- Hochleistungsheizstäbe,
- Heizapplikationen nach Kundenspezifikation: Heizplatten, Öfen, …

Weitere Messungen

- Mineralisolierte Signalübertragungskabel: Einzelader, Mehrader, mit zusätzlicher Abschirmung, Niederkapazität, Hochkapazität, koaxial, triaxial.
- TURBOCOAX® Hochtemperatur Relativ-Schwingungs- und /oder Verlagerungssensoren,
- NEUTROCOAX® Neutronen Detektoren
- VIBRACOAX® Weigh-In-Motion Sensoren.

Ihr Kontakt

Thermocontrol GmbH
Riedstrasse 14
Postfach
CH - 8953 Dietikon

Tel: +41 44 740 49 00
Fax: +41 44 740 49 55
info@thermocontrol.ch

www.thermocontrol.ch