

# Temperaturmessung mit Thermoelementen und Mantelthermoelementen

## Meßprinzip

Das Meßprinzip der Thermoelemente beruht auf dem Seebeck-Effekt. Der empfindliche Teil der Thermoelemente besteht aus zwei Leitern unterschiedlichen Werkstoffs, die an einem Ende (Meßstelle) miteinander verbunden sind. Die beiden offenen Enden (Vergleichsstelle) sind durch Leitungen mit dem Anzeigergerät, z.B. einem Galvanometer oder einer hochohmigen Anzeigeelektronik verbunden (siehe Abbildung 1). Die an der Vergleichsstelle anliegende Thermospannung hängt ab vom Thermodrahtwerkstoff und von der Temperaturdifferenz zwischen Meßstelle und Vergleichsstelle.

## Hinweis!

Bei Absolutmessungen muß die Vergleichsstellentemperatur bekannt und konstant sein.

Um das zu erreichen, verlängert man das Thermoelement mit Thermo- oder Ausgleichsleitungen bis zu einer Stelle mit definierter, konstanter Temperatur (siehe Abbildung 2).

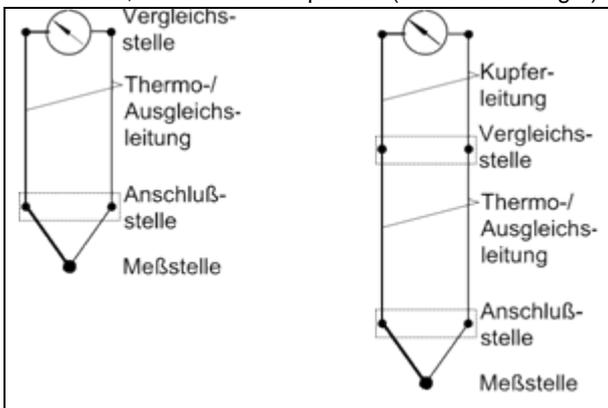


Abb.1

Abb.2

## Ausgleichsleitungen

Ausgleichsleitungen liefern bis 200 °C die gleiche Thermospannung wie die zugehörigen Thermoelemente. Sie gehören nur in Ausnahmefällen oder bei Kabelthermoelementen zum Lieferumfang. Die zu den jeweiligen Thermoelementen gehörenden Ausgleichsleitungen sind durch eine besondere Kennfarbe gekennzeichnet, da zu jedem Thermopaar bzw. Thermoelement jeweils nur die aus thermoelektrisch relevantem Material bestehende Ausgleichsleitung verwendet werden darf.

## Hinweis!

Für die genormten Ausgleichsleitungen gelten die Vorschriften nach DIN EN 60584-3

## Technische Parameter

Unabhängig von den Sonderausführungen zu Thermoelementen, deren technische Daten speziell mit dem Kunden vereinbart sind, gelten für das Standardsortiment folgende Werte:

Thermopaar: nach DIN EN 60584-1 (Typ L: DIN 43 710)  
Toleranzen: nach DIN EN 60584-1 jeweils Klasse 1 und 2, teils Klasse 3

Isolationswiderstand: 20 MΩ bei Raumtemperatur und 500 V DC Prüfspannung

Schutzart: IP 54 nach EN 60529 (mit Silikondichtungen im Anschlußkopf)

höherer Schutzart möglich)

## Maximale Temperaturbelastung der Bauteile

Grundsätzlich sind alle Thermoelemente vor unzulässiger Überhitzung zu schützen!

Folgende Standardrichtwerte gelten für die einzelnen Bauelemente in Abhängigkeit von der Materialwahl in neutraler Atmosphäre und unter sonstigen normalen Betriebsbedingungen:

Bauteil	max. Temperatur	
Anschlußkopf (nur B-Köpfe)		
- Aluguß mit Gummidichtung		100 °C
- Aluguß mit Silikondichtung		150 °C
- „VA“-Teil mit Teflondichtung		200 °C
Anschlußkopf mit eingebautem Transmitter		
- Standardtyp		70 °C
- Sondertyp		85 °C
Anschlußkabel		
- PVC-normal (PVC-wärmestabilisiert)	70 °C (105 °C)	
- Silikon		180 °C
- PTFE		200 °C
- Glasseidenisolation		400 °C Bei Kombination verschiedener Isolationen gilt immer die minimale Temperatur. Bei Sonderkabeln sind andere Bereiche möglich, die beim Hersteller zu erfragen sind.
Schutzrohr	s.a. Belastungsdiagramme nach DIN 43772	
-metallisch:		
1.1003 Reineisen		950 °C
1.4762 X10CrAl24		1150 °C
1.4749 X18CrNi28		1100 °C
1.4841 X15CrNiSi25 20		1150 °C
1.4571 X6CrNiMoTi17 12 2		800 °C
2.4633 NiCr25FeAlY		1200 °C
DVS Platin		1600 °C
-keramisch:		
C 530 Al2O3-feinporös		1400 °C
C 610 Al2O3-gasdicht		1500 °C
C 799 Al2O3-gasdicht, hochrein		1600 °C SiC
tongebunden		1350 °C
Si3N4 SYALON		1350 °C
-sonstige:		
Graphit		1300 °C
1.4571 beschichtet mit Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> u. TiN		400 °C
Thermodrähte *		
-Typ L Fe-CuNi	Ø1/3 mm	600/ 900 °C
-Typ J Fe-CuNi	Ø1/3 mm	600/ 900 °C
-Typ K NiCr-Ni	Ø1/3 mm	900/1200 °C
-Typ N NiCrSi-NiSi	Ø1/3 mm	1000/1150 °C
-Typ S Pt10Rh-Pt	Ø0,35/0,5 mm	1350/1600 °C
-Typ R Pt13Rh-Pt	Ø0,35/0,5 mm	1350/1600 °C
-Typ B Pt30Rh-Pt6Rh	Ø0,35/0,5 mm	1600/1800 °C
* Bei Ausführung als Mantelthermoelement ist die maximal zulässige Temperaturbelastung abhängig vom Durchmesser, Draht- und Mantelmaterial sowie der Atmosphäre		

# Temperaturmessung mit Thermoelementen und Mantelthermoelementen

## Montage und Installation

-Hinweise zum mechanischen Einbau

a) Der Einbau hat unter Berücksichtigung der einschlägigen, für den Meßort gültigen Vorschriften und Standards (Schweißvorschriften usw.) zu erfolgen. Insbesondere sind zu berücksichtigen:

- VDE/VDI 3511  
Technische Temperaturmessungen/Richtlinie
- VDE/VDI 3512 Blatt 2  
Meßanordnungen für Temperaturmessungen

b) Der Einbau hat unter Beachtung der Übereinstimmung der vorliegenden technischen Parameter der Thermometer mit den realen Einsatzbedingungen zu erfolgen, insbesondere:

- Meßbereich
- zulässiger maximaler Druck, Strömungsgeschwindigkeit
- Einbaulänge, Rohrmaße
- Schwingungen, Vibrationen, Stöße
- abrasive Belastungen
- Temperaturschock
- chemischer Angriff von Gasen
- Dichte des Mediums.

### **Achtung!**

*Berücksichtigen Sie in jedem Fall die mechanischen und thermischen Belastungsgrenzen der Schutzrohre sowie den chemischen Angriff von Gasen auf das Schutzrohrmaterial und die Thermodrähte. Der chemische Einfluß von Gasen auf Schutzrohr und Thermopaar ist bei jedem Einsatzfall zu prüfen. Bei Erzielung einer Gasdichtheit (max. 1 bar!) ist auf sorgfältigen Sitz und die Wartung (d.h. regelmäßiges Nachziehen der Schraubverbindung) der Dichtung zu achten.*

c) Hinweise zum Prozeßanschluß

•Einschraubgewinde:

Achten Sie beim Einbau auf die sachgemäße Unterlage der Dichtung! Bei Einschraubgewinde gelten für das Anzugsdrehmoment folgende zulässige Richtwerte:

M 18 x 1,5; M 20 x 1,5; G1/2" : 50 Nm

M 27 x 2,0; G3/4" : 100 Nm

Gemäß DIN 43763 ist für Einschraubthermometer generell ein maximal zulässiger Druck von 10 MPa festgelegt.

•Flanschbefestigung:

Die Auswahl der Flansche nach DIN 2527 muß druck- und rohrabmessungsgerecht erfolgen.

Die Flanschbefestigungsschrauben sind gleichmäßig über Kreuz anzuziehen.

Achten Sie auf eine gute Auflage der Dichtung!

•Einschweißvariante:

Bei lebensmittelberührendem Einsatz des Temperaturfühlers sind spezielle Schweißvorschriften zu beachten. Prinzipiell dürfen keine Unebenheiten oder ähnliches an Schweißstellen entstehen, die die CIP-Fähigkeit der Anlage beeinflussen.

Bei hochdruckführenden und überwachungspflichtigen Leitungen sind Druckabnahmen erforderlich.

•Überwurfmutterbefestigung:

Zulässige Anzugsmomente wie bei Einschraubgewinde!

•Verstellbare Verschraubungen:

Bei verstellbaren Verschraubungen ist hinsichtlich möglicher Kontaktkorrosion auf gleiche Materialwahl wie beim Schutzrohr zu achten. In Abhängigkeit von der Dichtheit ist das „Klemmelement“ zu wählen,

z.B.: Schneidring, Dichtring, Teflondruckstück.

•Anschlagflansch / Gegenflansch:

Bei keramischen Schutzrohren mit Anschlagflansch und Gegenflansch befindet sich die Befestigung am Halterohr, die Dichtung auf dem Schutzrohr.

d) Einstellen der Abgangsrichtung der Kabelverschraubung des Kopfes

Bei Thermoelementen mit Standard-DIN-Köpfen kann im Problemfall nach dem Einschrauben die Abgangsrichtung nachträglich korrigiert werden. Dazu muß die Druckschraube leicht gelöst, der gesamte Anschlußkopf entsprechend gedreht und anschließend die Druckschraube wieder fest angezogen werden.

### **Hinweis!**

*Bei Nicht-Standard-Köpfen ist Rücksprache mit dem Hersteller zu nehmen!*

e) Hinweise bei Hochtemperatureinsatz

Bei hohen Temperaturen können metallische und keramische Schutzrohrwerkstoffe porös werden. Dadurch wird das Eindringen von aggressiven Gasen aus der Umgebung ermöglicht. Um das zu verhindern, kann zur Absicherung in das Außenschutzrohr ein gasdichtes keramisches Innenschutzrohr eingebaut werden.

### **Achtung!**

*Die Schadgase verändern die Charakteristik des Thermoelementes (Vergiftung!).*

Edelmetallthermopaare (Typen R/S/B) „vergiften“ sich auch bei hohen Temperaturen durch Aufnahme von Verunreinigungen aus der Isolierkeramik. Verwenden Sie ab ca. 1300 °C nur hochreine gasdichte Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – Keramik (C 799)!

Bauen Sie bei hohen Temperaturen die Schutzarmaturen möglichst senkrecht hängend in den Prozeß ein. Dadurch wird ein Durchbiegen mit seinen schädlichen Auswirkungen auf das Thermopaar vermieden. Verwenden Sie bei waagerechtem Einbau Stützhilfen oder zusätzliche Fassungen.

Das Einschleiben von Thermoelementen in heiße Prozesse muß langsam erfolgen, z.B.:

bei 1200 °C ca. 10-20 cm / min Einschubgeschwindigkeit,  
bei 1600 °C ca. 1-2 cm / min Einschubgeschwindigkeit.

### **Achtung!**

*Es ist auch ein Vorwärmen der Thermometer möglich. Das Vorwärmen ist beim Eintauchen in warme Schmelzbäder u.ä. unbedingt erforderlich!*

Bei SiC- Rohren soll die Temperaturänderung 100 °C / Min. nicht überschreiten!

Beim Dauereinsatz von Thermoelementen mit Drähten des Typs K im Temperaturbereich von 850 bis 950 °C besteht die Gefahr von Grünfäule. Wir empfehlen in diesem Fall den Einsatz eines Mantelthermoelementes!

# Temperaturmessung mit Thermoelementen und Mantelthermoelementen

## -Elektrischer Anschluß

Bei Thermometern mit eingebautem Transmitter sind die Angaben und Anschlußhinweise der Bedienungsanleitung des Transmitters zu beachten!

Die Beschaltungsart und der Anschlußkopf in der Draufsicht sind unten dargestellt.

Achten Sie beim Anschließen der Leitungen darauf, daß der Pluspol des Thermoelementes mit der Plusklemme der Folgeelektronik verbunden ist. Auch bei der Zwischenklemmung von Thermo- oder Ausgleichsleitung ist die Polarität zu wahren. Vertauschen von Plus- und Minusleiter, insbesondere bei zwischengeschalteten Ausgleichsleitungen, führt zu fehlerhafter Anzeige, die unter Umständen nicht sofort auffällt.

Im Allgemeinen sind in den Anschlußköpfen die Plusleiter mit roter Farbe gekennzeichnet.

Das Thermoelement kann nach dem Lösen des Anschlußdeckels angeschlossen werden.

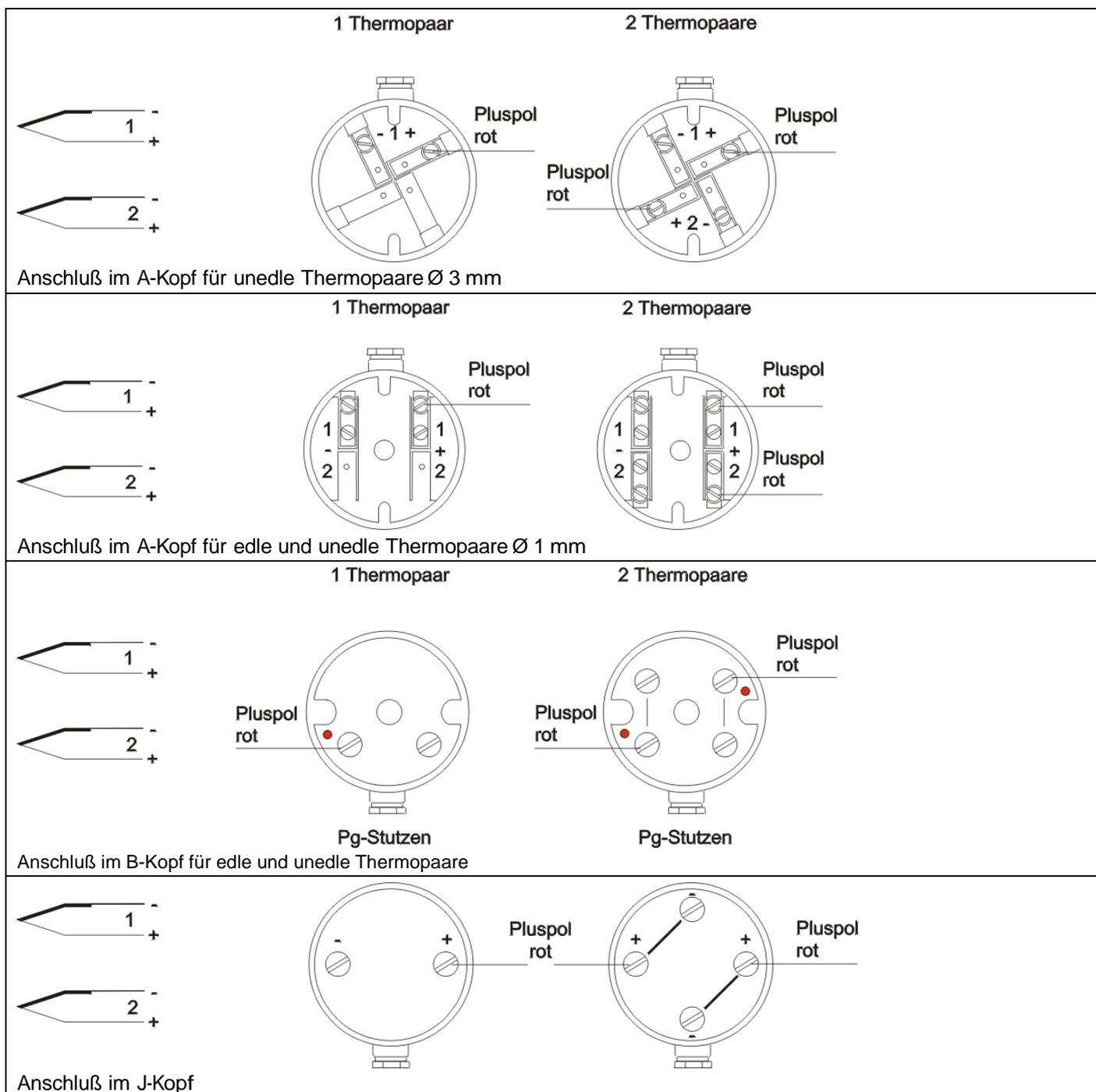
Die durch die Kabelverschraubung in den Anschlußkopfenraum zu führende Anschlußleitung wird mittels der Anschlußklemme an den Leitungsenden verklemt.

### Hinweis!

*Alle Klemmverbindungen müssen absolut sauber sein und fest angezogen werden. Übergangswiderstände an den Klemmstellen führen zu Meßfehlern!*

Die Leitungen zwischen Thermoelement und Anzeigetechnik müssen den Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen (siehe VDE 0250) oder in Ausnahmefällen in Fernmeldeanlagen (siehe VDE 0891) entsprechen.

## Anschlußbeschaltung von Thermoelementen und Mantelthermoelementen mit Anschlußkopf



[°C]	Typ K	Typ N	Typ J	Typ L	Typ S	Typ R	Typ B
-200	-5,891	-3,990	-7,890	-8,150			
-150	-4,913	-3,336	-6,500	-6,600			
-100	-3,554	-2,407	-4,633	-4,750			
-50	-1,889	-1,269	-2,431	-2,510			
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
50	2,023	1,340	2,585	2,650	0,299	0,296	0,002
100	4,096	2,774	5,269	5,370	0,645	0,647	0,033
150	6,138	4,302	8,010	8,150	1,029	1,041	0,092
200	8,138	5,913	10,779	10,950	1,440	1,468	0,178
250	10,153	7,597	13,555	13,750	1,873	1,923	0,291
300	12,209	9,341	16,327	16,560	2,323	2,401	0,431
350	14,293	11,136	19,090	19,360	2,786	2,896	0,596
400	16,397	12,974	21,848	22,160	3,259	3,408	0,787
450	18,516	14,846	24,610	25,000	3,742	3,933	1,002
500	20,644	16,748	27,393	27,850	4,233	4,471	1,242
550	22,776	18,672	30,216	30,750	4,732	5,021	1,505
600	24,905	20,613	33,102	33,670	5,239	5,583	1,792
650	27,025	22,566	36,071	36,640	5,753	6,157	2,101
700	29,129	24,527	39,132	39,720	6,275	6,743	2,431
750	31,213	26,491	42,281	42,920	6,806	7,340	2,782
800	33,275	28,455	45,494	46,220	7,345	7,950	3,154
850	35,313	30,416	48,715	49,630	7,893	8,571	3,546
900	37,326	32,371	51,877	53,140	8,449	9,205	3,957
950	39,314	34,319	54,956		9,014	9,850	4,387
1000	41,276	36,256	57,953		9,587	10,506	4,834
1050	43,211	38,179	60,890		10,168	11,173	5,299
1100	45,119	40,087	63,792		10,757	11,850	5,780
1150	46,995	41,976	66,679		11,351	12,535	6,276
1200	48,838	43,846	69,553		11,951	13,228	6,786
1250	50,644	45,694			12,554	13,926	7,311
1300	52,410	47,513			13,159	14,629	7,848
1350	54,138				13,766	15,334	8,397
1400					14,373	16,040	8,956
1450					14,978	16,746	9,524
1500					15,582	17,451	10,099
1550					16,182	18,152	10,679
1600					16,777	18,849	11,263
1650					17,366	19,540	11,848
1700					17,949	20,223	12,426

## DIN EN 60584 Genauigkeitsklassen und Thermopaartypen

In der gültigen DIN EN 60584 sind Grundwerte und Toleranzen der zu verwendenden Thermopaarkombinationen festgelegt. Bei älteren Fe-CuNi-Thermoelementen (Fe-Konst) findet die DIN 43 710, Typ L Anwendung, insbesondere um den Ersatzteilbedarf von Altanlagen zu sichern.

### Klassen der Grenzabweichungen für Thermopaare nach DIN EN 60584

Typ	Klasse 1		Klasse 2		Klasse 3	
	Abweichung	Temp. Bereich	Abweichung	Temp. Bereich	Abweichung	Temp. Bereich
Unedel - Thermopaarkombinationen						
K	1,5 °C o. 0,004 lt l	-40...1000 °C	2,5 °C o. 0,0075 lt l	-40...1200 °C	2,5 °C o. 0,015 lt l	-200...40°C
N	1,5 °C o. 0,004 lt l	-40...1000 °C	2,5 °C o. 0,0075 lt l	-40...1200 °C	2,5 °C o. 0,015 lt l	-200...40°C
J	1,5 °C o. 0,004 lt l	-40... 750 °C	2,5 °C o. 0,0075 lt l	-40... 750 °C	-	-
L	-	-	3,0 °C o. 0,0075 lt l	-40... 750 °C		
Edel - Thermopaarkombinationen						
S	1,0 °C oder 1+0,003 (t-1100 °C)	0...1600 °C	1,5 °C o. 0,0025 lt l			
R	1,0 °C oder 1+0,003 (t-1100 °C)	0...1600 °C	1,5 °C o. 0,0025 lt l			
B	-	-	0,0025 lt l	600...1700 °C	4,0 °C o. 0,0005 lt l	600...1700 °C

Die Grenzabweichungen sind ± Toleranzen. Sie sind in °C oder in % vom Meßwert angegeben. Es gilt der jeweils höhere Wert.

### Unzulässige Betriebsweisen

- Überschreitung der zulässigen Maximaltemperatur bzw. Unterschreitung der zulässigen Minimaltemperatur
- Überschreitung der zulässigen Druckwerte (nach DIN - 43772: Temperatur - Druck - Belastungsdiagrammen)
- starke mechanische Belastungen, insbesondere solche, die zu Deformationen der Schutzrohrzone führen
- starke chemische Belastungen, z.B. aggressive Gase und

- Dämpfe, insbesondere solche, die zur Zerstörung der Schutzrohre oder zum Vergiften der eingebauten Thermodrähte führen
- Überschreitung der elektrischen Anschlußwerte
- Überschreitung der schutzartrelevanten Befeuchtung und thermischen Belastbarkeit des Anschlußkopfes

Die Einsatzhinweise stellen unverbindliche Richtlinien dar!

## Lagerung

Um die elektrischen Eigenschaften der elektrischen Anschlussstellen bzw. Anschlussleitungen zu erhalten, dürfen Thermoelemente nicht bei hoher Luftfeuchtigkeit oder in aggressiver Umgebung gelagert werden.

## Wartung

Mit einem einfachen kleinen Digitalvoltmeter (oder Millivoltmeter, Ohmmeter) und einem einfachen Isolationsmessgerät können eine Reihe von Schnellüberprüfungen an Thermoelementen im aus- und eingebauten Zustand durchgeführt werden.

Folgende Wartungsarbeiten können durchgeführt werden:

Turnusmäßige messtechnische Überprüfung in Abhängigkeit von der Belastungsart (z.B. jährlich).  
(siehe Punkte Überprüfung im ein- bzw. ausgebauten Zustand)

Druckbelastete Thermometer sind in die entsprechenden turnusmäßigen Sicherheitsüberprüfungen der Anlage einzubeziehen

Bei chemischen, abrasiven, starken sonstigen mechanischen Belastungen sowie hoher Temperaturlast sind die Schutzrohre auf der Basis von vorher im Experiment zu bestimmenden Austauschzyklen auszutauschen. Schutzrohre sind reine Verschleißbauteile!

Die Prozessanschlüsse sind visuell zu überprüfen und ggf. nachzuziehen.

## Überprüfung im ausgebauten Zustand bei Raumtemperatur

Bei Raumtemperatur können der Durchgang des Meßkreises und die Isolation der Armatur überprüft werden:

Durch Klopfen oder Rütteln stellt man eventuelle Drahtbrüche fest.

Das Thermoelement ist funktionstüchtig, wenn bei Raumtemperatur die Widerstandsanzeige  $< 20 \Omega$  (Drahtdurchmesser  $> 0,5 \text{ mm}$ , bis Nennlänge 1 m) und der Isolationswiderstand größer  $100 \text{ M}\Omega$  ist (isoliertes Thermoelement).

Durch kurzzeitiges Erwärmen ( $200^\circ\text{C}$  bis  $400^\circ\text{C}$ ) können eine dilatationsbedingte Unterbrechung oder ein temperaturabhängiger Isolationswiderstand ermittelt werden.

## Überprüfung im eingebauten Zustand

Klemmen Sie die Zuleitungen am Thermoelement ab.

Mit einer dafür notwendigen mV-Quelle können das Thermoelement bzw. sein Thermospannungswert im Betriebsfall nachgebildet werden.

Schließen Sie die Dekade an und überprüfen Sie die Anzeige. Man erkennt, ob das Thermoelement oder der nachfolgende Kreis nicht in Ordnung sind.

Hat das Thermoelement einen auswechselbaren Meßeinsatz, kann dieser gegen einen Prüfmeßeinsatz (mit bekannten Daten) ausgetauscht werden. Hiermit ist es ebenfalls möglich festzustellen, ob das Thermometer oder der nachfolgende Meßkreis nicht in Ordnung sind.

## Ersatzteile

Bei Ausfall können folgende Teile des Thermoelementes je nach eingesetztem Grundtyp ersetzt werden:

- der Meßeinsatz
- Transmitter
- die verstellbare Verschraubung (bei Kontaktkorrosion usw.) oder der Anschlagflansch
- das äußere Schutzrohr.

## Rücksendung

Sollten Thermometer zur Fehleranalyse, Reparatur oder Nachkalibrierung zurückgesandt werden, ist auf eine geeignete Verpackung zu achten um Beschädigungen beim Transport zu vermeiden.



### Achtung

**Alle an tmg gelieferten Geräte müssen frei von jeglichen Gefahrstoffen (Säuren, Laugen, Lösungen, etc.) sein.**

**Meßstoffreste können zur Gefährdung von Personen, Umwelt oder Einrichtung führen.**

Bitte legen Sie dem zurückgesendeten Temperaturfühler eine Beschreibung zum aufgetretenen Fehler sowie Angaben zu Einsatzbedingungen und Einsatzdauer des Gerätes bei.

## Entsorgung



### Umweltschutzhinweis

Platin- bzw. Platinverbindungen dürfen nicht in den Boden und das Grundwasser gelangen!

Entsorgen Sie die verschiedenen Materialien getrennt nach den gültigen Bestimmungen!

Durch falsche Entsorgung können Gefahren für die Umwelt entstehen.

Gerätekomponenten und Verpackungsmaterialien entsprechend den landesspezifischen Abfallbehandlungs- und Entsorgungsvorschriften umweltgerecht entsorgen.

## Fehlerbehandlung

Problem	Fehler / Ursache	Maßnahme
zu niedrige Temperaturanzeige bei sehr dünnen Thermodrähten bzw. nach sogenanntem Abbrand (Querschnittsverringering der Drähte)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instrument mit niedrigem Eingangs- bzw. Innenwiderstand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Leitungsabgleich</li> <li>- Instrument mit hochohmigem Eingang wählen</li> <li>- Austausch der Thermodrähte bzw. des Messeinsatzes</li> </ul>
Temperaturanzeige verändert sich mit wechselnder Umgebungstemperatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vergleichsstelle nicht stabilisiert</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vergleichsstelle stabilisieren (konstant halten!)</li> </ul>
schwankende Temperaturanzeige bei sonst einwandfreiem Meßkreis-Aufbau	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Spannungs- bzw. Stromversorgung nicht konstant</li> <li>- Vergleichsstellentemperatur nicht konstant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Spannungs- bzw. Stromversorgung muß konstant gehalten werden (&lt;0,1%)</li> <li>- Vergleichsstelle überprüfen</li> </ul>
Temperaturanzeigefehler wird bei zunehmender Temperatur größer (Anzeige zu niedrig)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- abnehmender Isolationswiderstand wirkt als Nebenschluß (verringerte EMK des Thermopaars)</li> </ul>	<p>wenn möglich:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Austrocknen des Thermoelementes bzw. Meßeinsatzes</li> <li>- danach wieder feuchtigkeitsdicht verschließen</li> </ul> <p>wenn keine Verbesserung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Austausch des Thermoelementes bzw. des Meßeinsatzes  <math>R_{iso}</math> bei 20°C: &gt;100 MΩ  <math>R_{iso}</math> bei 500°C: &gt; 2 MΩ</li> </ul>
Abweichungen der Temperaturanzeige von den Tabellenwerten (parasitäre und galvanische EMK's)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- schlechte Kontakte</li> <li>- falsche Thermo- oder Ausgleichsleitung oder jeweils falsch gepolt</li> <li>- falsches Thermopaar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- prüfen, ob richtige Thermo- oder Ausgleichsleitung richtig gepolt verwendet wurde</li> <li>- Verbindungen überprüfen</li> <li>- Thermopaar prüfen</li> <li>- Vergleichsstelle prüfen</li> </ul>
Anzeige ändert sich im Laufe der Zeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- chemische Einflüsse auf Thermoelement (Vergiftung)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- versuchen, durch Sonderkonstruktion das Schutzrohr so zu ändern (z.B. Luftspülung der Zusatzrohre), daß schädigende Stoffe vom Thermoelement ferngehalten werden</li> <li>- Austausch des Thermoelementes bzw. des Messeinsatzes</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- thermische Langzeitdrift</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- um die Auswirkungen thermischer Alterung in Grenzen zu halten, Thermoelement in den vorgeschriebenen Temperaturgrenzen betreiben.</li> <li>- Meßstellen turnusmäßig überprüfen!</li> <li>- Thermoelement auf die Dauertemperatur bezogen künstlich altern!</li> </ul>
Meßeinsatz sitzt im Schutzrohr fest	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schutzrohr leicht deformiert</li> <li>- Meßeinsatz leicht korrodiert</li> <li>- Fremdkörper im Schutzrohr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- über Spannzeug Meßeinsatz leicht drehen und stark am Flansch ziehen</li> </ul>

# Temperaturmessung mit Thermoelementen und Mantelthermoelementen



## Fehlerbehandlung

Problem	Fehler / Ursache	Maßnahme
elektrische Störungen des Meßsignals	a) elektrische/magnetische Einstreuungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mind. 0,5 m Abstand der Meßleitungen zu den Leistungsleitungen</li> <li>- geschirmtes Kabel (Schirm an einem Punkt geerdet!)</li> <li>- Verdrellung der Adern</li> <li>- rechtwinklige Kreuzung von Meßleitungen mit störenden Leistungsleitungen</li> </ul>
	b) Erdschleifen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nur ein Erdungspunkt im Meßkreis, oder Meßsystem „schwebend“ geerdet</li> </ul>
	c) Abnahme des Isolationswiderstandes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Thermometer/Meßeinsatz trocknen, da evtl. Feuchte eingedrungen</li> <li>- neu versiegeln</li> <li>- Meßeinsatz austauschen</li> </ul>
	d) Induktivitäten und Kapazitäten von Thermometern und Leitungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- können die Abtastfolge von Multiplexbetrieb beeinflussen/begrenzen</li> <li>- spielen eine Rolle bei Ex-Anlagen als Energiespeicher, der bei der Entladung zündfähige Funken erzeugt</li> <li>- siehe u.a. DIN EN 60079-14</li> <li>- für „langsame“ Gleichstrom-Meßanlagen in der Regel ohne Bedeutung</li> </ul>
zu lange Ansprechzeiten	a) falscher Einbauort <ul style="list-style-type: none"> <li>- im Strömungsschatten</li> <li>- Einfluß einer Wärmequelle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ungestörten, schnellen Wärmeübergang vom Medium auf das Thermometer realisieren</li> </ul>
	b) falsche Einbaumethode <ul style="list-style-type: none"> <li>- zu geringe Eintauchtiefe</li> <li>- zu große Wärmeleitung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eintauchtiefe ca.: Sensorlänge + 5mal (Flüssigkeiten) bis 10mal (Gase) äußerer Schutzrohr-Durchmesser</li> <li>- Wärmekontakte, vor allem bei Oberflächenmessungen, durch passende Kontaktflächen und/oder Wärmeübertragungsmittel sicherstellen</li> </ul>
zu lange Ansprechzeiten	c) Schutzrohr zu dick	<ul style="list-style-type: none"> <li>- verfahrenstechnisch kleinstmögliches Schutzrohr wählen</li> <li>- Ansprechzeit in erster Näherung proportional dem Querschnitt bzw. Volumen des Thermometers, abhängig von Wärmeübertragungszahlen und Luftspalten im Aufbau</li> <li>- Luftspalten wenn möglich mit Kontaktmittel (Öle, Fette) füllen</li> </ul>
	d) Ablagerungen auf dem Schutzrohr	<ul style="list-style-type: none"> <li>- bei Inspektionen entfernen</li> <li>wenn möglich:</li> <li>- anderes Schutzrohr , andere Einbaustelle wählen</li> </ul>
stark korrodiertes oder abgeriebenes Schutzrohr	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zusammensetzung des Mediums nicht wie angenommen, oder geändert</li> <li>- falsches SR-Material gewählt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medium überprüfen, evtl. defektes Schutzrohr analysieren und danach besser geeignetes Material wählen</li> <li>- zusätzlichen Oberflächenschutz, z. B. keramische Beschichtungen realisieren</li> </ul>