

Kalibrierung eines Typ N Thermopaars bei 1000 °C Ofentemperatur

Autor: DKD

Dieses Beispiel wurde der DKD-3-E1 entnommen (siehe unter S5).

Ein Typ N Thermopaar wird durch Vergleich mit zwei Typ R Referenzthermopaaren in einem horizontalen Ofen bei einer Temperatur von 1000 °C kalibriert. Die Temperatur der Messstelle (heiße Lötstelle) des zu kalibrierenden Thermopaars ist als Mittel der Temperaturen der heißen Lötstelle des Referenzthermopaars gegeben.

Modellgleichung:

$$t_x = t_s + \delta t_s + C_s \times (\delta V_{iS1} + \delta V_{iS2} + \delta V_R) - C_s / C_{S0} \times \delta t_{0S} + \delta t_D + \delta t_F$$

Liste der Größen:

Größe	Einheit	Definition
t_x	°C	Die Temperatur der Messstelle des zu kalibrierenden Thermopaars
t_s	°C	Temperatur des Referenzthermometers in Abhängigkeit von der Spannung, wenn die Vergleichsstelle bei 0 °C liegt. Die Funktion ist im Kalibrierschein angegeben.
δt_s	°C	Temperaturkorrektur des Referenzthermopaars aufgrund ihrer Kalibrierung
C_{S0}	°C/µV	Spannungsempfindlichkeiten der Thermopaare bei der Vergleichstemperatur von 0 °C
C_s	°C/µV	Spannungsempfindlichkeiten der Thermopaare bei der Meßtemperatur von 1000 °C
δV_{iS1}	µV	Spannungskorrekturen aufgrund der Kalibrierung des Voltmeters
δV_{iS2}	µV	Spannungskorrekturen aufgrund der begrenzten Auflösung des Voltmeters
δV_R	µV	Spannungskorrektur aufgrund von Kontakteffekten des Umschalters
δt_{0S}	°C	Temperaturkorrekturen aufgrund der Abweichung der Vergleichstemperaturen von 0 °C
δt_D	°C	Änderung der Werte der Referenzthermometer seit ihrer letzten Kalibrierung aufgrund von Driften
δt_F	°C	Temperaturkorrektur aufgrund von Inhomogenitäten der Ofentemperatur

t_s :

Typ A

Methode der Beobachtung: Direkt

Anzahl der Beobachtungen: 1

Nr.	Beobachtung
1	1000.5 °C

Arithmetischer Mittelwert: 1000.5000 °C

Schätzwert für die Standardabweichung: 0.10 °C

Freiheitsgrad des Schätzwerts: 9

Standardmessunsicherheit: 0.1000 °C

BEOBACHTUNGEN: Die vom Voltmeter angezeigten Spannungen werden vorher aufgezeichnet, bei dem die Effekte der Temperaturdrift in der Wärmequelle und der Thermospannungen im Messkreis vermindert werden (siehe DKD-3-E1: S5.15). Die Beobachtungen werden zu nur einer Beobachtung zusammengefasst, die die Temperatur des Ofens am Ort des zu kalibrierenden Thermopaars angibt. In analoger Weise wird eine Beobachtung der Spannung des zu kalibrierenden Thermopaars ermittelt. Zur Ermittlung der diesen Beobachtungen beizuordnenden Standardmessunsicherheit wurde in einer früheren Messung eine aus zehn Beobachtungen bestehende Messreihe bei der gleichen Betriebstemperatur gewonnen. Sie ergab eine zusammengefasste Abschätzung der

Standardabweichung für die Temperatur des Ofens und die Spannung des zu kalibrierenden Thermopaars.

δt_S : Typ B Normalverteilung
Wert: 0.0 °C
Erweiterte Messunsicherheit: 0.3 °C
Erweiterungsfaktor: 2

REFERENZNORMALE: Die Referenzthermopaare werden mit Kalibrierscheinen geliefert, in denen die Temperatur an der Messstelle bei einer Temperatur der Vergleichsstelle von 0 °C in Abhängigkeit von der Spannung an ihren Zuleitungen gegeben ist. Die zugeordnete erweiterte Messunsicherheit bei 1000 °C beträgt $U = 0,3$ K (Erweiterungsfaktor $k=2$).

C_{S0} : Konstante
Wert: 0.189 °C/ μ V

C_S : Konstante
Wert: 0.077 °C/ μ V

SPANNUNGSEMPFINDLICHKEITEN: Die Spannungsempfindlichkeiten der Thermopaare sind Referenztabelle entnommen.

δV_{IS1} : Typ B Normalverteilung
Wert: 0.0 μ V
Erweiterte Messunsicherheit: 2.0 μ V
Erweiterungsfaktor: 2.0

KALIBRIERUNG DES VOLTMETERS: Das Voltmeter ist kalibriert. Alle abgelesenen Spannungen sind entsprechend korrigiert. Der Kalibrierschein gibt für Spannungen kleiner als 50 mV eine konstante erweiterte Messunsicherheit von $U = 2,0$ μ V an (Erweiterungsfaktor $k=2$).

δV_{IS2} : Typ B Rechteckverteilung
Wert: 0.0 μ V
Halbbreite der Grenzen: 0.5 μ V

AUFLÖSUNG DES VOLTMETERS: Ein 4½-stelliger Mikrospannungsmesser ist in seinem 10 mV-Bereich benutzt worden, d.h. die Auflösungsgrenzen der Anzeige betragen $\pm 0,5$ μ V.

δV_R : Typ B Rechteckverteilung
Wert: 0.0 μ V
Halbbreite der Grenzen: 2.0 μ V

STÖRSPANNUNGEN: Restoffsetspannungen, die auf Kontaktspannungen des Umschalters zurückzuführen sind, liegen innerhalb ± 2 μ V.

δt_{OS} : Typ B Rechteckverteilung
Wert: 0.0 °C
Halbbreite der Grenzen: 0.1 °C

VERGLEICHSTEMPERATUREN: Die Temperatur der Vergleichspunkte der einzelnen Thermopaare betragen 0 °C mit maximalen Abweichungen von $\pm 0,1$ K.

δt_D : Typ B Rechteckverteilung
Wert: 0.0 °C
Halbbreite der Grenzen: 0.3 °C

DRIFT DER REFERENZNORMALE: Aus früheren Kalibrierungen werden die Driften der Referenznormale auf Null mit den Grenzen von $\pm 0,3$ K abgeschätzt.

δt_F : Typ B Rechteckverteilung
Wert: 0.0 °C
Halbbreite der Grenzen: 1 °C

TEMPERATURINHOMOGENITÄTEN: Die Temperaturgradienten im Ofen sind gemessen worden. Bei 1000 °C liegen die Abweichungen aufgrund der Inhomogenitäten der Temperatur im Messbereich in den Grenzen von ± 1 K.

Messunsicherheits-Budgets:

t_X : Die Temperatur der Messstelle des zu kalibrierenden Thermopaars

Größe	Wert	Std.-Mess-unsicherheit	Verteilung	Sensitivitätskoeffizient	Unsicherheitsbeitrag	Index
t_S	1000.5000 °C	0.1000 °C	Normal	1.0	0.10 °C	2.4 %
δt_S	0.0 °C	0.1500 °C	Normal	1.0	0.15 °C	5.5 %
C_{S0}	0.189 °C/ μ V					
C_S	0.077 °C/ μ V					
δV_{IS1}	0.0 μ V	1.000 μ V	Normal	0.077	0.077 °C	1.4 %
δV_{IS2}	0.0 μ V	0.2887 μ V	Rechteck	0.077	0.022 °C	0.1 %
δV_R	0.0 μ V	1.155 μ V	Rechteck	0.077	0.089 °C	1.9 %
δt_{0S}	0.0 °C	0.05774 °C	Rechteck	-0.41	-0.024 °C	0.1 %
δt_D	0.0 °C	0.1732 °C	Rechteck	1.0	0.17 °C	7.3 %
δt_F	0.0 °C	0.5774 °C	Rechteck	1.0	0.58 °C	81.2 %
t_X	1000.5000 °C	0.6409 °C				

Ergebnisse:

Größe	Wert	Erw.-Mess-unsicherheit	Erweiterungsfaktor	Überdeckungswahrscheinlichkeit
t_X	1000.5 °C	1.3 °C	2.00	95% (t-Tabelle 95.45%)