



CONDUSTRIE-MET AG

TEMPERATURMESSTECHNIK

- Widerstandsthermometer
- Thermoelemente
- Bauteile
- Zubehör

CONDUSTRIE-MET AG
CH-8620 Wetzikon

Postfach 1420
Kratzstrasse 35

E-mail: condustrie@active.ch
Homepage: condustrie-met.ch

Telefon 01 / 932 75 01
Telefax 01 / 932 76 81

Installations– Betriebs- & Wartungsanleitung

für
Widerstandsthermometer &
Thermoelemente



Installations-, Betriebs- & Wartungsanleitung

von Thermoelementen und Widerstandsthermometern

1. Allgemein

Wir liefern komplette gebrauchts- bzw. einbaufertige Thermometer.

Diese Thermoelemente bzw. Widerstandsthermometer sind empfindliche Geräte, die gegebenenfalls Glas- oder Keramik- Innenteile haben. Sie müssen mit entsprechender Vorsicht behandelt werden.

Beim Empfang der Thermometer ist darauf zu achten, dass alle evtl. lose mitgelieferten Teile ausgepackt werden.

Lange Thermometer müssen an mehreren Stellen abgestützt und entsprechend hochgehoben bzw. transportiert werden. Gleiche Sorgfalt ist bei der Montage selbst erforderlich. Die Thermometer sollten vor dem Einbau überprüft werden (siehe 5.1) um sicherzustellen, dass keine Transportschäden aufgetreten sind.

2. Thermoelemente

Thermoelemente werden mit 1, 2, gelegentlich mit 3 Thermopaaren geliefert. Die Messtelle ist meistens isoliert, kann jedoch auch mit dem Schutzrohr verbunden sein.

Die Verbindung Thermoelement - Messgerät wird durch eine Ausgleichsleitung hergestellt. Es müssen die zum Thermoelement passenden, richtigen Ausgleichsleitungen in richtiger Polarität angeschlossen werden. Die Leitungen sollen mindestens 0,5m von Energieleitungen entfernt, am besten auf eigenen Kabelbahnen, verlegt werden. Verdrillte und geschirmte Leitungen unterdrücken magnetische und elektrische Einstreuungen. Messkreise nicht oder nur in einem Punkt erden.

Leitungsabgleich ist nicht erforderlich, wenn das nachgeschaltete Instrument einen Eingangswiderstand $> 1\text{Mohm}$ hat.

3. Widerstandsthermometer

Widerstandsthermometer werden mit 1, 2, gelegentlich mit 3 Messwiderständen geliefert.

Die Messtelle ist isoliert, eine evtl. Verbindung zum Schutzrohr ist ein Isolationsdefekt.

Die Verbindung Widerstandsthermometer - Messgerät erfolgt meist in 2-Leiterschaltung (Leitungswiderstand geht nach Betrag und Aenderung in die Messung ein). Für genauere Messungen wird 3-Leiterschaltung mit Abgleich des Leitungswiderstandes, für hochgenaue Messungen 4-Leiterschaltung mit Konstantstrom und hochohmigem Spannungsabgriff eingesetzt.

Handelsübliche Kupferleitungen mit vorzugsweise $1,5\text{ mm}^2$ Querschnitt sollten verlegt werden, und zwar möglichst $> 0,5\text{m}$ entfernt von Energieleitungen, am besten auf eigenen Kabelbahnen. Verdrillte und geschirmte Leitungen unterdrücken magnetische und elektrische Einstreuungen. Messkreise nicht oder nur in einem Punkt erden.

Die vom Hersteller empfohlenen Messströme, 0,1 bis 10 mA je nach Ausführung dürfen nicht überschritten werden (Eigenerwärmung).

4. Montage und Betrieb

4.1 Einbau

Das Thermometer (Thermoelement, Widerstandsthermometer) muss in bestmöglichem Kontakt mit dem zu messenden Medium gebracht werden.

Zur Vermeidung von Wärmeableitfehlern sollte die Eintauchtiefe sein:

in Flüssigkeiten 6 - 8 mal
in Gasen 10 - 15 mal

dem Schutzrohrdurchmesser. Sind nur sehr kleine Einbaulängen möglich, sollte 1 bis 1,5 mal der temperaturempfindlichen Länge eines Messwiderstandes bzw. 30 -50 mm weder mit Thermoelementen noch mit Widerstandsthermometern unterschritten werden. Abhilfe bringt oft die Montage in einem Rohrbogen, wobei das Schutzrohr gegen die Strömungsrichtung des Mediums gerichtet werden muss.

4.2 Zuleitungen

Bei allen Zuleitungen ist auf gute Kontaktgabe zu achten und darauf, dass Korrosion, Feuchte, Schmutz, elektrische Einstreuung von Energieleitungen usw. vermieden werden.

Die Isolation der Leitungen wird nach Umgebungseinflüssen (Trocken, feucht, chemisch aggressiv, heiss) ausgesucht, wobei die Umgebungstemperatur sowohl der Leitung als auch des Anschlusskopfes in der Regel 200°C nicht überschreiten darf.

Bei der Auswahl der Leitungen und bei ihrer Festlegung sind die jeweils gültigen Normen und Vorschriften zu beachten.

Alle Messsysteme sollten nach Möglichkeit ungeerdet betrieben werden, oder nur an einem Punkt mit Messerde verbunden sein.

Bei mit dem Schutzrohr verbundenen Thermopaaren soll die die einzige Erd-Masse-Verbindung sein.

4.3 Schutzrohre

Thermometer können bei Temperaturen bis ca. 500°C in beliebiger Lage eingebaut werden; darüber hinaus vorzugsweise senkrecht hängend.

Keramische Schutzrohre müssen vor mechanischer Beanspruchung (Schlag, Biegung) geschützt werden, ausserdem vor Temperaturschock, z.B. durch direkten Flammenkontakt.

Werden Sie in einen heissen Prozess eingeführt (z.B. Thermoelement - Tausch), müssen sie entweder vorgewärmt oder sehr langsam(1-2 cm/min. bei 1600°C, 10 - 20 cm/min. bei 1200°C) eingeschoben werden.

Vorgesagtes gilt auch für den Ausbau heisser Schutzrohre.

Waagrecht freitragende Längen > 500 mm bei > 1200°C sind zu vermeiden.

4.4 Wartung

Thermometer und der gesamte Temperatur-Messkreis müssen in regelmässigen Abständen geprüft werden und zwar auf:

- Schutzrohrverschleiss
- Driften der Messelemente durch Alterung bzw. chem. Angriff
- Abnahme des Isolationswiderstandes durch Feuchte und Verschmutzung
- schlechten Kontakt der Leitungsverbindungen
- mechanische und chemische Beschädigung der Thermometer und Leitungen

Widerstandsthermometer - Messkreise prüft man, indem das Messelement durch einen bekannten Festwiderstand ersetzt und damit eine bestimmte Temperatur simuliert.

Thermoelement-Messkreise prüft man, indem statt des Thermopaars eine mV-Spannung bekannter Grösse an den Messkreis angeschlossen wird.

In beiden Fällen kann man grosse Abweichungen von den Sollwerten feststellen und auch, ob das Thermometer oder die Instrumentierung Ursache für die Funktionsfehler sind.

Der Isolationswiderstand[^]nd des gesamten ungeerdeten Messkreises (Zuleitungen und Thermometer) gegen Erde sollte > 1Mohm sein (gemessen mit 100 V D.C.)

5. Fehlersuche

5.1 Schnellüberprüfung

von Thermoelementen und Widerstandsthermometern sowie den dazugehörigen Messkreisen im ausgebauten Zustand.

Erforderliche Instrumente:

- mV-Meter
- Ohm-Meter
- Isolationsmesser mit 60 -100 V Spannung

alle Messungen bei Raumtemperatur

- Durchgang und Isolation wird geprüft;
- durch "Klopfen" stellt man Drahtbrüche fest

- Ein Thermoelement ist als in Ordnung zu betrachten, wenn
- $R < 20 \text{ Ohm}$ ist(Draht- $\emptyset > 0,5 \text{ mm}$); der Wert hängt vom Drahtquerschnitt und der Länge ab.
- $R_{\text{isol}} > 100 \text{ Mohm}$ (bei isoliertem Thermopaar)

- Ein Widerstandsthermometer ist als in Ordnung zu betrachten, wenn
- $R = \text{ca. } 110 \text{ Ohm}$ (bei Pt 100), $R_{\text{isol}} > 100 \text{ Mohm}$

- Erwärmen der Thermometer auf ca. 200 - 400°C
- (ohne Temperaturkontrolle) lässt weitere Schlüsse auf Unterbrechung, Verpolung (bei Thermoelementen), zu niedrigen Isolationswiderstand, etc. Zu.

5.2 Fehlertabelle für Thermoelemente und Widerstandsthermometer

Man findet	Wahrscheinliche, bzw. mögliche Ursache	Abhilfe
Störungen des Messsignals	a) elektrische/magnetische Einstreuung	-mindestens 0,5 m Abstand der Mess- zu Leistungsleitungen bei Parallelverlegung -Verdrillen der Adern(Paare) gegen magnetische Einstreuungen -Rechtwinklige Kreuzungen von Mess- mit störenden Leistungsleitungen
	b) Erdschleifen	-nur ein Erdungspunkt im Messkreis oder Messsystem "schwebend"(nicht geerdet)
	c) Abnahme des Isolationswiderstandes	-Eventuell ist Feuchte in das Thermometer / Messeinsatz eingedrungen; ggf. austrocknen und neu versiegeln -Messeinsatz austauschen -prüfen, ob Thermometer thermisch überlastet ist
Zu lange Ansprechzeiten, Fehlanzeigen	a) Falscher Einbauort -im Strömungsschatten -Einfluss einer Wärmequelle	-Einbauort so wählen, dass das Medium seine Temperatur ungestört auf das Thermometer übertragen kann
	b) Falsche Einbaumethode -zu geringe Eintauchtiefe -zu grosse Wärmeableitung	-Eintauchtiefe bei Flüssigkeiten 5-facher Schutzrohr- \emptyset + aktive Länge (bei Gasen 10 - fach) Wärmekontakte, vor allem bei Oberflächenmessungen durch passende Kontaktflächen und / oder Wärmeübertragungsmittel sicherstellen
	c) Schutzrohr zu dick Schutzrohrbohrung zu gross	-Verfahrenstechnisch kleinstmögliches Schutzrohr wählen. -Luftspalten mit Kontaktmittel (Oele, Fette usw.) füllen

3/9

	d) Ablagerungen auf dem Schutzrohr	-bei Inspektion entfernen -wenn möglich, anderes Schutzrohr, andere Einbaustelle wählen
Unterbrechungen im Thermometer	Vibrationen	-verstärkte Federn beim Messeinsatz -Verkürzung der Einbaulänge -Verlegung der Messtelle (wenn möglich) -Spezialkonstruktion von Messeinsatz und Schutzrohr
Stark korrodiertes oder abgeriebenes Schutzrohr	a) Zusammensetzung des Mediums nicht wie angenommen, oder geändert	-Medium überprüfen, evtl. defektes Schutzrohr analysieren und danach besser geeignetes Material wählen; zusätzlicher Oberflächenschutz vorsehen -unter Umständen muss das Schutzrohr als Verschleissstück regelmässig erneuert werden.
	b) Falsches Schutzrohr - Material gewählt	-ev. Beim Austausch-Schutzrohr das Material ändern

Spezifische Fehler bei Thermoelementen

Man findet	Wahrscheinliche, bzw. mögliche Ursache	Abhilfe
Schwankende Temperaturanzeige bei sonst einwandfreiem Messkreislaufbau des Thermoelements	-Vergleichsstellen-Temperatur, bzw. Spannung nicht konstant.	-Temperatur bzw. Versorgungsspannung muss konstant gehalten werden; Instrumente prüfen -geht bei Unedelmetall-Thermopaaren in voller Höhe in die Messung ein, bei Edelmetall-Thermopaaren nur etwa mit dem halben Wert
Starke Abweichungen der Temperaturanzeige von den Tabellenwerten	-falsche Materialkombinationen -schlechte elektrische Kontakte -parasitäre Spannungen (Thermospannungen, galvanische Spannung) -falsche Ausgleichsleitung	Thermopaare und Leitungen prüfen auf -richtige Paarung -richtige Ausgleichsleitung -richtige Polung -zulässige Umgebungstemperatur am Anschlusskopf

Spezifische Fehler bei Thermoelementen

Man findet	Wahrscheinliche, bzw. mögliche Ursache	Abhilfe
Zu hohe bzw. schwankende Temperaturanzeige trotz bekanntem Messwiderstand des Widerstandsthermometers	-Leitungswiderstände hoch, nicht abgeglichen -temperaturbedingte Widerstandsänderung der Zuleitung	wenn noch möglich: -Verlegung von 2 Leitern grösseren Querschnittes -Zuleitung kürzen -Leitungsabgleich -Umstellung auf 3- oder 4-Leiterschaltung
Schwankende Temperaturanzeige bei sonst einwandfreiem Messkreislaufbau des Widerstandsthermometers	Spannungs- bzw. Stromversorgung nicht konstant	-Muss auf <0,1% konstant gehalten werden -Geht voll in die Messung ein bei verstimmtter Brücke und Strom/Spannungsmessung (4-Leiterschaltung)

6. Wissenswertes über Thermoelemente und Widerstandsthermometer

6.1 Thermoelemente

Thermoelemente nutzen den Seebeck-Effekt aus:

Verbindet man durch Schweißen, Löten usw. zwei elektrische Leiter aus verschiedenen Metallen an einem Ende (Messstelle) und erwärmt diese Verbindungsstelle, so kann man an den beiden freien Enden (Vergleichsstelle) eine Thermospannung (EMK) messen, aber nur, wenn zwischen Messstelle und Vergleichsstelle eine Temperaturdifferenz vorhanden ist. Die Höhe der EMK hängt, neben der Temperaturdifferenz, von den verwendeten Materialien ab; für Industriemessungen werden eine Reihe von Metallen und Legierungen eingesetzt, die einen stetigen EMK-Verlauf ohne Wendepunkt sicherstellen.

Die Temperaturmessung beruht auf einer Spannungsmessung. Die entstehende Spannung ist eine Funktion der Temperatur - Differenz zwischen Schweisstelle a und Vergleichsstelle e, bzw. Instrument h. Je nach Eingangswiderstand des Instrumentes ist Leitungsableich erforderlich (niederohmiger Eingang) , bzw. nicht erforderlich (hochohmiger Eingang).

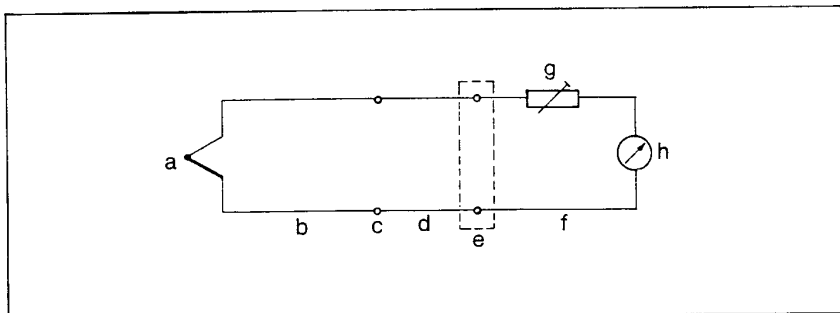


Bild 1: Prinzipschaltbild Thermoelemente

- a) Meßstelle:
Verbindungsstelle der beiden Metalle des Thermopaars (TP)
- b) Thermodraht (TD)
- c) Verbindungsstelle TD-AGL
- d) Ausgleichsleitung (AGL):
hat bis zu 200°C gleiche thermoelektrische Eigenschaften wie das Thermopaar
- e) Vergleichsstelle:
e₁ mit konstanter Temperatur (z. B. 0°C, 50°C)
e₂ mit Simulation einer temperaturabhängigen Hilfsspannung, welche das TE-Signal normiert
- f) Kupferleitung
- g) Abgleichwiderstand (nur bei niederohmigen Meßgeräten wie z. B. Drehspulanzeiger ohne Verstärker)
- h) Meßinstrument
 - h₁ mV – Meter
 - h₂ mV – Meter mit Temperaturskala
 - h₃ Anzeiger mit Verstärker
 - h₄ Regler oder Schreiber
 - h₅ Transmitter mV/4–20 mA und nachgeschaltetes Instrument (Anzeiger, Regler, Schreiber)

6.2 Widerstandsthermometer

Die Temperaturmessung beruht auf einer Widerstandsmessung mit einer Widerstandsbrücke (2- oder 3-Leiterschaltung), bzw. auf Messung des Spannungsabfalls über dem von Konstantstrom durchflossenen Messwiderstand (4-Leiterschaltung, Strom-Spannungsmessung).

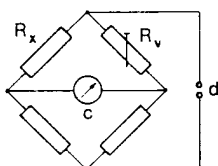


Bild 2: Wheatstonebrücke (Prinzip)

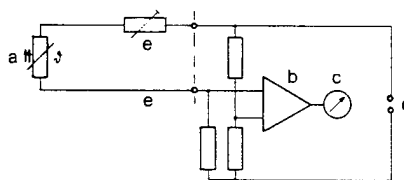


Bild 3: 2-Leiter-Schaltung

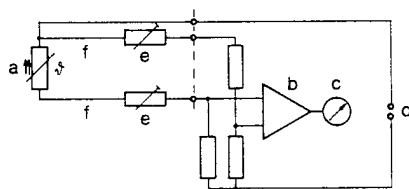


Bild 4: 3-Leiter-Schaltung

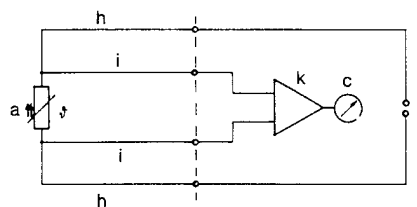


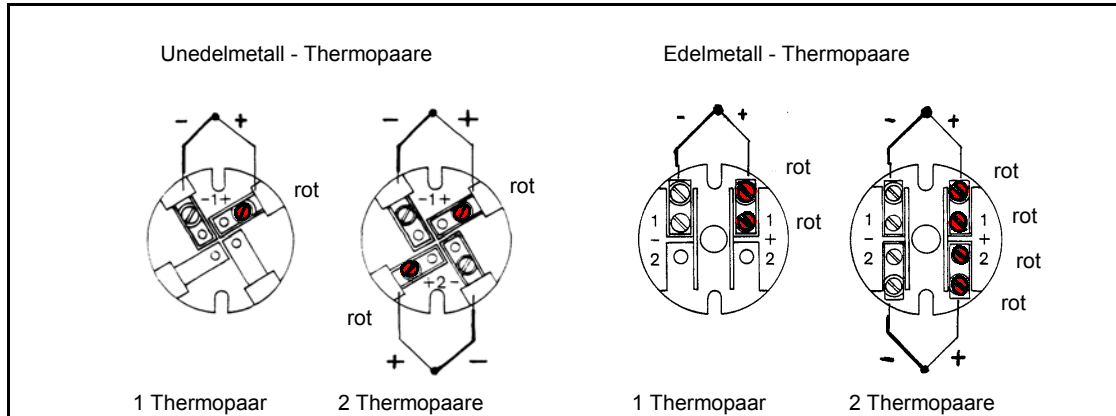
Bild 5: 4-Leiter-Schaltung

Erläuterungen:

- a) Meßwiderstand
- b) Differenzverstärker
- c) Anzeiger, Schreiber
- d) Spannungsversorgung (U_{Konst})
- e) Leitungswiderstand R_L geht voll mit Betrag und Änderung (T_{umg}) in die Messung ein (Abgleich!)
- f) Da R_L in der Brücke symmetrisch, wird temperaturbedingte Änderung von R_L durch T_{umg} kompensiert
- g) Konstantstromquelle (i_{Konst})
- h) Strompfad; $i = Konst$, unabhängig vom Widerstand des Kreises
- i) Spannungspfad: Wegen k) praktisch unabhängig von R_L
- k) hochohmiger Verstärker

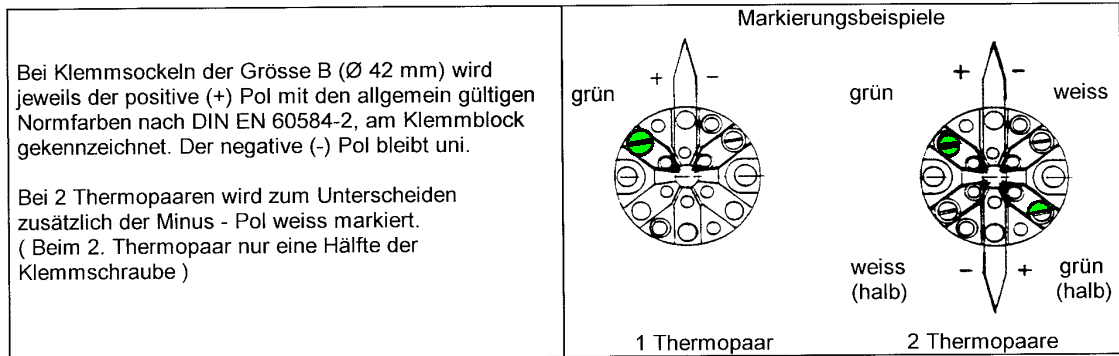
7. Elektrische Anschlussschemata

7.1 Grosse, gerade-, und Winkel-Thermoelemente, mit Anschlusskopf, Grösse A



7.2 Kleine, gerade Thermoelemente und Thermoelement - Messeinsätze

mit-/ für Anschlusskopf, Grösse B

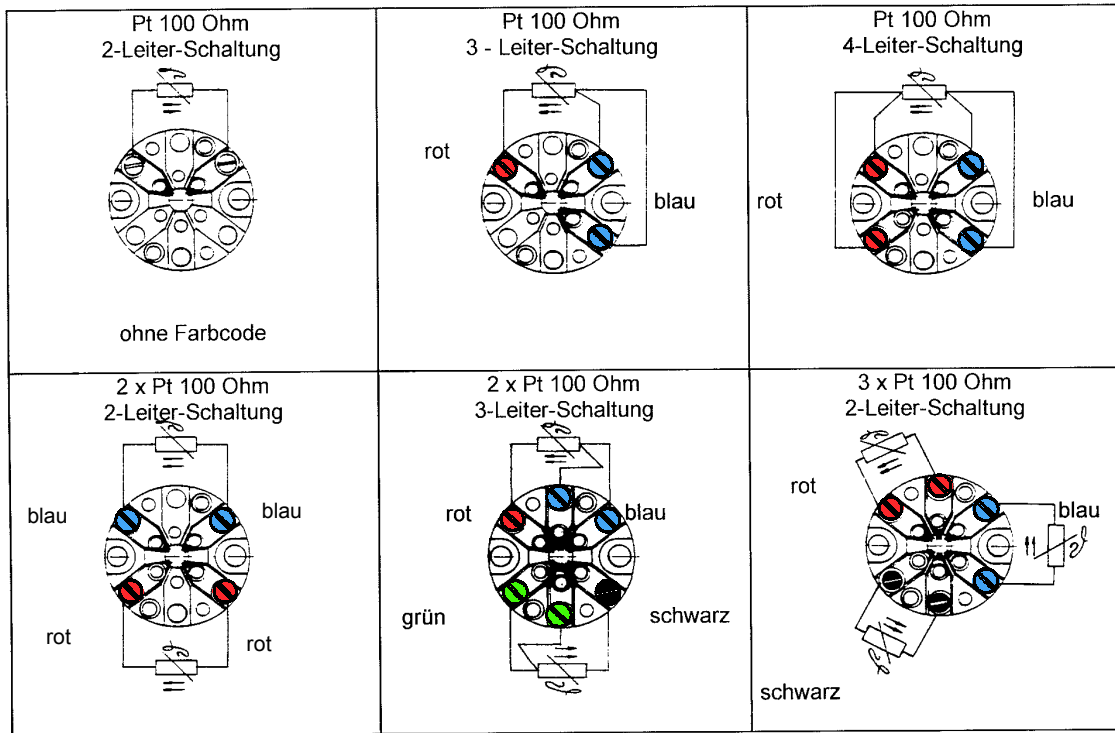


Markierungsfarben entsprechend DIN EN 60584

Type	Thermopaare		Markierungsfarben	
	Werkstoff +	Werkstoff -	+ Pol	- Pol
			Farben	Farben
T	Cu	CuNi	braun	weiss
J	Fe	CuNi	schwarz	weiss
E	NiCr	CuNi	violett	weiss
K	NiCr	Ni	grün	weiss
N	NiCrSi	NiSi	lila	weiss
S	PtRh 10	Pt	ocker	weiss
R	PtRh 13	Pt	ocker	weiss

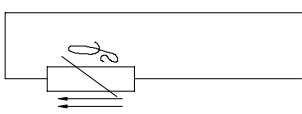
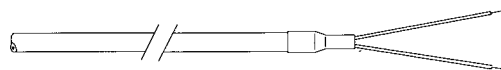
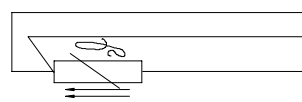
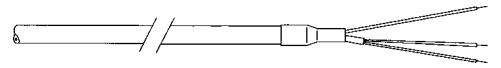
7.3 Widerstandsthermometer, Messeinsätze zu Widerstandsthermometer usw.

mit- / für Anschlussköpfe, Grösse B



7.4 Widerstandsthermometer mit Anschlussleitung

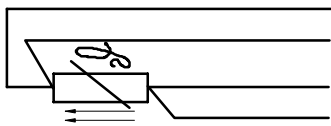
Farbcode und anschlussseitige Konfektionierung

Anschluss	Farbcode	Konfektion
	<p>1 x Pt 100 OHM, 2 - Leiterschaltung</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ rot ■ rot 	
	<p>1 x Pt 100 OHM, 3 - Leiterschaltung</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ rot ■ rot weiss 	

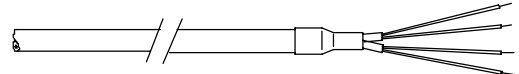
Installation 9

Anschluss	Farbcode	Konfektion
-----------	----------	------------

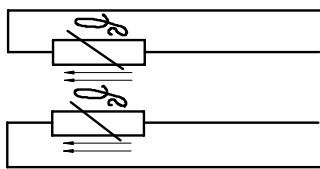
1 x Pt 100 Ohm, 4 - Leiterschaltung



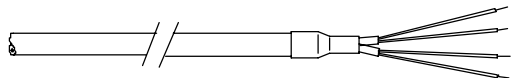
- weiss
- weiss
- rot
- rot



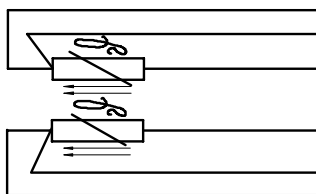
2 x Pt 100 Ohm, 2 - Leiterschaltung



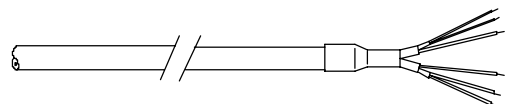
- weiss
- weiss
- rot
- rot



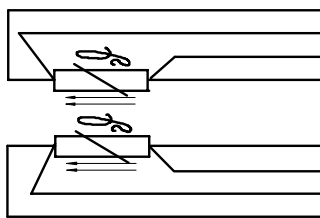
2 x Pt 100 Ohm, 3 - Leiterschaltung



- rot
- rot
- weiss
- gelb
- blau
- blau



2 x Pt 100 Ohm, 4 - Leiterschaltung



- rot
- rot
- weiss
- weiss
- blau
- blau
- gelb
- gelb

