

Kalibrierung eines Typ N Thermopaars bei 1000 °C

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 von den Thermopaaren erzeugte EMK wird mit einem Digitalvoltmeter über einen Wahl-/Umschalter gemessen. Alle Thermopaare haben ihre Vergleichsstellen bei 0 °C. Das zu kalibrierende Thermopaar ist über Ausgleichsleitungen mit dem Vergleichspunkt verbunden.

Modellgleichung:

$$V_X = V_{iX} + \delta V_{iX1} + \delta V_{iX2} + \delta V_R + \delta V_{LX} + \delta t_X / C_X - \delta t_{0X} / C_{X0};$$

$$\delta t_X = t_X - t_0;$$

Liste der Größen:

Größe	Einheit	Definition
V_X	μV	Spannung des zu kalibrierenden Thermopaars
V_{iX}	μV	angezeigte Spannungswerte
δV_{iX1}	μV	Spannungskorrekturen aufgrund der Kalibrierung des Voltmeters
δV_{iX2}	μV	Spannungskorrekturen aufgrund der begrenzten Auflösung des Voltmeters
δV_R	μV	Spannungskorrektur aufgrund von Kontakteffekten des Umschalters
δV_{LX}	μV	Spannungskorrektur aufgrund der Ausgleichsleitungen
δt_X	$^{\circ}\text{C}$	Abweichung der Temperatur des Kalibrierpunktes von der Temperatur des Ofens
C_{X0}	$^{\circ}\text{C}/\mu\text{V}$	Spannungsempfindlichkeiten der Thermopaare bei der Vergleichstemperatur von 0 °C
C_X	$^{\circ}\text{C}/\mu\text{V}$	Spannungsempfindlichkeiten der Thermopaare bei der Messtemperatur von 1000 °C
δt_{0X}	$^{\circ}\text{C}$	Temperaturkorrekturen aufgrund der Abweichung der Vergleichstemperaturen von 0 °C
t_X	$^{\circ}\text{C}$	Temperatur des Ofens
t_0	$^{\circ}\text{C}$	nominale Temperatur des Kalibrierpunktes

V_{iX} :

Typ A

Methode der Beobachtung: Direkt

Anzahl der Beobachtungen: 1

Nr.	Beobachtung
1	36248 μV

Arithmetischer Mittelwert: 36248.000 μV

Schätzwert für die Standardabweichung: 1.6 μV

Freiheitsgrad des Schätzwerts: 9

Standardmessunsicherheit: 1.600 μV

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.

δV_{ix1} : Typ B Normalverteilung
Wert: 0.0 μV
Erweiterte Messunsicherheit: 2 μV
Erweiterungsfaktor: 2

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 $U = 2,0 \mu V$ an (Erweiterungsfaktor $k=2$).

δV_{ix2} : Typ B Rechteckverteilung
Wert: 0.0 μV
Halbbreite der Grenzen: 0.5 μV

AUFLÖSUNG DES VOLTMETERS: Ein $4\frac{1}{2}$ -stelliger Mikrospannungsmesser ist in seinem 10 mV-Bereich benutzt worden, d.h. die Auflösungsgrenzen der Anzeige betragen $\pm 0,5 \mu V$.

δV_R : Typ B Rechteckverteilung
Wert: 0.0 μV
Halbbreite der Grenzen: 2.0 μV

STÖRSPANNUNGEN: Restoffsetspannungen, die auf Kontaktspannungen des Umschalters zurückzuführen sind, liegen innerhalb $\pm 2 \mu V$.

δV_{LX} : Typ B Rechteckverteilung
Wert: 0.0 μV
Halbbreite der Grenzen: 5 μV

AUSGLEICHSLEITUNGEN: Die Ausgleichsleitungen sind in dem Bereich 0 °C bis 40 °C untersucht worden. Aus diesen Messungen werden die Spannungsdifferenzen zwischen den Leitungen und dem Thermopaar auf innerhalb von $\pm 5 \mu V$ geschätzt.

δt_x : Zwischenergebnis

KORREKTION DES KALIBRIERPUNKTES: Abweichung der Temperatur des Kalibrierpunktes von der Temperatur des Ofens.

C_{x0} : Konstante
Wert: 0.039 °C/ μV

C_x : Konstante
Wert: 0.026 °C/ μV

SPANNUNGSEMPFINDLICHKEITEN: Die Spannungsempfindlichkeiten der Thermopaare sind Referenztabellen entnommen.

δt_{0x} : 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 $\pm 0,1 K$.

t_x : Typ B Normalverteilung
Wert: 1000.5 °C
Erweiterte Messunsicherheit: 0.641 °C
Erweiterungsfaktor: 1.0

TEMPERATUR DES OFENS: Die Temperatur des Ofens wird in einem zweiten Budget evaluiert.

t_0 : Konstante
Wert: 1000.0 °C

KALIBRIERPUNKT: Die nominale Temperatur des Kalibrierpunktes beträgt 1000.0 °C.

Zwischenergebnisse:

Größe	Wert	Std.-Mess-unsicherheit
δt_x	0.5000 °C	0.6410 °C

Messunsicherheits-Budgets:

V_x : Spannung des zu kalibrierenden Thermopaars

Größe	Wert	Std.-Mess-unsicherheit	Verteilung	Sensitivitätskoeffizient	Unsicherheitsbeitrag	Index
V_{ix}	36248.000 μ V	1.600 μ V	Normal	1.0	1.6 μ V	0.4 %
δV_{ix1}	0.0 μ V	1.000 μ V	Normal	1.0	1.0 μ V	0.2 %
δV_{ix2}	0.0 μ V	0.2887 μ V	Rechteck	1.0	0.29 μ V	0.0 %
δV_R	0.0 μ V	1.155 μ V	Rechteck	1.0	1.2 μ V	0.2 %
δV_{LX}	0.0 μ V	2.887 μ V	Rechteck	1.0	2.9 μ V	1.3 %
δt_x	0.5000 °C	0.6410 °C				
C_{x0}	0.039 °C/ μ V					
C_x	0.026 °C/ μ V					
δt_{0x}	0.0 °C	0.05774 °C	Rechteck	-26	-1.5 μ V	0.4 %
t_x	1000.5000 °C	0.6410 °C	Normal	38	25 μ V	97.5 %
t_0	1000.0 °C					
V_x	36267.23 μ V	24.97 μ V				

Ergebnisse:

Größe	Wert	Erw.-Mess-unsicherheit	Erweiterungsfaktor	Überdeckungswahrscheinlichkeit
V_x	36267 μ V	50 μ V	2.00	95% (t-Tabelle 95.45%)