

University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.–Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

Inhaltsverzeichnis:

2. Temperatursensoren	3
2.1 Messbereich der verschiedenen Thermometerarten	3
2.1.1 Einführung	4
2.1.2 Besondere Temperaturmessverfahren	5
2.1.3 Übersicht über die gängigen Temperaturmessgeräte	6
2.1.4 Invasive und Oberflächentemperaturmessung	7
2.2 Mechanische Temperaturmessgeräte	10
2.2.1 Allgemeines	10
2.2.2 Bimetall-Thermometer	10
2.2.3 Tensions-Thermometer	12
2.2.4 Gasdruck-Thermometer, mit oder ohne Fernleitung	13
2.2.5 Maschinen-Glasthermometer	15
2.2.6 Stabausdehnungsthermometer	17
2.3 Elektrische Berührungsthermometer	18
2.3.1 Widerstandsthermometer	18
2.3.1.1 Der Messeffekt	18
2.3.1.2 Wirkungsweise	18
2.3.1.3 Kaltleiter (PTC)	20
2.3.1.4 Heissleiter (NTC)	20
2.3.1.5 Aufbau von Widerstandsthermometern	22
2.3.1.6 Schutzhülsen für Wth und Thermoelemente	24
2.3.1.7 Der Messeinsatz	26
2.3.1.8 Anschlussbelegungen eines Wth	28
2.3.2 Thermoelement	28
2.3.2.1 Der Seebeck–Effekt	28
2.3.2.2 Polarität der Thermospannung	29
2.3.2.3 Der Peltier–Effekt	29
2.3.2.4 Genormte Thermoelemente	30
2.3.2.5 Thermoelement–Ausführungen	32
2.3.2.6 Ausgleichsleitung und Korrekturdose	33
2.3.3 Richtiger Einbau von Temperaturfühlern	35



University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.–Ing. (FH) M. Trier	
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018	

2.3.3.1 Röntgenaufnahmen von Widerstandsthermometern in Schutzrohi	ren 36
2.3.4 Temperaturtransmitter (Kopftransmitter)	38
2.3.5 Messschaltungen	40
2.3.5.1 Kreuzspulmesswerk (Quotientenmesswerk)	40
2.3.6 Unterschiede zwischen Thermoelement und Widerstandsthermomete	er 43
2.4 Berührungslose Temperaturmessung	44
2.4.1 Infrarot-Pyrometer	44
2.4.1.1 Emissionsgrad	45
2.4.1.2 Distanzverhältnis	46
2.4.2 Gesamt- oder Teilstrahlungspyrometer	47
2.4.3 Teilstrahlungs-Pyometer	48
2.4.4 Verhältnis bzw. Farbpyrometer	49
2.4.5 Ausführungsformen für Infrarot-Pyrometer	51
2.4.6 Infrarot-Thermometer	53
2.5 Andere Temperaturmessverfahren	54
2.5.1 Folienthermometer	54
2.5.2 Thermofarbe und Temperaturklebepunkte/-messstreifen	55
2.5.3 Segerkegel	56

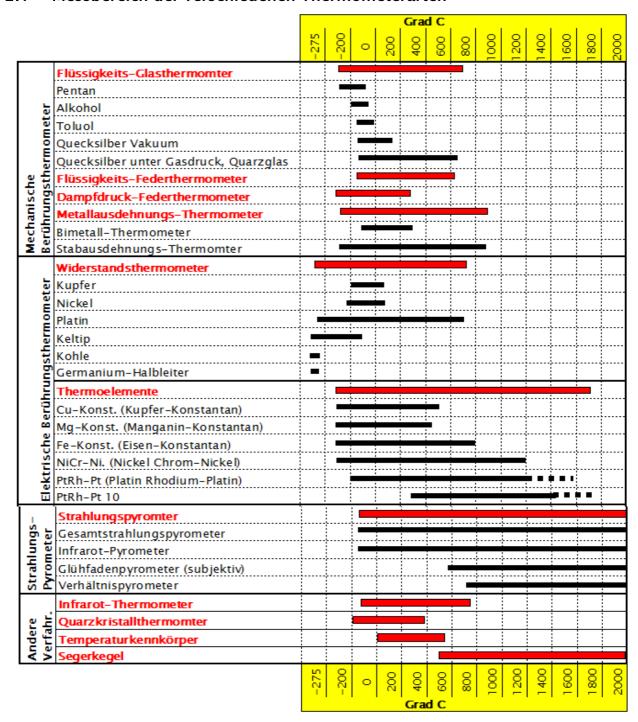


University of Applied Siences

Ingenieurwesen II AUT, Feldger. u. industrielle Komm.		DiplIng. (FH) M. Trier	
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018	

2. Temperatursensoren

2.1 Messbereich der verschiedenen Thermometerarten





University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.–Ing. (FH) M. Trier
Flektrotechnik (BFII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

2.1.1 Einführung

Die Temperatur ist eine der wichtigsten Zustandsgrößen in der Wärme- und Vrefahrenstechnik. Entsprechend vielfältig ist die Zahl der Messverfahren.

Die Maßeinheit für die thermodynamische Temperatur ist das Kelvin; in der industriellen Messtechnik ist jedoch das Grad Celsius °C üblich. Temperaturdifferenzen werden in Kelvin angegeben. Der absolute Nullpunkt der Temperatur liegt bei OK bzw. bei -273,15 °C, der Zusammenhang zwischen Kelvin- und der Celsius-Temperatur ist gegeben durch:

$$T = t_c + (273,15 + -0,01)$$

Tc = Temperatur in °C T = Temperatur in Kelvin

Temperaturumrechnungen

Gesucht	Gegeben					
Temperatur in	K	°C	°F	°R	°Ré	
К	х	K= °C + 273,15	K= 5/9 (°F + 459,67)	K= 5/9 °R	K= 5/4 °Ré + 273,15	
°C	°C= K - 273,15	х	°C= 5/9 (°F - 32)	°C= 5/9 °R - 273,15	°C= 5/4 °Ré	
°F	°F= 9/5 K - 459,67	°F= 9/5 °C + 32	х	°F= °R - 459,67	°F= 9/4 °Ré + 32	
°R	°R= 9/5 K	°R= 9/5 °C + 491,68	°R= °F + 459,67	х	°R= 9/4 °Ré + 491,68	
°Ré	°Ré= 4/5 K - 218,52	°Ré= 4/5 °C	°Ré= 4/9 (°F - 32)	°Ré= 4/9 °R - 218,52	х	

Fundamentalpunkte der thermodynamischen Temperaturskalen

Name	Symbol	Symbol Temperaturwert am absoluten Tripelpunkt Nullpunkt des Wasser	
Kelvin	K	0	273,16
Grad Celcius	°C	-273,15	0,01
Grad Fahrenheit	°F	-459,67	32,01
Grad Rankine	°R	0	491,68
Grad Réaumur	°Ré	-218,52	0



University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.–Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

2.1.2 Besondere Temperaturmessverfahren

Die besonderen Temperaturmessverfahren zeichnen sich in der Regel dadurch aus, dass es Messmethoden sind, die nicht kontinuierlich betrieben werden und das einmal erzielte Messergebnis nicht wieder reversibel ist.

Ein Schmelzkörper schmilzt bestimmungsgemäß bei erreichen bzw. überschreiten der Temperatur und gelangt bei Abkühlung nicht wieder in den Ursprungszustand zurück. Die Photometrie fällt bei dieser Betrachtung heraus, ist aber eine Messmethode die in händisch ausgeführt wird und nicht zur ständigen Überwachung von Prozessen eingesetzt wird.

	Meßverfahren	Temperaturbereich	Fehlergrenzen	Besonderheiten	
		in °C			
1.	Segerkegel	600 bis 2000	•	zeigen das Erreichen oder Überschreiten bestimmter Temperaturen an	
2.	Schmelzkörper	bis 1600	bis zu ± 7 grd	zeigen das Erreichen oder Überschreiten bestimmter Temperaturen an	
3.	Temperaturmeßfarben	40 bis 1350	-	zeigen das Erreichen oder Überschreiten bestimmter Temperaturen an; für die	
				Untersuchung von Temperaturfeldern geeignet	
4.	Photothermometrie	ab 250	-	für die Untersuchung von Temperaturfeldern geeignet	



University of Applied Siences

Ingenieurwesen II AUT, Feldger. u. industrielle Komm.		DiplIng. (FH) M. Trier	
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018	

2.1.3 Übersicht über die gängigen Temperaturmessgeräte

Meßgeräte	Temperaturbereich in °C	Fehlergrenzen	Besonderheiten	Fernmessung, Registrierung möglich?	Kann ein Anzeige- gerät für mehrere Temperaturfühler verwendet werden?
Berührungsthermometer Flüssigkeits-Gasthermometer mit nicht benetzender (metallischer) thermometrischer Flüssigkeit	(-58) -38 bis 630 (1000)	Eichfehlergrenzen s. Tab. 4 und 5, Fehlergrenzen von Betriebsthermometern s.	keine Zusatzgeräte erforderlich	nein	nein
b) mit benetzender (organischer) thermometrischer Flüssigkeit	-200 bis 210	DIN 16178 Blatt 1			
2. Flüssigkeitsfederthermometer	-35 bis 500	1 bis 2% des Anzeigebereiches	keine Zusatzgeräte erforderlich	ja	nein
3. Dampfdruckfederthermometer	(-200) -50 bis 350 (700)	1 bis 2% der Skalenlänge	keine Zusatzgeräte erforderlich	ja	nein
4. Stabausdehnungsthermometer	0 bis 1000	1 bis 2% des Anzeigebereiches	keine Zusatzgeräte erforderlich	nein	nein
5. Bimetallthermometer	-50 bis 400	1 bis 3% des Anzeigebereiches	keine Zusatzgeräte erforderlich	Fernmessung nein Registrierung	nein
6. Elektrische Thermometer a) Thermoelemente Cu-Konst Fe-Konst NiCr-Ni	-200 bis 400 (600) -200 bis 700 (900) 0 bis 1000 (1300)	0,75% des Sollwertes der Temperatur mindestens jedoch 3 grd nach DIN 43710	vielseitig verwendbar; Anzeigegerät oder Kompensator	ja	ja
PtRh-Pt PtRh30-PtRh6	0 bis 1300 (1600) 0 bis 1500 (1800)	0,5% des Sollwertes der Temperatur mindestens jedoch 3 grd nach DIN 43710	erforderlich	ja	ja
b) Widerstandsthermometer Pt-Widerstandsthermometer	(-250) -220 bis 850 (1000)	0,3 bis 5 grd je nach Temperatur (nach DIN 43760)		ja	ja
Ni-Widerstandsthermometer	-60 bis 150 (180)	0,2 bis 2,1 grd je nach Temperatur (nach DIN 43760)	vielseitig verwendbar; Anzeigegerät, Meßbrücke oder	ja	ja
Halbleiter-Widerstandsthermometer 1. Heißleiter- Widerstandsthermometer 2. Kaltleiter- Widerstandsthermometer	(-100) -40 bis 180 (400) 40 bis 270	0,5 bis 1,5 grd je nach Temperatur	Kompensator erforderlich	ja	ja
II. Strahlungspyrometer 1. Strahldichtepyrometer a) Spektralpyrometer b) Bandstrahlungspyrometer	650 bis 3500 (5000) (50) 500 bis 2000	1 bis 35 grd 1 bis 1,5% des	geringe Anzeigeverzögerung;	subjektiv nein objektiv	subjektiv nein objektiv
c) Gesamtstrahlungspyrometer	-40 bis 2000 (3000)	Meßbereichendwertes		ja	ja
Verteilungspyrometer (Farbpyrometer) Forbondsichungsmater	1150 bis 1900 (2000)	10 his 25 and	es werden vorwiegend Oberflächentempera-	nein	nein
a) Farbangleichpyrometer b) Verhältnispyrometer	1150 bis 1800 (2000) (200) 700 bis 2200	10 bis 25 grd 1 bis 1,5% des Meßbereichendwertes	turen gemessen	ja	ja



University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.–Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

2.1.4 Invasive und Oberflächentemperaturmessung

Messung Mediumtemperatur übliche Die der Prozessbzw. ist eine Aufgabenstellung in Prozessindustrie aber in der Fertigungsindustrie. Dafür werden üblicherweise invasive Messsysteme verwendet, die in den Prozessraum hineinragen.

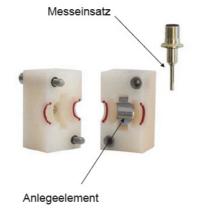






Dieses Verfahren ist bewährt und abhängig von den zu messenden Medien als robust zu betrachten. Sie bietet bestmögliche Genauigkeit. Es gibt eine breite Produktvielfalt und etablierte Kalibrierverfahren. Bei kleinen Rohrdurchmessern (Min. DN10) stoßen diese invasiven Messverfahren jedoch an Grenzen. Hinzu kommt im Bereich der Nahrungsmittelindusrie und der Pharmaindustrie das Hygienerisiko.

Eine Alternative kann die Messung der Rohroberflächentemperatur sein, um daraus auf die Mediumtemperatur zu schließen. Dieses Messverfahren unterliegt jedoch gewissen Grenzen





Messeinsatz mit direktem Kontakt zur Rohroberfläche



University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	DiplIng. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

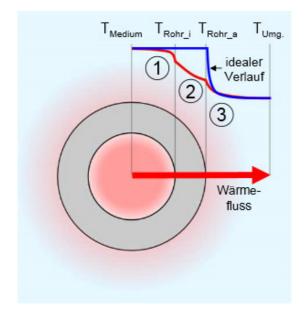
Die Vorteile dieses Messverfahrens sind:

- Kein Eingriff in den Prozess, damit vollständig totraum- und spaltfrei
- Einfache Installation
- Für kleinste Rohrdurchmesser geeignet
- Nachträgliche Verschiebung der Messstelle möglich

Die Nachteile sind:

- Erzielbare Genauigkeit hängt von den Prozessbedingungen ab
- Anfälliger für Montagefehler und unsaubere Rohroberflächen
- Höhere Anforderungen in der konstruktiven Umsetzung
- Je nach Ausführung nicht mit Standardverfahren kalibrierbar

Die Oberflächentemperatur von Rohren hängt, neben der Mediumtemperatur, von drei thermischen Widerständen ab:



- 1. Widerstand zwischen der Rohrmitte und der Rohrinnenwand
- 2. Thermischer Widerstand in der Rohrwand
- 3. Widerstand zwischen der äußeren Rohrwand und der Umgebung

Nur wenn die Summe der ersten beiden Widerstände im Vergleich zum dritten (Rohr außen zur Umgebung) sehr klein ist, hat die Rohroberfläche annähernd Mediumtemperatur!



University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.–Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

Die Temperatur an der Rohrinnenseite hängt maßgeblich von der Strömungsart (laminar/turbulent) ab

Laminare Strömung

- Bewegung der Fluidpartikel nur in Strömungsrichtung
- Wärmeübertragung quer zum Rohr nur durch Wärmeleitung
- Großer Geschwindigkeits- und Temperaturgradient
- Äußere Schichten kühlen durch langsamere Fließgeschwindigkeit leichter aus

Turbulente Strömung

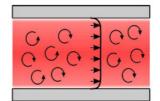
- Ungeordnete Bewegung der Fluidpartikel
- Wärmeübertragung durch Wärmeleitung und -transport
- Weitgehend gleichmäßige Temperaturverteilung aufgrund der Durchmischung (bis auf Randbereich)

Weitere Einflussfaktoren des Mediums

- Wärmekapazität und -leitfähigkeit
- Strömungsgeschwindigkeit

Bei einer technischen Messung der Rohroberfläche sind folgende Thermische Widerstände zusätzlich zu beachten:

- Wärmeübergang vom Rohr auf das Gerät (Aufschweißhülse oder ähnliches)
- Wärmeleitung von der Kontaktstelle zwischen Rohr und Gerät und Sensor
- Wärmeleitung vom Sensor zur Geräteoberfläche
- Wärmeübergang vom Gerät zur Umgebung





University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.–Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

2.2 Mechanische Temperaturmessgeräte

WIKA Datenblatt IN 00.07

2.2.1 Allgemeines

Die Temperatur ist ein Maß für den Wärmezustand eines homogenen Stoffes, also ein Maß für die mittlere Bewegungsenergie seiner Moleküle. Ein enger thermischer Kontakt zweier Körper ist notwendig, damit diese die gleiche Temperatur annehmen (Temperaturausgleich). Der zu messende Körper ist so eng wie möglich mit dem Temperaturfühlersystem in Verbindung zu bringen. Die bekanntesten Temperaturmessverfahren beruhen auf Stoff- oder Körpereigenschaften, die sich mit der Temperatur ändern. Wir fertigen Temperaturmessgeräte nach folgenden Messprinzipien:

2.2.2 Bimetall-Thermometer

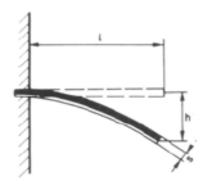
Ein Streifen aus zwei untrennbar aufeinander gewalzten Blechen aus Metallen verschiedener Ausdehnungskoeffizienten krümmt ("Bimetall") Temperaturänderung. Krümmung ist annähernd Die proportional der Temperaturänderung. Aus den Bimetallstreifen wurden zwei verschiedene Messsystemformen entwickelt: Schraubenfeder Spiralfeder Durch mechanische Verformung der Bimetallstreifen in vorgenannte Federformen entsteht bei Temperaturänderung eine Drehbewegung. Wird das Bimetallmesssysteme fest eingespannt, dreht das andere Ende die Zeigerwelle.

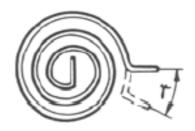
Die Anzeigebereiche liegen zwischen -70 °C und +600 °C bei Genauigkeiten Klasse 1 und 2 nach EN 13 190.



University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.–Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018





Bandfeder



Flachspiralfeder

Anwendungen

- Maschinen-, Anlagen-, Behälter- und Apparatebau
- Gebäudeautomation
- Mit Flüssigkeitsdämpfung auch bei extremen Vibrationen geeignet
- Kombi-Bimetall-Thermometer, Twin-Temp mit lokaler Anzeige und elektrischem Ausgangssignal

Leistungsmerkmale

- Universell einsetzbar
- Gehäuse und Tauchschaft aus CrNi-Stahl
- Bimetall mit Nullpunktverstellung auf Gehäuserückseite
- Twin-Temp: Zwei unabhängige Messsysteme in einem
- Gerät (Bimetall und Pt100)
- Zulassung Germanischer Lloyd (in Verbindung mit Flüssigkeitsdämpfung, Ausführung axial oder radial)



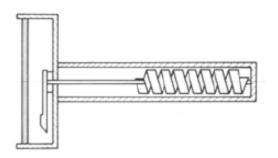
University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.–Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

Wendelspirale



Wendelspirale mit Zeiger



Funktionsweisen

2.2.3 Tensions-Thermometer

Die Messwerterfassung erfolgt über das flüssigkeitsgefüllte Messsystem, das aus Temperaturfühler, Kapillarleitung und Bourdonfeder besteht. Alle drei Systeme stellen ein geschlossenes Rohrsystem dar. Der Innendruck in diesem System ändert sich mit der anliegenden Temperatur. Dadurch wird die mit der Feder verbundene Zeigerachse gedreht und der Temperaturwert auf der Skala angezeigt. Die Fernleitung, mit Längen zwischen 500 mm und 10000 mm, ermöglicht Messungen auch an entfernten Messstellen.

Die Anzeigebereiche liegen zwischen –40 °C und +400 °C bei Genauigkeiten Klasse 1 und 2 nach EN 13 190.





University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.–Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

2.2.4 Gasdruck-Thermometer, mit oder ohne Fernleitung

Das Messsystem besteht aus Tauchschaft, Kapillarleitung und Rohrfeder im Gehäuse. Diese Teile sind zu einer Einheit verbunden. Das komplette Messsystem ist unter Druck mit einem inerten Gas gefüllt. Eine Temperaturänderung bewirkt im Tauchschaft eine Veränderung des Innendruckes. Der Druck verformt die Messfeder, deren Auslenkung über ein Zeigerwerk auf den Zeiger übertragen wird. Schwankungen der Umgebungstemperatur auf das Gehäuse können vernachlässigt werden, da zwischen dem Zeigerwerk und der Messfeder ein Bimetallelement zur Kompensation eingebaut ist.



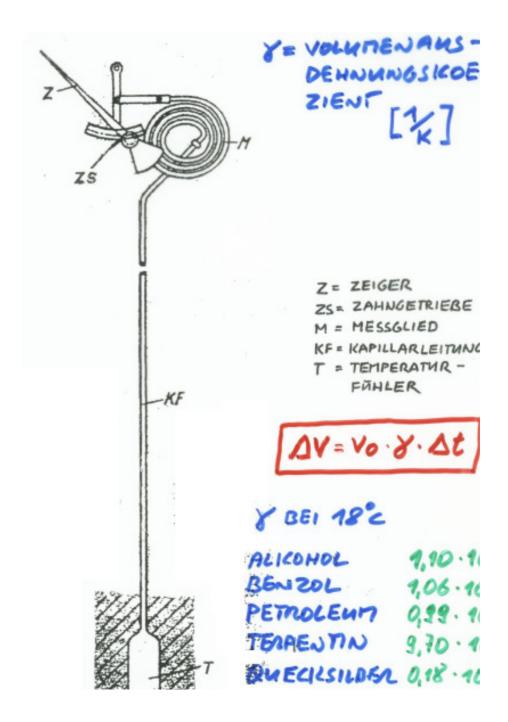
Die Anzeigebereiche liegen zwischen –200 °C und +700 °C bei Genauigkeit Klasse 1 nach EN 13 190.



University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.–Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

Aufbau eines Gasdruck-Thermometers





University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.–Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

2.2.5 Maschinen-Glasthermometer

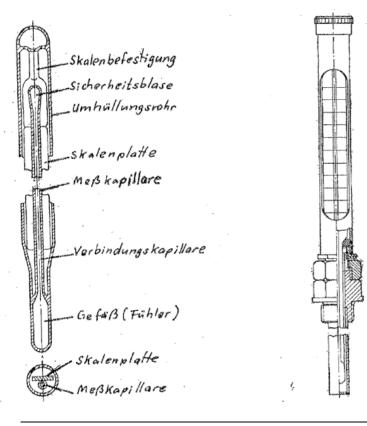


Anwendungen

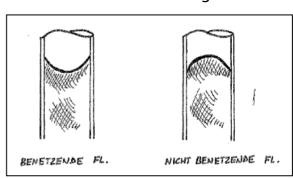
- _ Universell einsetzbar
- _ Maschinenbau
- _ Behälterbau
- Zentral- und Großheizungsanlagen
- _ Anlagenbau

Besonderheiten

- _ Unempfindlich gegen Vibrationen
- _ Ungiftige thermometrische Flüssigkeit
- _ Messbereiche bis -60 ... 200 °C



Thermometerfüllungen unterscheiden sich wie folgt:



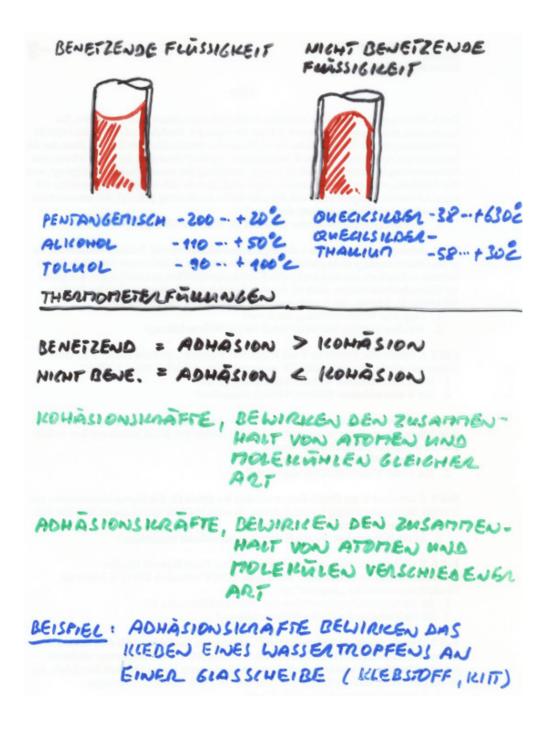
***	Benetzende Flüssigkeit	ten
	Pentangemisch	-200 +20 °C
	Alkohol	-110 +50 °C
	Toluol	90 +100 °C
	Nicht benetzende Flüs	sigkelten
	Quecksilber-Thallium	-58 +30 °C
	Quecksilber	-38 +630 °C



University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	DiplIng. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

Kleine Physikexkursion:

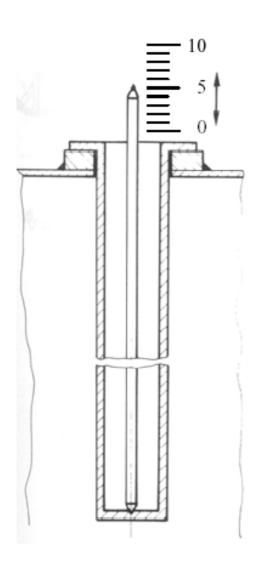




University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	DiplIng. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

2.2.6 Stabausdehnungsthermometer

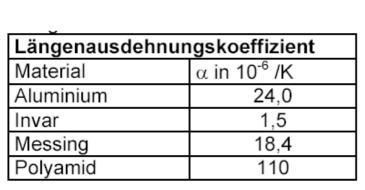


mit I_0 , und I_{ϑ} als Längen im ursprünglichen Zustand (bei 0 °C) und bei der Temperatur ϑ (°C). α ist der lineare Ausdehnungskoeffizient α = f (T); α ist nicht konstant über der Temperatur I

stant über der Temperatur!

$$\Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta \mathcal{G}$$

$$l_{\vartheta} = l_{0} \left(1 + \alpha \cdot \vartheta \right)$$





University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	DiplIng. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

2.3 Elektrische Berührungsthermometer

2.3.1 Widerstandsthermometer

2.3.1.1 Der Messeffekt

Metalle und Halbleiter ändern unter dem Einfluss einer Temperatur ihren elektrischen Widerstand. Damit wird die Temperaturmessung auf eine Messung des elektrischen Widerstands zurückgeführt.

2.3.1.2 Wirkungsweise

Bei Metallen steigt der elektrische Widerstand mit der Temperatur fast linear an, die Beschreibung der Kennlinie erfolgt durch die Beziehung

$$R_T = Ro [1 A(T-To) + B (T-T0)^2].$$

Dabei bedeuten RT den Widerstand bei der Temperatur T, Ro den Widerstand bei der Vergleichstemperatur T_0 , . A und B sind Materialkonstanten und betragen bei $T_0 = 0$ °C für Platin in einem Bereich von 0 bis 600 °C:

$$A = 3.911 \ 10^{-3} \ K^{-1}$$
; $B = -0.588 \ 10^{-4} \ K^{-2}$.

Nickeln einem Bereich von 0 bis 200 °C:

$$A = 5,43 \ 10^{-3} \ K^{-1};$$
 $B = +7,85 \ 10^{-6} \ K^{-2},$

Für kleine Temperaturmessbereiche ist es in der Praxis oft ausreichend, die Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstandes von Metallen durch den mittleren Temperaturbeiwert α zwischen 0 und 100 °C zu beschreiben.

$$Rt = Ro[1 + \alpha (T-To)].$$



University of Applied Siences

Ingenieurwesen II AUT, Feldger. u. industrielle Komm.		DiplIng. (FH) M. Trier	
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018	

Jetzt bedeuten R_o den Widerstand bei der Temperatur $t_o=0$ °C und RT den Widerstand bei der Messtemperatur t_o . Für den mittleren Temperaturbeiwert α erhält man bei

Platin
$$\alpha = 3.86 \ 10^{-3} \ bis \ 3.92 \ 10^{-3} \ K^{-1}$$
,
Nickel $\alpha = 6.17 \ 10^{-3} \ bis \ 6.76 \ 10^{-3} \ K^{-1}$,
Kupfer $\alpha = 4.26 \ 10^{-3} \ bis \ 4.33 \ 10^{-3} \ K^{-1}$.

Diese Temperaturbeiwerte sind vom Reinheitsgrad des jeweiligen Metalls abhängig. Die Widerstandsänderung ist nicht über den ganzen Temperaturbereich konstant. Für ferromagnetische Metalle (Nickel, Kobalt, Eisen) liegen die Werte höher als für andere Metalle. Als Faustformel kann man aber sagen:

Platin: Pro Grad (Kelvin) Temperaturänderung ändert sich der Materialwiderstand des Platins um 0,385 Ohm.

$$\Delta R = 0.385 \Omega/K$$

Nickel: Pro Grad (Kelvin) Temperaturänderung ändert sich der Materialwiderstand des Nickels um 0,617 Ohm

$$\Delta R = 0.617 \Omega/K$$

<u>Halbleiterwiderstände</u>

Neben den beschriebenen Metallwiderständen werden auch Halbleiter NTC- und PTC.- Widerstände eingesetzt.



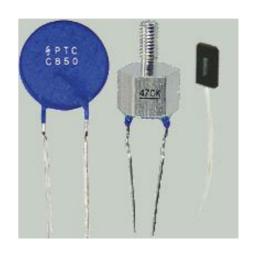
University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.–Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

Ihr Vorteil gegenüber den Metallwiderständen ist Ihre hohe Empfindlichkeit (der Widerstand kann sich über Zehnerpotenzen ändern). Ihr Nachteil ist ihre starke Nichtlinearität und damit verbundene schlechte Reproduzierbarkeit. Aus diesem Grunde werden Halbleiter in der Automatisierungstechnik selten eingesetzt. Sie werden häufiger In großen Elektromotoren eingesetzt.

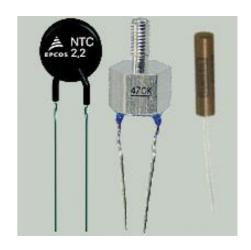
2.3.1.3 Kaltleiter (PTC)

Kaltleiter verringern ihren Widerstand bei Kälte. Bei Wärme beginnt das Molekülgitter zu schwingen und behindert die Elektronen – der Widerstand erhöht sich. In dieser einfachen Formulierung lässt sich die Funktionsweise eines Kaltleiters erklären. Kaltleiter werden in der Industrie als Temperatursensoren, in Sicherheitsabschaltungen und zur Messung von Strömungsgeschwindigkeiten verwendet.



2.3.1.4 Heissleiter (NTC)

Bei Hitze verringert sich der Widerstand von Heißleitern auf fast 0 Ohm. Ist der Heißleiter abgekühlt,
beträgt der Widerstand dem Nennwert. Heißleiter
bestehen aus einem halbleitendem Oxidkeramik.
Wird dieses erwärmt, werden feste Elektronen aus
dem Molekülgitter gehoben und die Leitfähigkeit
steigt an. In dieser einfachen Formulierung lässt
sich die Funktionsweise eines Kaltleiters erklären.
Kaltleiter werden in der Industrie als Temperatursensoren, in Sicherheitsabschaltungen und zur
Messung von Strömungsgeschwindigkeiten verwendet.



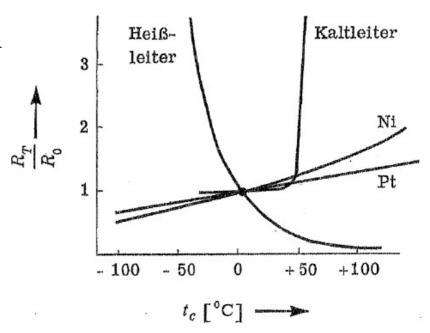


University of Applied Siences

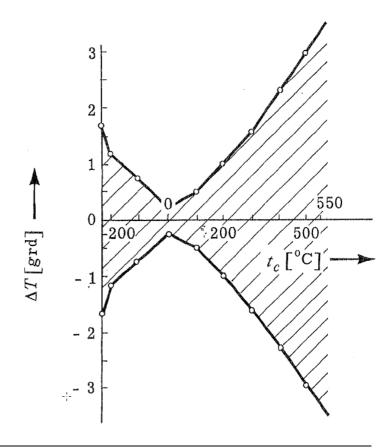
Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.–Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

Kennlinien verschiedener Widerstandsthermometer-Materialien.

Temperaturabhängigkeit Des Widerstandes verschiedener Materialien



Zulässige Temperaturfehler-Grenzen eines Platin-Wider-Standsthermometers in Ab-Hängigkeit von der Temperatur





University of Applied Siences

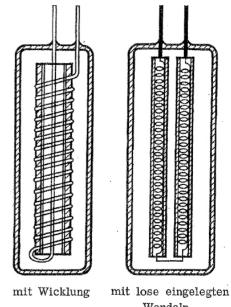
Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	DiplIng. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

2.3.1.5 Aufbau von Widerstandsthermometern

Platinwiderstandsthermometer (Pt100)

Beim Platin-Hartglasthermometer wird der Platindraht auf ein dünnes Glasröhren aufgewickelt, die untere Zuführung des Drahtes wird durch den Rohrkern nach oben geführt.

Ein weiteres Glasröhrchen umgibt die Platinwicklung, so dass diese vollkommen eingebettet Ist. In dieser Ausführung können mechanische Spannungen durch das Wickeln oder durch Temperatureinwirkung auftreten,



Wendeln

deshalb wird In einer neueren Konstruktion das Thermometer mit Doppelkapillaren ausgeführt und die Platinwendeln lose eingelegt.

Nickel-Messwiderstand (Ni100)

Beim Nickelwiderstandsthermometer lohnt es sich nicht, die Drähte wie beim Platin in Glas einzuschmelzen. Deshalb werden Nickel-Messwiderstände auf Isoliermaterial aufgewickelt und sind bei äußeren Einflüssen stärker gefährdet.

Ein komplettes Widerstandsthermometer für den Einsatz In der Verfahrenstechnik besteht aus einem Messeinsatz und einer Schutzarmatur. Die Schutzarmatur hat die Aufgabe den Widerstand gegen Korrosion und mechanische Beschädigung durch das Medium zu schützen.



Der Aufbau und die Abmessungen eines Wth's (Widerstandsthermometer) sind genormt (DIN 16160).



University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.–Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

Die Bezeichnung Pt 100 steht für:

Pt = Materialangabe d.h. Platin

100 = 1000hm bei 0 ℃

Temperaturbereich: -220 bis 850℃

Die Bezeichnung Ni 100 steht für:

Ni = Materialangabe d.h. Nickel

100 = 1000hm bei 0 °C

Temperaturbereich: -60 bis 180°C

Es gibt ebenso in der Industrie Pt1000 und Ni 1000 und Folien-Wth's, aber Achtung: Mit einem Folien Pt100 kann nur bis ca. 350°C gemessen werden!

°C	Ohm	°C	Ohm	°C	0
-220 215 210 205 200 195 190 185 170 165 165 150 140 135 120 120 110	10,41 12,35 14,36 16,43 18,53 20,65 22,78 24,92 27,17 31,38 35,48 37,57 39,63 41,80 45,87 47,93 49,99 52,04	-100 995 80 77650 550 40 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50	60,20 62,23 66,27 68,28 70,29 74,29 74,29 76,27 82,23 84,21 86,19 88,17 90,13 92,13 94,10 96,07 98,04 100,95 103,85 107,80 109,74 111,61	05050505050505050505050505050505050505	11 12 12 12 13 13 13 13 13 14 14 14 14 15 15 16 16 16 16 16 17

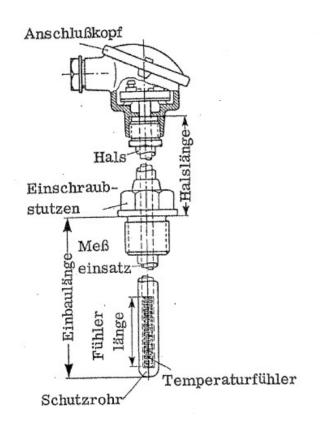
Widerstandsthermometerkurve Pt100 nach DIN 43760



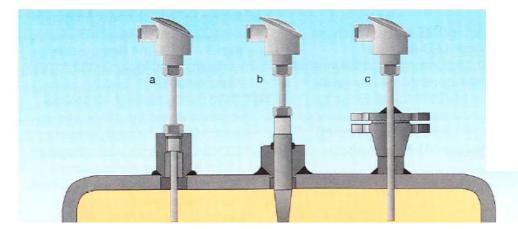
University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.–Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

2.3.1.6 Schutzhülsen für Wth und Thermoelemente







- a) Schiebemuffe
- b) Einschweißhülse
- c) Flanschanschluss



University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.–Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

Temperaturmesstechnik aus einer Hand (Fa. Emerson)



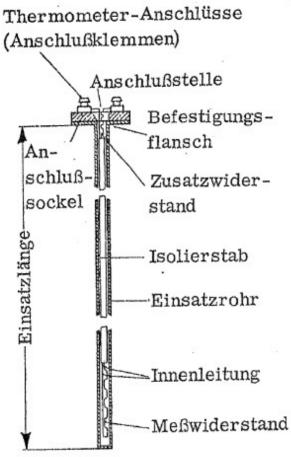


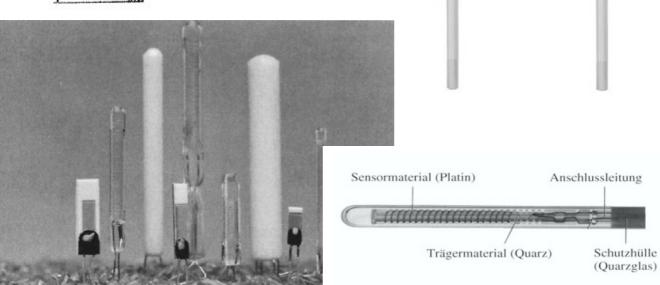
University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.–Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

2.3.1.7 Der Messeinsatz

2.3.1.7.1 Draht-Widerstandsthermometer



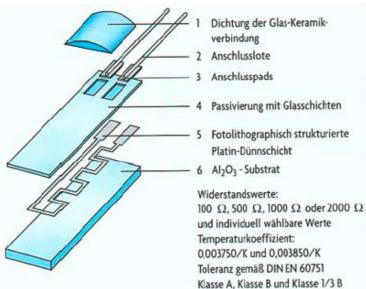


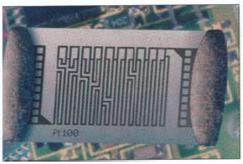


University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.–Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

2.3.1.7.2 Dünnschicht-Widerstandthermometer





- Preiswerter in der Herstellung
- Schnelleres dynamisches Ansprechverhalten (Regelungstechnik!) wegen kleinerer Masse und Oberfläche
- Kleinere Masse (Vibration!)
- Bis max. +350 °C einsetzbar 1)
- Thermische Ausdehnung des Substrates
- 1) Lobortests mit über 400°C haben zu Ausfällen der Wth´s geführt.



Draht (oben) und Dünnschicht

Toleranzklasse	Sensor-Kategorie	Temperaturbereich	Toleranz in K
Klasse 1/3 DIN B	Dünnschicht Draht	–50 +200 °C –70 +250 °C	± (0,10 K + 0,0017 x ltl)
Klasse A	Dünnschicht Draht	–70 +300 °C –200 +600 °C	$\pm (0,15 \text{K} + 0,002 \text{x ltl})$
Klasse B	Dünnschicht Draht	−70 +600 °C −200 +850 °C	$\pm (0,30 \text{K} + 0,005 \text{x ltl})$
Klasse 0,5	Dünnschicht Draht	−70 +600 °C −200 +850 °C	$\pm (0,50 \text{K} + 0,006 \text{x ltl})$

Tab. 1: Toleranzklassen – Temperaturgültigkeitsbereich

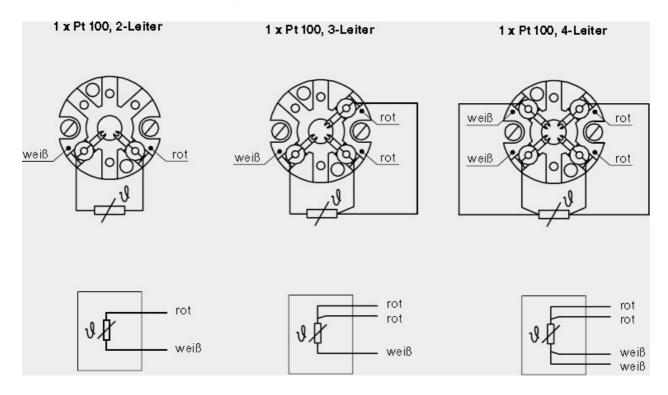
Itl = Messtemperatur in °C (ohne Vorzeichen)



University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.–Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

2.3.1.8 Anschlussbelegungen eines Wth



Anschlussstelle

2.3.2 Thermoelement

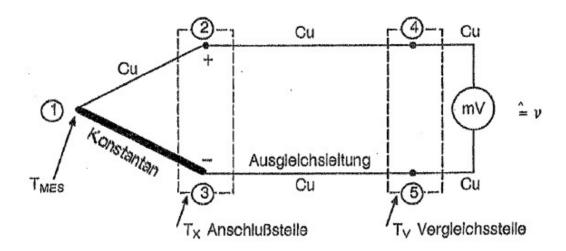
2.3.2.1 Der Seebeck-Effekt

An der Verbindungsstelle zweier verschiedener Metalle entsteht eine Spannung, deren Höhe (in mV) von der Metallpaarung und der Temperatur abhängt. Die Spannung kann nicht direkt gemessen werden, weil das Schließen des Stromkreises mit dem Messgerät weitere Thermoelemente schafft. Der Einfachheit halber wird angenommen, dass das Messgerät nur mit Cu-Draht ausgeführt wird, Dann entstehen an den Punkten (1) und (3) Spannungen. Diese beiden Spannungen sind einander entgegengesetzt. Weil In diesem Beispiel beide Thermoelemente die gleiche Paarung haben, kann das Messgerät nur dann eine Spannung anzeigen, wenn die Temperatur der beiden Maßstellen verschieden Ist,



University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.–Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018



U_{Th}: Thermoelementmeßspannung

T_{MES}: Meßstellentemperatur

T_X: Anschlußstellentemperatur
T_V: Vergleichsstellentemperatur

 $U_{Th} \sim T_{MES} - T_{V}$

2.3.2.2 Polarität der Thermospannung

Das Metall, bei dem die (Valenz-)Elektronen weniger stark gebunden sind, wird diese leichter abgeben als ein Metall mit festerer Bindung, es ist also im Vergleich zu ihm thermoelektrisch negativ. Die Stromrichtung wird außerdem aber noch von der Temperatur der beiden Verbindungsstellen beeinflusst. Dies wird leicht ersichtlich, wenn man sich den Thermokreis als zwei Batterien vorstellt, von denen jeweils die mit der höheren Temperatur die größere Spannung abgibt. Die Stromrichtung

wird demnach davon abhängen, auf welcher Seite im Kreis die höhere Spannung herrscht. Die Polaritätsangaben bei Thermopaaren beziehen sich stets darauf, dass an der Messstelle eine höhere Temperatur als der Vergleichsstelle (Klemmen- bzw. Vergleichsstellentemperatur) herrscht.

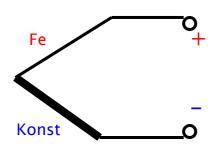
2.3.2.3 Der Peltier-Effekt

Die Umkehrung des Seebeck-Effektes Ist der sogenannte Peltier-Effekt. Führe Ich einem Thermoelement Spannung bzw. Strom zu, so erreiche Ich eine Erniedrigung der Temperatur an der Messstelle.



University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	DiplIng. (FH) M. Trier	
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018



Das Material mit dem positiven Potenzial-Anteil, wird immer zuerst genannt!

Fe (+) -Konst(-)

Der Minusschenkel wird stärker gezeichnet!

Größenordnung der Thermoelementspannung U_{th} für Fe-Konst für $T_{Mess}=100^{\circ}C$ Und $T_v=0^{\circ}C \rightarrow 5,37$ mV. Der Messbereich beträgt -200 bis +900°C.

2.3.2.4 Genormte Thermoelemente

Unter der Vielzahl möglicher Metallkombinationen wurden bestimmte ausgewählt und in ihren Eigenschaften genormt, insbesondere der Spannungsreihe und den zulässigen Grenzabweichungen. Die folgenden Elemente sind hinsichtlich der Thermospannung und deren Toleranz sowohl weltweit (IEC) genormt als auch europäisch bzw. national genormt.

DIN IEC 584-1, DIN EN 60584-1

Eisen-Konstantan (Fe-CuNi)	Kennbuchstabe "J"
Kupfer-Konstantan (Cu-CuNi)	Kennbuchstabe "T"
Nickelchrom-Nickel (NiCr-Ni)	Kennbuchstabe "K"
Nickelchrom-Konstantan (NiCr-CuNi)	Kennbuchstabe "E"
Nicrosil-Nisil (NiCrSi-NiSi)	Kennbuchstabe "N"
PlatinRhodium-Platin (Pt10Rh-Pt)	Kennbuchstabe "S"
PlatinRhodium-Platin (Pt13Rh-Pt)	Kennbuchstabe "R"
PlatinRhodium-Platin (Pt30Rh-Pt6Rh)	Kennbuchstabe "B"



University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.–Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

Spannungsreihe

des Fe-Konst - Thermoelementes

°C		mV		°C		mV	3 9333
	20°C	0°C	50°C		20°0	0°C	50°C
-200 90 80 70 60 100 100 90 80 70 60 50 40 30 40 30 40 30 40 30 40 30 40 30 40 40 50 40 50 40 50 60 60 60 60 60 60 60 60 60 6	9,20 8,91 8,61 8,30 7,65 8,30 7,65 6,58 6,58 6,58 6,58 6,58 6,58 6,58 6	8,8665,7066,2905,505,6665,777,66665,755,7539,448,700,505,000,505,777,766665,777,766665,777,766665,777,766665,777,766665,777,766665,777,766665,777,766665,777,766665,777,766665,777,766665,777,766665,777,766665,777,766665,777,766665,777,766665,777,766665,777,766665,777,7766665,777,7766665,777,7766665,777,7766665,777,7766665,777,7766665,777,7766665,777,7766665,777,7766665,777,77666665,777,77666665,777,77666665,777,7766665,777,7766665,777,7766665,777,7766665,777,7766665,777,77666665,777,77666665,777,7766665,777,77666665,777,77666665,777,77666665,777,77666665,777,77666665,777,77666665,777,77666665,777,77666665,777,77666665,777,77666665,777,77666665,777,77666665,777,77666665,777,77666665,777,776666665,777,77666665,777,77666665,777,77666665,777,77666665,777,77666665,777,77666665,777,776666665,777,776666665,777,776666665,777,776666665,777,7766666665,777,7766666665,777,7766666666	10,80 10,51	+100 10 20 40 150 20 20 40 250 250 250 250 250 250 250 25	4,87 4,87 5,98 4,87 7,66 2,78 6,78 9,946 11,58 12,76 13,839 14,95 17,75 18,87 19,43 19,43 19,43 19,43 19,51	5,37 5,92 6,47 7,03 7,59 8,71 9,83 10,95 11,07 12,63 13,75 14,58 15,44 16,55 17,68 18,80 19,92 20,48 18,80 19,92 20,48 21,60 21,60 22,16	2,72,839,50,66

NiCr-Ni - Thermoelement

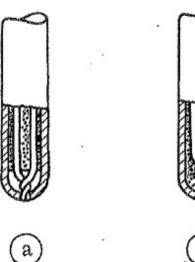
für Thermoelemente MiCr-Ni DIN 43710							
°C		πV		°C		isĀ	
	20°C	0°C	50°C		20°C	0°C	50°C
610	24,54	25,34	23,32	910	36,96	37,76	35,74
20	24,96	25,76	23,74	20	37,36	38,16	36,14
30	25,39	26,19	24,17	30	37,76	38,56	36,54
40	25,81	26,61	24,59	40	38,15	38,95	36,93
650	26,23	27,03	25,01	950	38,55	39,35	37,33
60	26,65	27,45	25,43	60	38,95	39,75	37,73
70	27,07	27,87	25,85	. 70	39,34	40,14	38,12
80	27,49	28,29	26,27	80	39,73	40,53	38,51
90	27,92	28,72	26,70	90	40,12	40,92	38,90
700	28,34	29,14	27,12	1000	40,51	41,31	39,23
10	28,76	29,56	27,54	10	40,90	41,70	39,68
20	29,17	29,97	27,95	20	41,29	42,09	40,07
30	29,59	30,39	28,37	30	41,68	42,48	40,45
40	30,01	30,81	28,79	40	42,07	42,87	40,85
750	30,43	31,23	29,21	1050	42,45	43,25	41,23
60	30,85	31,65	29,63	60	42,83	43,63	41,61
70	31,26	32,06	30,04	70	43,22	44,02	42,00
80	31,68	32,48	30,46	80	43,60	44,40	42,33
90	32,09	32,89	30,87	90	43,98	44,78	42,76
800	32,50	33,30	51,28	1100	44,36	45,16	45,14
10	32,91	33,71	31,69	10	44,74	45,54	43,52
20	33,32	34,12	32,10	20	45,12	45,92	43,90
30	33,73	34,53	32,51	30	45,49	46,29	44,27
40 850	34,13 34,54	34,93	32,91	40	45,87	46,67	44,65
60	34,95	35,34 35,75	33,32	1150	46,24	47,04	45,02
70	35,35	36,15	33,73	60 70	46,61	47,41	45,39
80	35,75	36,55	34,13	80	46,98	47,78	45,76
90	36,16	36,96		100000000000000000000000000000000000000	47,35	48,15	46,13
900	. 36,56	37,36	34,94	90 1200	47,72	48,52	46,50
,,,,	. 70,50	71,70	35,34	1200	48,09	48,89	46,87

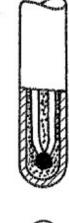


University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	DiplIng. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

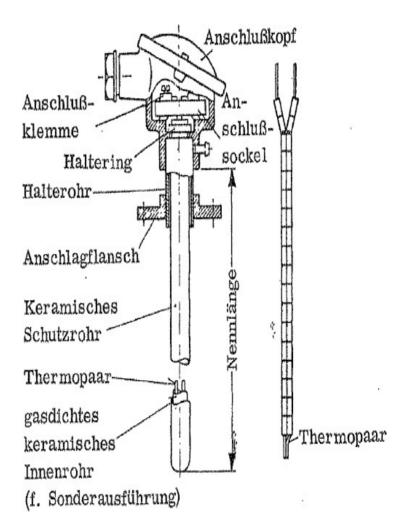
Thermoelement-Ausführungen 2.3.2.5







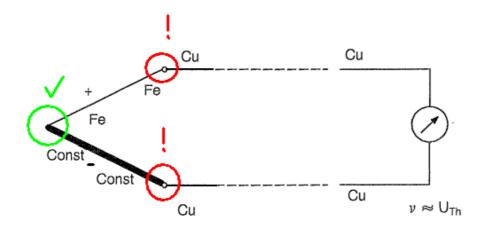
Mantelthermoelement mit (a) eingeschweißter Messstelle und (b) mit isolierter Messstelle.





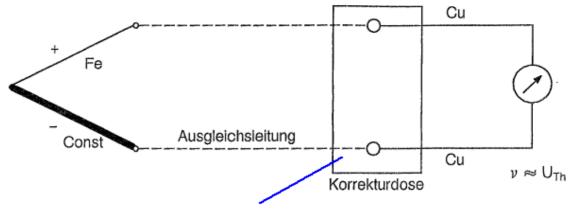
2.3.2.6 Ausgleichsleitung und Korrekturdose

Problem: Schließt man an ein Thermoelement Kupferleitungen an, so bilden sich an den Anschlussstellen neue Thermoelement, die der eigentlichen Thermospannung (Messsignal) entgegen wirken können und deren Spannungspotenziale infolge der Umgebungstemperatur variieren können



Lösung: Ausgleichsleitungen verwenden, die nahezu die gleichen physikalischen Eigenschaften wie das Thermoelementmaterial haben, aber im Vergleich zu Platin beispielweise, deutlich preiswerter sind.

Verwendet man Korrekturdosen, so kann der "Anschlussfehler" systematisiert werden.

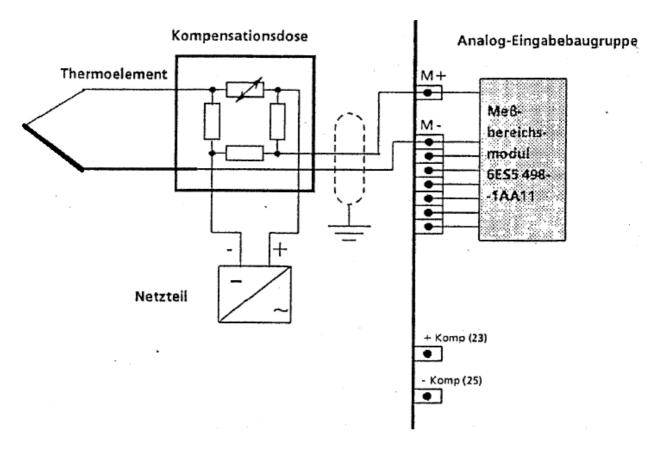


Temperatur muss konstant gehalten werden wenn die Innentemperatur nicht gemessen wird, und beispielsweise mittels Wheatstone – messbrücke gegenkompensiert wird!



University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.–Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018



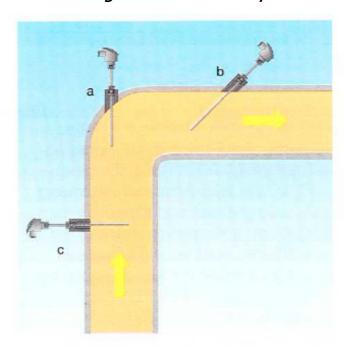
Anschluß einer Kompensationsdose an den Eingang einer Analog-Eingabebaugruppe



University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.–Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

2.3.3 Richtiger Einbau von Temperaturfühlern



Einbaubeispiele für Temperatur-Sensoren:

- a in einem Krümmer entgegen der Strömung
- b in einer engen
 Leitung schräg entgegen der Strömung
- senkrecht zur Strömung

Die oft nur wenige Millimeter großen Temperatursensoren in der Spitze des Schutzrohres, oder die Verbindungsstellen in den Fühlerspitzen des Thermoelementes, müssen in der Mitte des Strömungsprofils liegen.

Oft wird der Einfluss des Wärmeübergangswiderstand zwischen Schutzrohr und Fühler unterschätzt. Die ideale Ankopplung findet durch Wärmeleitpaste oder Wärmeleitöl statt, die in das Schutzrohr eingefüllt wird, bevor der Fühler hinein gesteckt wird.

Einen Leistungstransistor würde man auch nicht ohne Wärmeleitpaste auf einen Kühlkörper montieren, denn die Wärme soll ja vom Transistor möglichst gut abgeführt werden!

Der folgende Versuchsbericht der Fa. Endress und Hauser, zeigt diesen unmittelbaren aber oft nicht respektierten Zusammenhang.



University of Applied Siences

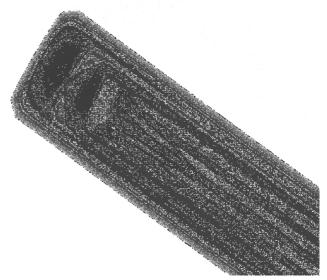
Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	DiplIng. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

2.3.3.1 Röntgenaufnahmen von Widerstandsthermometern in Schutzrohren

Widerstandsthermometer (Wth)

Wth mit 3-Leiteranschluss

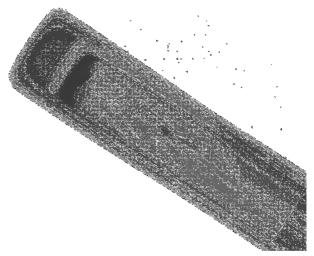




Doppelt-Wth (2 Messwiderstände)

Folien -Wth







University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	DiplIng. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018





People for Process Automation

2 Messung der thermischen Ansprechzeiten

Die Ermittlung der thermischen Ansprechzeiten erfolgte in einer E+H-eigenen Messapparatur gemäß den Vorgaben der DIN IEC 60751:2008 in strömendem Wasser, welches etwa 10 K wärmer temperiert war als die Umgebungstemperatur von etwa 23°C. Die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers betrug dabei etwa 0,4 m/s. Alle Prüflinge waren bei Testbeginn auf Raumtemperatur temperiert und wurden dann schnellstmöglich in den wärmeren Wasserstrom eingetaucht. Vor und während des Eintauchvorgangs sind die Widerstandswerte der Pt100-Sensorelemente mit einer Messrate von etwa 4 Hz mit einem Digitalohmmeter erfasst und aufgezeichnet worden. Die Messung wurde beendet, sobald ein quasistatischer Zustand erreicht war und keine nennenswerten Temperaturänderungen des Sensors mehr zu beobachten waren.

Die erhaltenen Aufheizkurzen wurden ausgewertet und die thermischen Ansprechzeiten t₉₀ sowohl für die einzelnen Messeinsätze ohne Schutzrohr als auch dann eingebaut in die verschiedenen Schutzrohre bestimmt.

Mit jeder der untersuchten Messeinsatz-Schutzrohr-Kombinationen wurden mindestens sechs Messungen durchgeführt. Mindestens drei Durchläufe erfolgten ohne Verwendung irgendwelcher kontaktverbessender Pasten. Anschließend wurden für mindestens drei weitere Messungen eine kleine Menge Silikon-Wärmeleitpaste zwischen Messeinsatzspitze und Schutzrohrinnenboden eingebracht.

Folgende thermischen Ansprechzeiten t_{90} (in s) wurden ermittelt. Angegeben sind jeweils die Mittelwerte aus den entsprechenden drei Messreihen. Die Reproduzierbarkeit der Messwerte liegt etwa im Bereich $\pm 10\%$. Die jeweils kürzeste gemessene Ansprechzeit bei einem bestimmten Schutzrohr, getrennt für die Messungen mit und ohne Wärmeleitpaste, ist **markiert**.

Schutzrohr	Messeinsatz #1		Messeinsatz #2		Messeir	ısatz #3	Messeir	satz #4
SCHULZFOIN	ohne Paste	mit Paste	ohne Paste	mit Paste	ohne Paste	mit Paste	ohne Paste	mit Paste
ohne	11,5 s	n.a.	11,5 s	n.a.	1,5 s	n.a.	10 s	n.a.
#2 (Form 3 Ød _i =6,1mm)	33 s	12,5	31 s	13,5 s	19 s	4 s	34 s	11 s
#5 (Form 3F Ød _{i=} 6,1mm)	21 s	14 s	22 s	16,5 s	17 s	5 s	27 s	14,5 s
#6 (Form 3F Ød _i =6,1mm)	19 s	14 s	20 s	14,5 s	28 s	5,5 s	26 s	12,5 s
#4 (Form 3 Ød _i =6,5 mm)	75 s	40 s	69 s	40 s	26 s	6 s	60 s	22 s
#3 (Form 3 Ød _i =7mm)	73 s	52 s	73 s	54 s	62 s	27 s	75 s	61 s
#1 (Form 2 Ød _i =6,5mm)	49 s	12,5	48 s	13,5 s	51 s	4 s	50 s	11 s
#7 (Form 2F Ød _i =7mm)	100 s	82 s	102 s	75 s	48 s	11 s	97 s	46 s
#8 (Form 4 Ød _i =7mm)	72 s	55 s	71 s	52 s	45 s	21 s	73 s	62 s



University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.–Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

2.3.4 Temperaturtransmitter (Kopftransmitter)





Kommunikation 4-20 mA / HART® Protokoll

Volle Konfiguration mit HART Handterminal 275/375 oder AMS

Für alle gängigen Temperatursensoren

2-, 3-, 4-Leiter Widerstandsthermometer, Thermoelemente, mV, Ohm

Beste Messeigenschaften für alle Anwendungen

- Genauigkeit: 0.2 °C
- Langzeitstabilität für 1 Jahr: 0.2 °C
- EMV-getestet: Entspricht der NAMUR-Epfehlung NE 21
- Galvanische Trennung Eingang/Ausgang: 500 VAC rms (707 VDC) @ 50/60 Hz

DIN Form B-Kopfgrösse

Entspricht NAMUR NE 43 Ausfallverhalten für digitale Messumformer

Entspricht NAMUR NE 89 für Temperaturmessumformer mit digitaler Signalverarbeitung

Alarm- und Sättigungswerte konfigurierbar Zweipunkttrimmung möglich Zulassungen nach ATEX, FM, CSA, SAA, CEPEL, JI

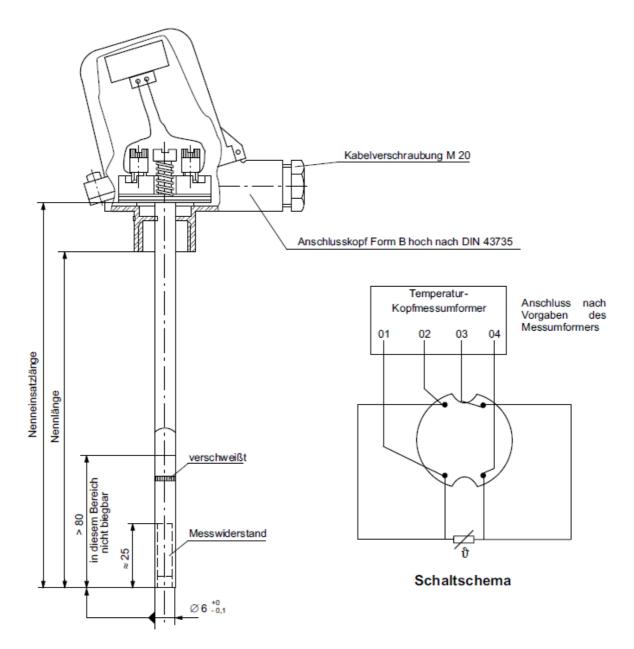
EMERSON.
Process Management

Ein Original Rosemount-Produkt!



University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	DiplIng. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018



Zitierte Normen / Standards

DIN 43735 Messen, Steuern, Regeln; Elektrische Temperaturaufnehmer; Messeinsätze für Thermoelemente
DIN 43735-3 Leittechnik - Elektrische Temperaturaufnehmer für Widerstandsthermometer und Thermoelemente - Teil

3: Zuordnung der Maße

DIN EN 60751 Industrielle Platin-Widerstandsthermometer und Platin-Temperatursensoren

Namur NE 24 Anforderungen an Messeinsätze für Temperatursensoren zum Einsatz in eigensicheren Stromkreisen



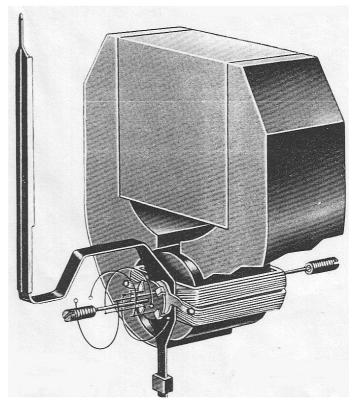
University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	DiplIng. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

2.3.5 Messschaltungen

2.3.5.1 Kreuzspulmesswerk (Quotientenmesswerk)

Zwei miteinander fest verbundene. gekreuzte Spulen sind innerhalb eines Magneten um einen Eisenkern drehbar angeordnet. Der Luftspalt zwischen Magnet und Kern nimmt von der Mitte aus nach oben und unten ab, die Induktion im gleichen Maße zu. Der Strom wird über richtkraftfreie Metallbänder zugeleitet. An der einen Spule entsteht ein linksdrehendes, an der anderen ein rechtsdrehendes Drehmoment. Sind die Ströme in den Spulen gleich, so heben sich beide Drehmomente nur



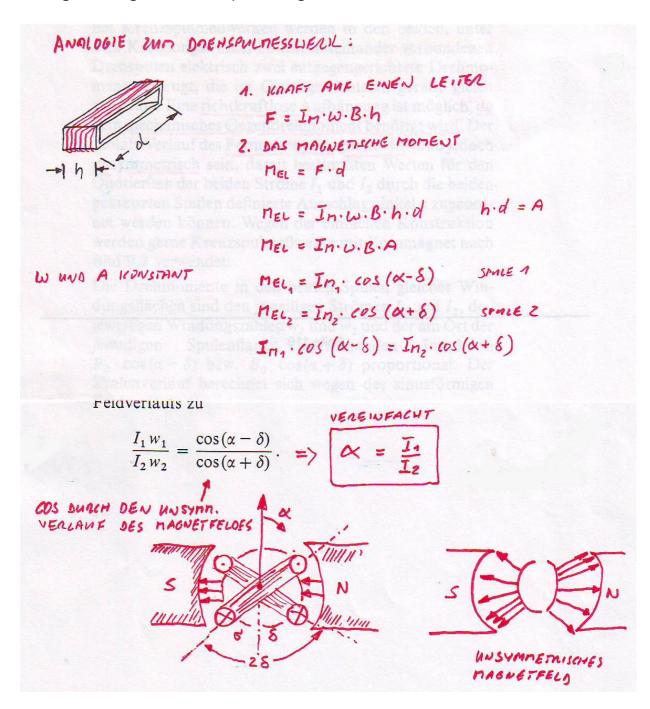
dann auf, wenn auch die an jeder Spule wirksamen Induktionen gleich sind. Ist einer der beiden Ströme schwächer als der andere, so nimmt die Kreuzspule eine bestimmte andere Lage ein, bei der sich die vom schwächeren Strom durchflossene Spule im Gebiet höherer Induktion und die vom stärkeren Strom durchflossene Spule im Gebiet geringer Induktion befindet, damit sich beide Drehmomente wieder aufheben. Der Zeiger zeigt somit unabhängig von der Höhe der Messspannung nur das Stromverhältnis an.



University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.–Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

Skalengleichung des Kreuzspulmessgerätes:

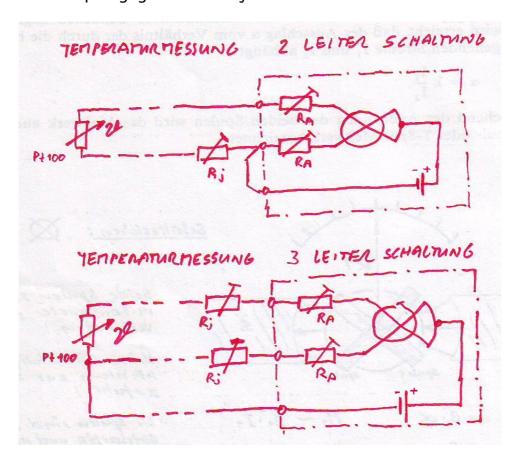




University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.–Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

Die beiden Prinzip-Schaltbilder zeigen die praktische Anwendung der Stromverhältnismessung. Es handelt sich um die klassische 2-Leiter und 3-Leiterschaltung. Die Widerstände RA sind die sogenannten Abgleichwiderstände, die für die Kalibrierung des Messgerätes, den Grundabgleich benötigt werden. Die Widerstände Rj sind die sogenannten Justagewiderstände, mit deren Hilfe der gesamte Loop abgeglichen bzw. justiert werden kann.



Werden beide Stromzweige von einer Spannungsquelle gespeist und ist der Widerstand in einem Zweig konstant und im anderen veränderlich, so hängt der Zeigerausschlag nur von der Größe des veränderlichen Widerstandes ab (Schaltung des Widerstandsthermometers, Pt100 / Ni100/ Pt1000).



University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	DiplIng. (FH) M. Trier
Flektrotechnik (BFII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

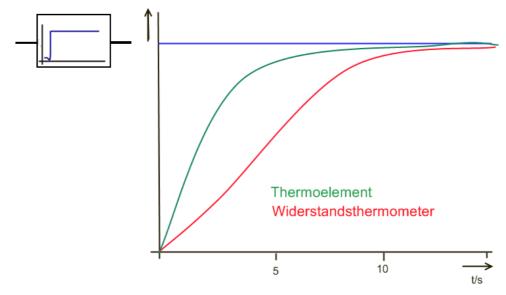
2.3.6 Unterschiede zwischen Thermoelement und Widerstandsthermometer

Thermoelement:

- · Aktive Bauelement, es liefert eine Spannung
- In hohen Temperaturmessbereichen einsetzbar
- · Schnelleres Ansprechverhalten als ein Wth
- Aufwendige Messkreisinstallation (konventionell)
- Thermospannungen im niedrigen mV-Bereich

Widerstandsthermometer:

- Passives Bauelement (Widerstand)
- Einfache Messkreisinstallation
- Langsameres Ansprechverhalten als ein Thermoelement
- Temperaturmessbereich maximal 850 °C
- Messeffekt relativ groß (z.B. 100 Ohm x 10mA = 1V)



Hinweis: Die Zeiten sind relativ zu sehen



University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.–Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

2.4 Berührungslose Temperaturmessung

2.4.1 Infrarot-Pyrometer

Jede Oberfläche, deren Temperatur *T* über dem absoluten Nullpunkt liegt, sendet elektromagnetische Strahlung aus. Messgeräte, die aus dieser Wärmestrahlung die Temperatur des Strahlers bestimmen können, werden als Strahlungsthermometer oder Pyrometer bezeichnet.

Die Wellenlängen der Wärmestrahlen liegen zwischen 10-7 und 10-5 m, einem Gebiet, in dem sich auch der schmale Bereich des sichtbaren Lichts befindet. Wenn man allgemein von Strahlung spricht, so ist die von einem Körper abgestrahlte Energie dW in der Zeit dt gemeint. Der Quotient wird als Strahlungsfluß ϕ bezeichnet.

$$\phi = \frac{dW}{dt}$$

Die elektrischen Berührungsthermometer, die Widerstandsthermometer und die Thermoelemente, sind in ihrer Einsatzfähigkeit allen mechanischen Thermometern überlegen, finden jedoch Grenzen In ihrer Anwendbarkeit. Bei bewegten Messobjekten treten Schwierigkeiten bei der Abnahme des elektrischen Signals über Schleifringe auf, Für Temperaturen über 1300 °C sind selbst edle Thermoelemente Im Dauerbetrieb nicht mehr verwendbar.

Deshalb werden bei höheren Temperaturen und bei bewegten Messobjekten Strahlungs-Temperaturfühler, die Strahlungspyrometer eingesetzt, welche die vom Messobjekt ausgehende Strahlungsenergie messen. Strahlungspyrometer wurden ursprünglich nur zur Messung hoher Temperatur angewendet, sie werden jedoch heute für Messbereiche von –40 °C bis über 2000 °C angeboten.



University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.–Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

2.4.1.1 Emissionsgrad

Der Emissionsgrad ist ein Maß für die Fähigkeit von Materialien, infrarote Energie zu absorbieren oder abzustrahlen. Der Wert kann zwischen 0 und 1,0 liegen. So hat z.B. ein Spiegel einen Emissionsgrad von 0,1. Dagegen hat der so genannte "Schwarze Strahler" einen Emissionsgrad von 1,0. Wenn ein zu hoher Emissionsgrad eingestellt wurde, wird eine niedrigere als die tatsächliche Temperatur angezeigt, vorausgesetzt die Temperatur des Messobjektes ist höher als die Umgebungstemperatur. Wenn Sie zum Beispiel einen Emissionsgrad von 0,95 an ihrem Pyrometer eingestellt haben, der Emissionsgrad jedoch nur 0,9 beträgt, wird eine niedrigere als die tatsächliche Temperatur angezeigt.

Material	Emission			
	1,0 µm	5,0 µm	7,9 µm	8-14 µm
Asbest	0,9	0,9	0,95	0,95
Asphalt	k.A.	0,9	0,95	0,95
Basalt	k.A.	0,7	0,7	0,7
Beton	0,65	0,9	0,95	0,95
Eis	k.A.	-9-0	0,98	0,98
Erde	k.A.	0,9-0,98	0,9-0,98	
Farbe (nicht alkalisch)		0,9-0,95	0,9-0,95	
Gips	k.A.	0,4-0,97	0,8-0,95	0,8-0,95
Glas	100.720			
Scheibe	k.A.	0,98	0,85	0,85
Schmelze	k.A.	0,9	k.A.	k.A.
Gummi	k.A.	0,9	0,95	0,95
Holz (natürlich)	k.A.	0,9-0,95	0,9-0,95	0,9-0,95
Kalkstein	k.A.	0,4-0,98	0,98	0,98
Karborund	k.A.	0,9	0,9	0,9
Keramik	0,4	0,85-0,95	0,95	0,95
Kies	k.A.	0,95	0,95	0,95
Kohlenstoff				
nicht oxydiert	0,8-0,95	0,8-0,9	0,8-0,9	0,8-0,9
Graphit	0,8-0,9	0,7-0,9	0,7-0,8	0,7-0,8
Papier (jede Farbe)	k.A.	0,95	0,95	0,95
Kunststoff		7.0		0.000
undurchsichtia	k.A.	0.95	0.95	0.95



Die Werte sind Abhängig von der Materialbeschaffenheit und den Messbedingungen.



University of Applied Siences

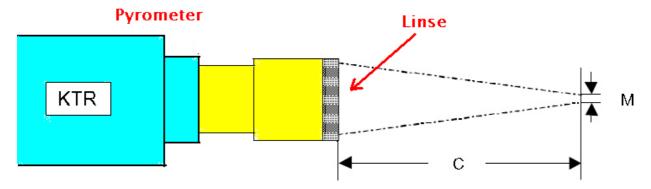
Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.–Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

Material	Emission		
	1,0 µm	1,6 µm	8-14 µm
Aluminum			
nicht oxydiert	0,1-0,2	0,02-0,2	k.A.
oxydiert	0,4	0,4	0,2-0,4
Legierung A3003,			
oxydiert	k.A.	0,4	0,3
aufgeraut	0,2-0,8	0,2-0,6	0,1-0,3
poliert	0,1-0,2	0,02-0,1	k.A.
Blei		-100	100
poliert	0,35	0,05-0,2	k.A.
rau	0,65	0,6	0,4
oxydiert	k.A.	0,3-0,7	0,2-0,6
Chrom	0,4	0,4	k.A.
Eisen		70.010 	
oxydiert	0,4-0,8	0,5-0,9	0,5-0,9
nicht oxydiert	0,35	0,1-0,3	k.A.
verrostet	k.A.	0,6-0,9	0,5-0,7
geschmolzen	0,35	0,4-0,6	k.A.
Eisen, gegossen	90		100
oxydiert	0,7-0,9	0,7-0,9	0,6-0,95
nicht oxydiert	0,35	0,3	0,2
geschmolzen	0,35	0,3-0,4	0,2-0,3
Eisen, geschmiedet			100
stumpf	0,9	0,9	0,9
Gold	0,3	0,01-0,1	k.A.



Die Werte sind Abhängig von der Materialbeschaffenheit und den Messbedingungen.

2.4.1.2 Distanzverhältnis



Die Angabe des Distanzverhältnisses ist eine qualitative Angabe. Das Distanzverhältnis beschreibt, wie groß der Abstand C maximal zum Messfleck M sein kann.

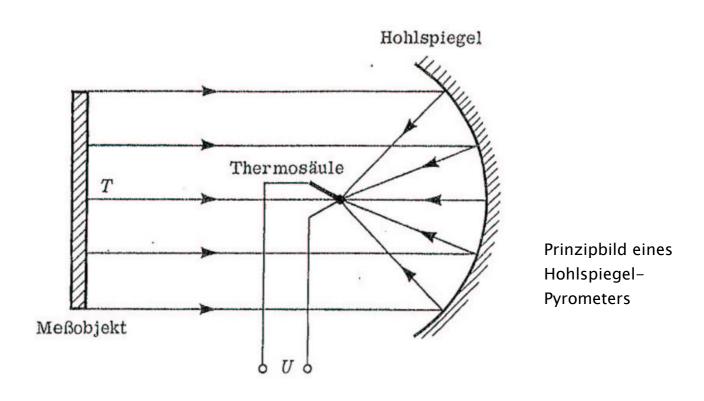


	Objektentfernung <c></c>
Distanzverhältnis =	
	Durchmesser der anvisierten Objektfläche <m></m>

Bei einem angegebenen Distanzverhältnis von 20 und einer Objektentfernung von 10m, muss der Messfleck einen Durchmesser von mindestens 0,5m haben!

2.4.2 Gesamt- oder Teilstrahlungspyrometer

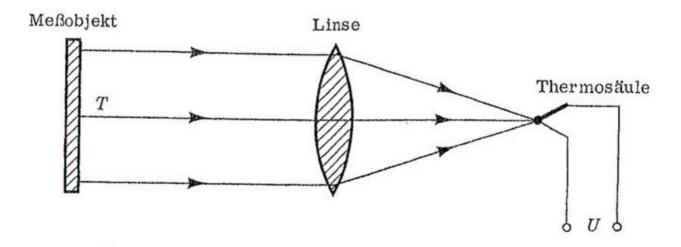
Die Strahlung wird durch eine Optik gebündelt und auf einen Sensor gelenkt. Damit wird auf dem Sensor ein Signal erzeugt. Der Sensor Ist ein Fotohalbleiter oder ein Thermeelement, Die Optik ist eine Sammellinse oder ein Hohlspiegel.





University of Applied Siences

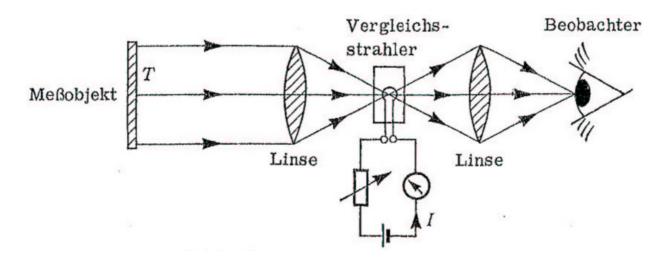
Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.–Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018



Prinzipbild eines Linsenpyrometers

2.4.3 Teilstrahlungs-Pyometer

Die Leuchtdichte der Strahlung wird mit der Helligkeit des Glühfadens einer Normallampe verglichen. Ein Filter wählt ein schmales Band des Spektralbereiches aus. Spektralpyrometer.



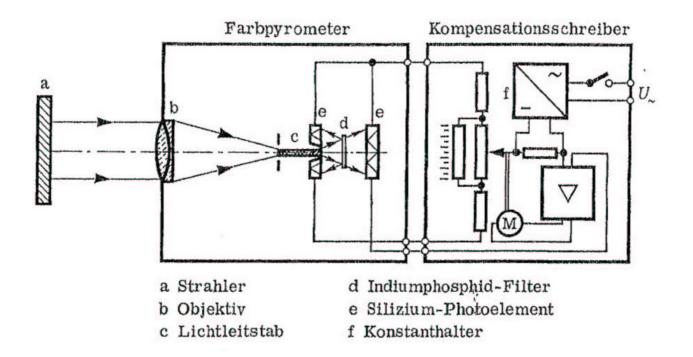


University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.–Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

2.4.4 Verhältnis bzw. Farbpyrometer

Das Verhältnis der Strahldichte zweier herausgefiltert Spektralbereiche ändert sich mit der Temperatur. Das Signal für die Temperatur ist das Verhältnis der beiden Strahlungsanteile.



Beim Verhältnis- bzw. Farbpyrometer wird, wie bereits erwähnt, das Verhältnis der Strahlungsintensitäten bei zwei verschiedenen Wellenlängen zur Temperaturbestim-mung herangezogen.

Dieses Verfahren gestattet eine genaue Temperaturmessung unabhängig vom Emissionsgrad des Messobjekts, solange dieser für beide Wellenlängen gleich ist. Da dieses ideale Verhalten in den meisten Fällen nicht erreicht wird, entsteht ein Messfehler, der jedoch in der Regel wesentlich geringer ausfällt als bei Gesamtoder Bandstrahlpyrometern.



University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	DiplIng. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

Technische Daten (beispielhaft)

Тур: IW5

kompaktes Zwei-Leiter-Pyrometer

Meßbereiche: Spektralbereich: 300...3000°C, 8 Meßbereiche

0,6...1,1 μm (Si); 1,45...1,8 μm (InGaAs)

Einstellzeit too:

Min 1 ms

Meßfleck: Emissionsgrad: Min 0,4 mm Durchmesser 20...100 % (einstellbar)

Genauigkeit: Optik:

± 1 % vom Meßbereichs-Umfang auswechselbare Linsenoptik, einschraubbares

Durchblickvisier

Meßausgang: Versorgung:

4...20 mA, linear 24VDC

IP 65 Schutzart: Optionen:

einschraubbares Pilotlicht

Anwendungsbereiche: Messungen an Metallen, Keramik und flüssigem Glas, z. B. beim Härten, Glühen, Sintem, Schmieden, Walzen, Löten und Schweißen. Besonders geeignet bei beengten Platzverhältnissen und extremen

Umgebungstemperaturen.

Typ: IS 300 IGA 300

kleines Zwei-Leiter-Pyrometer

Meßbereiche:

300...3000°C, 6 Meßbereiche

Spektralbereich:

0,8...1,1 μm (IS 300), 1,45...1,8 μm (IGA 300)

Einstellzeit too:

10 ms (fest)

Meßfleck:

Min 1,6 mm Durchmesser 0,2...1 % einstellbar

Emissionsgrad: Genauigkeit:

± 1,5 % vom Meßbereichs-Umfang

Optik:

feste Linsenoptiken für 3 Meßabstände

Meßausgang:

4...20 mA, linear

Versorgung:

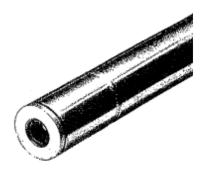
24VDC

Schutzart: Option:

IP 65 Ofen-Anbauarmatur mit Keramikrohr oder

Quarzglasfenster

Anwendungsbereiche: siehe IW 5





University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.–Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

2.4.5 Ausführungsformen für Infrarot-Pyrometer

Wo werden Infrarot-Pyrometer eingesetzt? Infrarot-Pyrometer eignen sich besonders für den Einsatz in Applikationen, in denen konventionelle Sensoren nicht verwendet werden können. Dies gilt für bewegliche Objekte wie Walzen oder Förderbänder, aber auch überall dort, wo aufgrund von Kontamination oder anderen Störeinflüssen (z. B. hohe Spannungen) eine kontaktlose Messung erforderlich ist. Ebenso ist die IR-Messtechnik prädestiniert für Anwendungen, in denen sich Thermoelemente und andere, auf Kontakt mit dem Objekt basierende Fühler durch große Entfernungen oder zu hohe Temperaturen nur schwierig einsetzen lassen.

- Temperaturbereich von -50 °C bis +2200 °C
- Einstellbare Emissionsgrad
- schnelles Abtasten von heißen und kalten
 Stellen innerhalb von <1 Sekunde
- Großes Display
- vergütete Glasoptik
- optische Auflösung 50:1
- punktuelle Messung auf größer Distanz
- Doppellaser zum genauen Anvisieren
- visualisierte Anzeige der Größe des Messfeldes
- Hoch- bzw. Tiefalarm
- Hintergrundbeleuchtung
- Speicherfunktion
- USB-Schnittstelle (Online-Aufzeichnung)





University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	DiplIng. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018



LineareTemperaturmeßbereiche:

Nr.	Meßbereiche		
1	200 - 800°C		
2	300 - 1200°C		
3	400 - 1500°C		
4	1000 - 2500°C		

Technische Daten:

Meßbereiche	200 - 2500°C
Spektralbereich	5,1 - 5,6 μm
Ansprechzeit einstellbar	0,005 - 0,5 s
Genauigkeit	1 % ± 1°C
Reproduzierbarkeit	3‰
Emissionsfaktor	100 - 10 %
Betriebstemperatur	0°C - 50°C
Lagertemperatur	- 10°C - + 70°C
Temperaturabhängigkeit	0,05 % / °C
zulässige Feuchte	35 - 85 % RF
Ausgang - wahlweise -	0 - 20 mA
	4 - 20 mA
	0 - 10 V
Betriebsspannung	DC 24 V ± 10 %
	AC 24 V ± 10 %
Stromaufnahme	ca. 300 mA
Geräteanschluß	5-pol. Buchse
Maße H / B / T	54 x 54 x 171 mm
Gewicht	0,6 kg
Schutzart	IP 65

Pyrometer sind genau die richtigen Messgeräte, wenn Sie hochgenaue und berührungslose Temperaturmessungen durchführen möchten. Durch die sehr guten optischen Eigenschaften sind die Pyrometer ein zuverlässiges Werkzeug zur genauen Temperaturmessung. Infrarot-Pyrometer sind besonders geeignet bei Applikationen, bei denen konventionelle Sensoren nicht verwendet werden können. So z.B. bei bewegten Objekten oder an Messorten, an denen wegen Kontaminationen oder anderen Störeinflüssen eine kontaktlose Messung erforderlich ist.



University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.–Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

2.4.6 Infrarot-Thermometer

Mit Hilfe von Infrarot-Thermometern ist es ebenfalls möglich, berührungslos die Temperatur zu messen. Sie messen die Oberflächentemperatur. Dadurch können rotierende Equipment z.B. Elektromotore oder spannungsführende Bauteile wie Sammelschienen im Schaltschrank, messtechnisch überwacht werden.



Technische Daten

Sensor: Infrarot

Messbereich: -50°C ... +800°C

Auflösung: $0.1 \,^{\circ}\text{C} \text{ (ab 200 }^{\circ}\text{C / } 1^{\circ}\text{C)}$

Genauigkeit: $\pm 2^{\circ}$ C oder 2%,

der jeweils größere Wert gilt

Reproduzierbarkeit: ±1,0°C oder 1% **Ansprechzeit:** ±0,0°C oder 1% ca. 0,2 Sekunden

Spektrale

Empfindlichkeit: 8...14 μ m
Arbeitstemperatur: 0°C ... +50°C
Lagertemperatur: -20°C ... +50°C
Laser: Klasse 2
Emissionsgrad: 0,01 ... 1,00

Optische Auflösung: 20:1

Batterielebensdauer: typisch 40 Stunden bei Dauerbetrieb

Spannungsversorgung: 1x 9V Blockbatterie **Gehäuse:** Kunststoff, schwarz

Abmessungen: 146 x 104 x 43 mm (L x B x H) **Gewicht:** 300 g (inkl. Verpackung)



University of Applied Siences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.–Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

2.5 Andere Temperaturmessverfahren

2.5.1 Folienthermometer

Mit Hilfe modernster Technologien werden Flüssigkristalle bei bestimmten Temperaturen zum Leuchten gebracht. Sogar die Temperatureinstellungen können vordefiniert werden. Und das in dem Bereich von – 30 bis + 70°C. Die Temperaturen werden als Standard in 2-Grad-Schritten angezeigt. Leuchten zwei Zahlen gleichzeitig (z.B. 24° und 26°C) so liegt die Temperatur exakt dazwischen; also bei 25°C.







Mit drei Farben: Grün = Ist-Temperatur Braun = leicht oberhalb

Blau = leicht unterhalb



University of Applied Siences

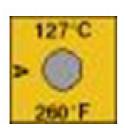
Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	DiplIng. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

2.5.2 Thermofarbe und Temperaturklebepunkte/-messstreifen

Thermofarben (auch Thermolacke, Thermochromlacke genannt), die je nach <u>Temperatur</u> ihre Farbe verändern, werden bei technischen Anwendungen eingesetzt, um über eine einfache optische Kontrolle zur Temperaturänderung zu verfügen. Der zugrundeliegende Effekt ist die <u>Thermochromie</u>.

Ein Anwendungsgebiet findet sich z. B. bei geschraubten Stromschienen, wo die Schraubenköpfe diesen Anstrich erhalten, damit schnell erkannt werden kann, dass sich die Verbindung gelockert hat und Übergangswiderstände entstehen, die einen Temperaturanstieg verursachen. Wichtig ist bei dieser Anwendung, dass damit eine berührungslose Temperaturanzeige möglich ist. Thermofarben dienen auch in der Verfahrenstechnik dazu, um Störungen rasch zu erfassen, bei denen die Temperatur von Anlagenteilen vom Sollwert abweicht.

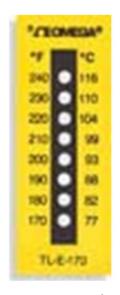
Beispiele der Fa. Omega



1 Messpunkt



oder mit 3 Messpunkten



oder mit 10 Messpunkten

Serie 21



Modell-Nr.	°C	Modell-Nr.	°C	Modell-Nr.	°C	Modell-Nr.	°C
21-100-(*)	38	21-170-(*)	77	21-240-(*)	116	21-325-(*)	163
21-110-(*)	43	21-180-(*)	82	21-250-(*)	121	21-350-(*)	177
21-120-(*)	49	21-190-(*)	88	21-260-(*)	127	21-375-(*)	191
21-130-(*)	55	21-200-(*)	93	21-270-(*)	132	21-400-(*)	204
21-140-(*)	60	21-210-(*)	99	21-280-(*)	138	21-500-(*)	260
21-150-(*)	68	21-221-(*)	104	21-290-(*)	143		
21-160-(*)	71	21-230-(*)	110	21-300-(*)	149		



University of Applied Siences

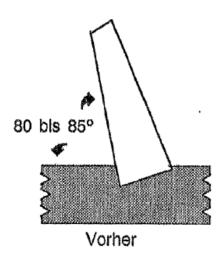
Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.–Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Temperaturmesstechnik	14.März 2018

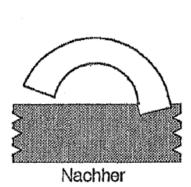
2.5.3 Segerkegel



Segerkegel (Einheitszeichen SK) sind Prüfkörper zur Bestimmung der Feuerfestigkeit Sie sind nach dem Herman August Seger (1839–1893) benannt, der sie 1885 für seine Untersuchungen zur Feuerfestigkeit verschiedener Materialien entwickelte. Die Normkegel aus dem zu prüfenden Material sind etwa 5 cm hoch und leicht angeschrägt. Der Kegel wird in einem Ofen langsam erhitzt. Wenn die Kegelspitze vollständig umgekippt ist und den Boden berührt, ist die Kegelfalltemperatur bestimmt. Anhand der Referenzliste wird der Segerkegel abgelesen.

Die Temperaturbereiche für Schmelzkörper liegen bei ca. 600 – 2000 GradC.





Neben diesen Formen gibt es auch Pulver, Tabletten oder Stifte die bei erreichen ihrer Solltemperatur nieder schmelzen.