

QS 1/14

Kalibrierung der Temperatursensoren von FM3 und CE3

Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Labor für Vakuummetrologie – AG 7.54

20. Januar 2014

Gegenstand:	Temperatúrauslesegerät mit 10 Pt100 Sensoren
Hersteller:	Agilent/ LKM
Typ:	34970A
Seriennummer:	MY44042868
Inventarnr.:	200036656
Prüfmittelnummer:	7.5-4024
DBSign:	4833
Datum der Kalibrierung:	16.01.2014 bis 19.01.2014

Die Kalibrierung der Temperatursensoren von FM3/CE3 fand nach Ablauf der Rekalibrierfrist statt. Das Temperaturnormal des Labors (Typ: F250, SN:1249027214, KS58PTB12) wurde 4/2012 mit Hilfe der Fixpunkte von H₂O und GaAs kalibriert.

Ablauf

Die Kalibrierung fand vom 16. bis 19. Januar im klimatisierten Raum FOE024 (Standort von CE3 und FM3) statt.

Zusammen mit dem Messfühler des Temperaturnormals waren die zu kalibrierenden Temperaturfühler in den üblich benutzten Aluminium-Block eingelassen und von einem Kunststoffgehäuse umgeben.

Am Temperaturnormal waren die bei der letzten Kalibrierung ermittelten Parameter eingegeben, so dass hier die "wahre" Temperatur angezeigt wurde. Der

Kanal A des FS250 wurde mit Hilfe eines auf `yamp`¹ basierenden Messprogramms² ausgelesen.

Die Erfassung der Anzeige der Agilent Kanäle erfolgte ebenfalls mittels `yamp`. Es wurden Messwerte im Abstand von 5min aufgenommen.

In den Rohdaten, zugänglich unter http://a73434.berlin.ptb.de:5984/vacrab_db/7b797897f2572b681bb41c4a7b0d4fc6 (Standard: F250, Sign: 4833_0001, Year: 2014, Type IK oder id 7b797897f2572b681bb41c4a7b0d4fc6) stehen die Anzeigen der Kanäle 101, 102, 104, ..., 110 (nachfolgend abgekürzt mit $T_{1,2,4,...,11}$ bzw. T_i) mit dem Prefix `agilentCh`. Ein Messpunkt im Kalibrierdokument stellt den Mittelwert aus 10 Einzelmessungen und der daraus gebildeten Standardabweichung der Einzelwerte dar. F250 gibt den vom Temperaturnormal angezeigten Wert (zitiert als T_{PTB}) wieder.

Der Temperaturbereich der Kalibrierung umfasst Werte zwischen 23,12 °C und 23,18 °C.

Auswertung

Zur Auswertung bzw. zur Ermittlung der Sensorkorrekturen k_i wurde der arithmetische Mittelwert der Differenzen $T_{PTB} - T_i$ gebildet. k_i muss zur Korrektur eines Anzeigewertes addiert werden.

Implementiert ist dies in der Funktion `ce3.calTsensKorr.R` (s. <http://a73435.berlin.ptb.de/thomas.bock/r4v1/blob/master/cal/ce3.calTsensKorr.R>)

$$T_{korrr,i} = T_i + k_i \rightarrow T_i + \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (T_{PTB} - T_i)_j \rightarrow T_{PTB} \quad (1)$$

bezieht sich so direkt auf die Temperatur des Normal, wobei $j = 1 \dots N$, und N die Anzahl der bei der Kalibrierung gewonnenen Messpunkte pro Kanal sein soll.

Dieses Verfahren scheint gerechtfertigt, da die am AI-Block auftretenden Gradienten (die Sensoren waren sämtlich in Bohrungen eingelassen) im Rahmen der experimentellen Streuung vernachlässigbar sind.

Anhang 1 fasst die Korrekturen und die Standardabweichung der Einzelwerte zusammen. Vom Zeitpunkt der Berechnung der Korrekturen und der damit verbundenen Erzeugung des Results-Abschnittes im oben genannten Kalibrierdokument werden die Änderungen wirksam. Überprüft wurde dies durch Anlegen und "Auffrischen" (s. http://a73434.berlin.ptb.de/mediawiki/index.php/Glossar#update_prozess) eines Testdokuments.

Unsicherheit der Kalibrierung

Folgende Unsicherheiten sind beim vorliegenden Kalibrierverfahren zu berücksichtigen:

¹<http://a73435.berlin.ptb.de/thomas.bock/yamp/tree/master>

²http://localhost:5984/vacrab_db/_design/yamp/_show/go/fm3-ce3-t-sensor_calibration

u_1 Unsicherheit des Temperaturnormals: $u_1 = 0,005 \text{ K}$ (KS-Angabe ist 10mK)

u_2 Digitalisierung: $u_2 = 2,9 \times 10^{-5} \text{ K}$

u_3 Unsicherheit durch Temperaturgradienten über dem AI-Block: $u_3 = 0,05 \text{ K}$

u_4 Temperaturabhängigkeit der Korrektur: $u_4 = 0,01 \text{ K}$

u_5 Langzeitstabilität auf Grundlage der Differenzen aus den letzten Kalibrierung wird $u_5 = 0,01 \text{ K}$ pro Jahr abgeschätzt (s. Diagramm 1)

u_6 experimentelle Streuung abgeschätzt aus obiger Messung mit $u_6 = 0,02 \text{ K}$

Die Gesamtunsicherheit der Kalibrierung der Sensoren ergibt sich durch quadratische Addition der Einzelbeiträge:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2 + u_6^2} \quad (2)$$

Man erhält eine Gesamtunsicherheit von $U(k=2) = 0.03 \text{ K}$

Rekalibrierung

Aufgrund der geringen Änderung der Korrekturen in den letzten Jahren soll das Messsystem nunmehr nach 24 Monaten rekaliert werden.

Thomas Bock
Labor für Vakuummetrologie
AG: 7.54

Listing 1: Result-Ausschnittabschnitt
aus Kalibrierdokument
5c9f2659545fe56374723402d20038fb

```
{
  "Type": "agilentCorrCh101",
  "Unit": "K",
  "Value": 0.2849524,
  "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr mean(T_ptb_j -
    T_chi_j) mit T_chi: agilentCh101"
},
{
  "Type": "agilentSdCorrCh101",
  "Unit": "K",
  "Value": 0.0180336,
  "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr sd(T_ptb_j -
    T_chi_j) mit T_chi: agilentCh101"
},
{
  "Type": "agilentCorrCh102",
  "Unit": "K",
```

```
    "Value": 0.3216595,
    "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr mean(T_ptb_j -
      T_chi_j) mit T_chi: agilentCh102"
  },
  {
    "Type": "agilentSdCorrCh102",
    "Unit": "K",
    "Value": 0.01977433,
    "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr sd(T_ptb_j -
      T_chi_j) mit T_chi: agilentCh102"
  },
  {
    "Type": "agilentCorrCh103",
    "Unit": "K",
    "Value": 0.2979458,
    "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr mean(T_ptb_j -
      T_chi_j) mit T_chi: agilentCh103"
  },
  {
    "Type": "agilentSdCorrCh103",
    "Unit": "K",
    "Value": 0.01860788,
    "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr sd(T_ptb_j -
```

```

T_chi_j) mit T_chi: agilentCh103"
},
{
  "Type": "agilentCorrCh104",
  "Unit": "K",
  "Value": 0.3000083,
  "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr mean(T_ptb_j -
T_chi_j) mit T_chi: agilentCh104"
},
{
  "Type": "agilentSdCorrCh104",
  "Unit": "K",
  "Value": 0.01687157,
  "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr sd(T_ptb_j -
T_chi_j) mit T_chi: agilentCh104"
},
{
  "Type": "agilentCorrCh105",
  "Unit": "K",
  "Value": 0.317832,
  "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr mean(T_ptb_j -
T_chi_j) mit T_chi: agilentCh105"
},
{
  "Type": "agilentSdCorrCh105",
  "Unit": "K",
  "Value": 0.01672041,
  "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr sd(T_ptb_j -
T_chi_j) mit T_chi: agilentCh105"
},
{
  "Type": "agilentCorrCh106",
  "Unit": "K",
  "Value": 0.322959,
  "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr mean(T_ptb_j -
T_chi_j) mit T_chi: agilentCh106"
},
{
  "Type": "agilentSdCorrCh106",
  "Unit": "K",
  "Value": 0.01932629,
  "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr sd(T_ptb_j -
T_chi_j) mit T_chi: agilentCh106"
},
{
  "Type": "agilentCorrCh107",
  "Unit": "K",
  "Value": 0.3088723,
  "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr mean(T_ptb_j -
T_chi_j) mit T_chi: agilentCh107"
},
{
  "Type": "agilentSdCorrCh107",
  "Unit": "K",
  "Value": 0.01947971,
  "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr sd(T_ptb_j -
T_chi_j) mit T_chi: agilentCh107"
},
{
  "Type": "agilentCorrCh108",
  "Unit": "K",
  "Value": 0.3206472,
  "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr mean(T_ptb_j -
T_chi_j) mit T_chi: agilentCh108"
},
{
  "Type": "agilentSdCorrCh108",
  "Unit": "K",
  "Value": 0.01706121,
  "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr sd(T_ptb_j -
T_chi_j) mit T_chi: agilentCh108"
},
{
  "Type": "agilentCorrCh109",
  "Unit": "K",
  "Value": 0.3210187,
  "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr mean(T_ptb_j -
T_chi_j) mit T_chi: agilentCh109"
},
{
  "Type": "agilentSdCorrCh109",
  "Unit": "K",
  "Value": 0.01804726,
  "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr sd(T_ptb_j -
T_chi_j) mit T_chi: agilentCh109"
},
{
  "Type": "agilentCorrCh110",
  "Unit": "K",
  "Value": 0.3134623,
  "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr mean(T_ptb_j -
T_chi_j) mit T_chi: agilentCh110"
},
{
  "Type": "agilentSdCorrCh110",
  "Unit": "K",
  "Value": 0.02100138,
  "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr sd(T_ptb_j -
T_chi_j) mit T_chi: agilentCh110"
}
}

```

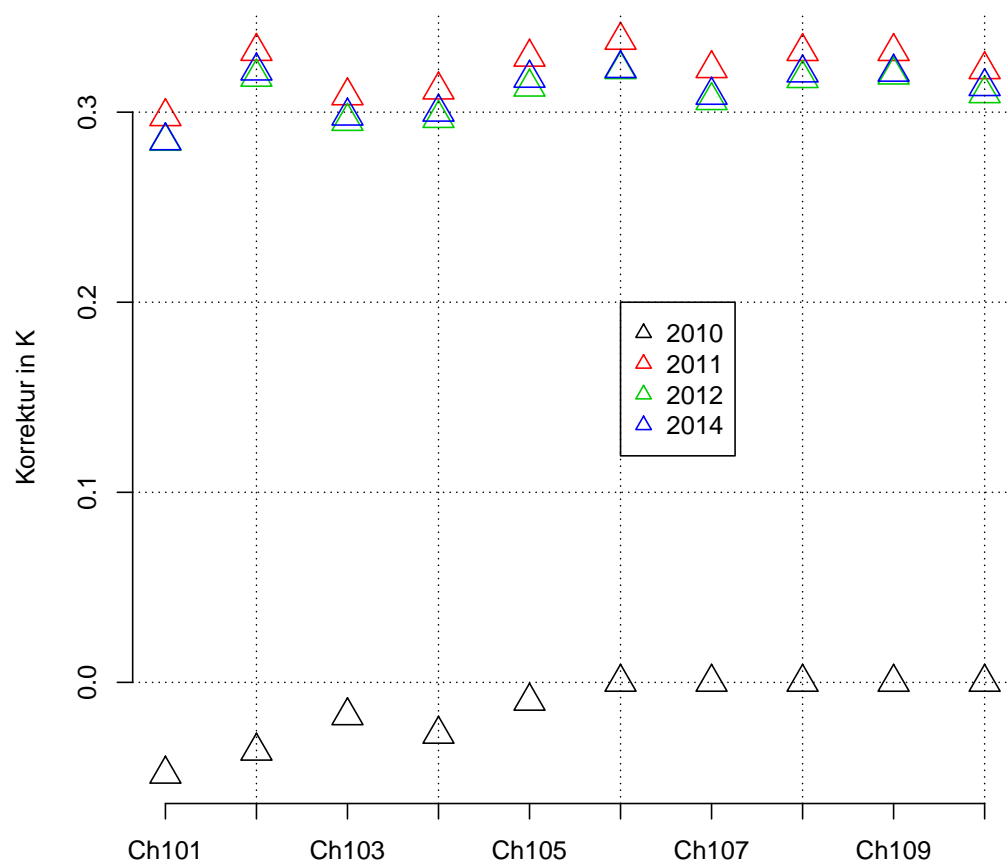


Abbildung 1: Werte der Korrekturen der letzten Jahre