

# Thermoelemente



Betriebs- und  
Wartungsanleitung  
Deutsch

## Betriebs- und Wartungsanleitung Thermoelemente

### Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Allgemeine Informationen</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Funktionalität</b> .....	<b>4</b>
2.1	Thermoleitungen und Ausgleichsleitungen	4
2.2	Typ „J“ Fe-CuNi	4
2.3	Typ „K“ Ni-CrNi	4
2.4	Mantelelemente	5
2.5	Eingeschweißtes Thermoelement	5
2.6	Isoliertes Thermoelement	5
2.7	Normung und Toleranzen	5
2.8	Ansprechzeit	6
2.9	Die richtige Auswahl	7
2.10	Temperaturfühler mit Anschlusskopf	7
<b>3</b>	<b>Bedienung des Gerätes</b> .....	<b>7</b>
3.1	Warnhinweise	8
3.2	Anschluss	8
<b>4</b>	<b>Fehlerquellen</b> .....	<b>8</b>

Stand: März 2009  
Änderungen vorbehalten

## 1 Allgemeine Informationen

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

Garantie:

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

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

Weitergehende Ansprüche sind ausgeschlossen.

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

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

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

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

Das Produkt wird hergestellt von:

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

## 2 Funktionalität

Ein Thermopaar ist ein Leiterpaar aus unterschiedlichen Materialien, die an einem Ende verbunden und Teil einer Vorrichtung sind, die den thermoelektrischen Effekt für die Temperaturmessung nutzt. Bei der Erwärmung eines Metalls fangen die Elektronen an, in Abhängigkeit der Temperatur, immer stärker zu wandern. Dabei entsteht eine gewisse Spannung die sich im Verhältnis zur Temperaturerhöhung sich auch erhöht. Bei der Verwendung zwei unterschiedlicher Metalle, bewegen sich die Elektronen in jedem Material unterschiedlich schnell vor. Dabei erhält man nun zwei unterschiedliche Spannungen. Bei der Temperaturmesstechnik wird nun einfach die Differenzspannung der beiden Materialien gemessen und im Verhältnis zur Temperatur gestellt. Dieses Verhältnis verläuft nicht genau linear und muss je nach Thermopaar unterschiedlich mathematisch berechnet werden. Die Vergleichsstelle ist die Verbindungsstelle des Thermopaars, die bei einer bekannten (Vergleichsstellen-) Temperatur liegt und mit der die Messtemperatur verglichen wird.

### 2.1 Thermoleitungen und Ausgleichsleitungen

Thermoleitungen und Ausgleichsleitungen werden für die elektrische Verbindung zwischen den offenen Enden eines Thermopaars und der Vergleichsstelle in solchen Fällen verwendet, wo die Schenkel des Thermopaars nicht direkt mit der Vergleichsstelle verbunden sind.

Thermoleitungen werden mit Leitern hergestellt, die die gleiche Nennzusammensetzung haben wie die des entsprechenden Thermopaars.

Ausgleichsleitungen werden aus Leitern hergestellt, die eine andere Nennzusammensetzung haben, als die des entsprechenden Thermopaars.

### 2.2 Typ „J“ Fe-CuNi

Das Fe-CuNi Element ist das meist verwendete Thermoelement von allen und ist nicht zu verwechseln mit dem „alten Typ L“ der in DIN 43710 festgelegt ist. Neben traditionellen Gründen liegen die Ursachen hierfür in seinem geringen Preis und der vergleichsweise hohen Thermospannung. Dieses Thermopaar ist einer der wenigen, die man in aggressiven Umgebungen einsetzen kann. Es findet im unteren bis mittleren Temperaturbereich Anwendung. Jedoch ist es ab 550°C stark oxidationsgefährdet. Die Maximaltemperatur für Daueranwendungen liegt bei 700°C; kurzzeitige Messungen können bis zu 750°C durchgeführt werden. Bei 769°C durchläuft der Eisenschenkel eine magnetische Umwandlung und bei 910°C eine Kristallstrukturänderung. Beide Effekte bewirken eine nachhaltige Änderung des Ausgangssignals. Wird das Thermoelement in feuchter Umgebung eingesetzt, so rostet der ungeschützte Eisenschenkel. In der Gegenwart schwefelhaltiger Gase oberhalb von 500°C tritt leicht eine Versprödung des Eisens ein. Auch als Mantelthermoelement ist das Fe-CuNi-Element weit verbreitet.

### 2.3 Typ „K“ Ni-CrNi

Das Ni-CrNi Element wurde hauptsächlich für oxidierende Umgebungen entwickelt, es wird hauptsächlich bei Temperaturen über 500°C eingesetzt. Bei Temperaturen über 750°C ist der ungeschützte Einsatz zu vermeiden, da die Oxidationsrate stark ansteigt. Gleiches gilt für den Einsatz in schwefelhaltiger, oxidierender oder reduzierender Atmosphäre. Die dabei entstehenden Schäden führen zu irreversiblen Veränderungen der thermoelektrischen Eigenschaften, die bleibenden Messabweichungen führen. Beim Einsatz im Vakuum und hohen Temperaturen muss die Vakuumempfindlichkeit beachtet werden, da das Chrom langsam aus dem Pluschenkel heraus diffundiert. Wenn Sauerstoff oder Wasserdampf direkt auf das Element einwirken können, kann es zur so genannten Grünfäule kommen. Dabei entsteht ein sehr großer Messfehler. Im Temperaturbereich von 400°C bis 600°C durchläuft der positive Schenkel eine reversible Strukturänderung, die bis zu 5K Änderung im Ausgangssignal beträgt. Diesem Effekt kann man durch künstliches Voraltern des Elements entgegenwirken.

## 2.4 Mantelelemente

Mantelthermoelemente sind Thermoelemente, die aus Mantelthermoelement-Leitungen hergestellt sind.

Mantelthermoelement-Leitungen sind **biegbare** metallummantelte Leitungen mit Leitern, die durch verdichtetes Metalloxid gegeneinander isoliert sind.

## 2.5 Eingeschweißtes Thermoelement

Eine Messstelle, die mit dem Außenmantel elektrisch verbunden ist. Dadurch ergeben sich verbesserte Eigenschaften in der Ansprechzeit des Sensors.

## 2.6 Isoliertes Thermoelement

Eine Messstelle, die vom Außenmantel isoliert angeordnet ist.

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

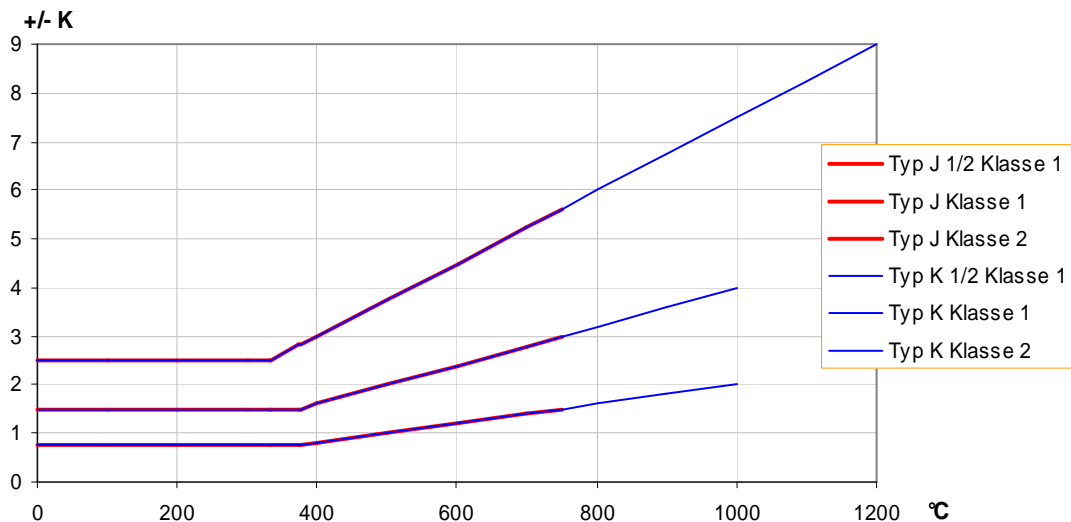
## 2.7 Normung und Toleranzen

Bitte beachten Sie, dass sich diese Toleranzangaben nur auf den Temperaturfühler beziehen und eventuelle Fehler im gesamten Messsystem dazuaddiert werden müssen.

Thermoelement Typ	Norm	Messbereich		Farbcodes	
				Internat. IEC 584	Deutschland DIN 43714
<b>J</b> ( Fe-CuNi )	DIN EN 60584	-40 bis +750°C	Mantel Plus-Pol Minus-Pol	Schwarz Schwarz Weiß	
<b>L</b> ( Fe-CuNi )	DIN EN 43710 <i>alte Norm wurde 1994 zurückgezogen</i>	-100 bis +900°C	Mantel Plus-Pol Minus-Pol		Blau Rot Blau
<b>K</b> ( NiCr-Ni )	DIN EN 60584	-40 bis +1200°C	Mantel Plus-Pol Minus-Pol	Grün Grün Weiß	Grün Rot Grün

## Klassen der Grenzabweichungen für Thermopaare

Typ	Klasse	Temperaturbereich	Grenzabweichung
J	1/2 Klasse 1	-40°C bis 375°C	+/- 0,75 K
	Klasse 1	+375°C bis 750°C	+/- 0,002 * T
		-40°C bis 375°C	+/- 1,5 K
K	Klasse 2	+375°C bis 750°C	+/- 0,004 * T
	1/2 Klasse 1	-40°C bis 375°C	+/- 2,5 K
		+375°C bis 750°C	+/- 0,0075 * T
K	Klasse 1	-40°C bis 375°C	+/- 0,75 K
		+375°C bis 1000°C	+/- 0,002 * T
	Klasse 2	-40°C bis 375°C	+/- 1,5 K
		+375°C bis 1000°C	+/- 0,004 * T
		-40°C bis 333°C	+/- 2,5 K
		+333°C bis 1200°C	+/- 0,0075 * T



## 2.8 Ansprechzeit

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

Die Neunzehntelzeit T09 gibt Auskunft darüber in welchem Zeitraum 90% des Messwertes erreicht ist. Mithilfe dieser Zeitangabe kann man verschiedene Fühler auf ihre Ansprechzeit vergleichen.



## 2.9 Die richtige Auswahl

Der Typ des Sensors und die Wahl der Leitung muss sorgfältig gewählt werden, um den Anforderungen zu entsprechen. Das Hauptaugenmerk liegt beim Temperaturbereich und bei den Einwirkungen des zu messenden Mediums (korrodierend oder leitend). Normale Lötverbindungen der Anschlusskabel mit dem Messwiderstand können nicht bei mehr als 170°C verwendet werden. Deswegen werden fast alle (außer bei speziellen Anforderungen) Verbindungen mit dem Laser durchgeführt. Bei dieser Methode entstehen auch keine Thermospannungen die das Messergebnis verfälschen können.

## 2.10 Temperaturfühler mit Anschlusskopf

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

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

Wird kein Messeinsatz verwendet, befindet sich der Temperatursensor, in Aluminiumoxid oder Wärmeleitmittel eingebettet, direkt im Schutzrohr. Dieses hat den Vorteil dass eine bessere Wärmeübertragung zum Sensor gewährleistet ist. Hat aber den Nachteil dass ein späterer Austausch des Sensors nicht möglich ist.

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

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

## 3 Bedienung des Sensors

1. Thermometer der Verpackung entnehmen und auf Transportschäden überprüfen.
2. Prüfung der Baumaße: Durchmesser, Messfläche, Leitungslänge, Einschraubgewinde bzw. Befestigungsteile müssen der bestellten Ausführung entsprechen.
3. Temperaturfühler unter Verwendung einer geeigneten Dichtung mit einem Schraubenschlüssel geeigneter Größe in die vorgesehene Fühlerbohrung eindrehen, sodass die Fühlerspitze Wärmeleitenden Kontakt mit dem zu messenden Medium hat.
4. Messleitung gemäß Schaltbild anschließen.
5. Die maximale Betriebstemperatur darf nicht überschritten werden.
6. Eine besondere Wartung ist nicht erforderlich.

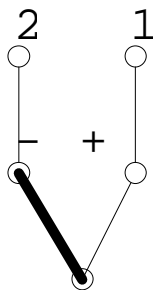
## 3.1 Beachten Sie bitte die unten aufgeführten Warnhinweise!

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

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

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

## 3.2 Anschluss



Fe-CuNi "L" : + = rot / red  
- = blau / blue

Fe-CuNi "J" : + = schwarz / black  
- = weiß / white

NiCr-Ni "K" + = grün / green  
- = weiß / white

## Steckerbelegung

Die Steckerbelegung entnehmen Sie bitte unseren Qualitätsmerkmalen.

## 4 Mögliche Fehlerquellen

- Luftfeuchtigkeit
- Anschlussklemmen (Klemmenmaterial nicht aus Thermomaterial)
- Elektromagnetische Störgrößen

Literatur: Matthias Nau; Elektrische Temperaturmessung; Fulda 2003