

# QS 15/11

## Kalibrierung der Temperatursensoren von FM3 und CE3

Physikalisch-Technische Bundesanstalt  
Labor für Vakuummetrologie – AG 7.54

3. November 2011

Gegenstand:           Temperatúrauslesegerät  
mit 10 Pt100 Sensoren

Hersteller:           Agilent/ LKM

Typ:                   34970A

Seriennummer:       MY44042868

Inventarnr.:         200036656

Prüfmittelnummer:   7.5-4024

DBSign:              4833

Datum der Kalibrierung: 07.10.2011 bis 10.10.2011

Im Rahmen der Überprüfung der Rechnungen zu  $p_{cal}$  an CE3 und des damit verbundenen bilateralen Vergleichs mit dem NIST fielen Unstimmigkeiten bei der Temperaturmessung auf. Das bisher an CE3/FM3 benutzte PP2 wird nicht mehr zur Berechnung des  $p_{cal}$  benutzt; es wird durch das oben beschriebene Prüfmittel ersetzt (s. dazu auch [http://a73434.berlin.ptb.de/mediawiki/index.php5/Temperaturmessung\\_an\\_CE3/FM3](http://a73434.berlin.ptb.de/mediawiki/index.php5/Temperaturmessung_an_CE3/FM3))

Das Temperaturnormal des Labors (Typ: F250, SN:1249027214, KS27PTB10) wurde 3/2010 mit Hilfe der Fixpunkte von H<sub>2</sub>O und GaAs kalibriert.

## Ablauf

Die Kalibrierung fand vom 7. bis 10. Oktober 2011 im klimatisierten Raum FOE024 (Standort von CE3 und FM3) statt.

Zusammen mit dem Messfühler des Temperaturnormals waren die zu kalibrierenden Temperaturfühler an einem Aluminium-Block angebracht 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 mmp-Programms ausgelesen.

Die Erfassung der Anzeige der Agilent Kanäle erfolgte ebenfalls mittels mmp. Es wurden Messwerte im Abstand von 15min aufgenommen.

In den Rohdaten, zugänglich unter [http://a73434.berlin.ptb.de:5984/vac1ab\\_db/...044cc9](http://a73434.berlin.ptb.de:5984/vac1ab_db/...044cc9) (Standard: F250, Sign: 4833\_0001, Year: 2011, Type IK) 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 5 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 23.1 °C und 23,8 °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.

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

bezieht sich so direkt auf die Temperatur des Normals, 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 Al-Block auftretenden Gradienten und Unterschiede in der Wärmeableitung (die Sensoren von CE3 waren angeschraubt, die von FM3 wie das Temperaturnormal in Bohrungen eingelassen) im Rahmen der experimentellen Streuung vernachlässigbar sind.

Anhang 1 fasst die Korrekturen und die Standardabweichung der Einzelwerte zusammen. Vom Zeitpunkt der Berechnen der Korrekturen und der damit verbundenen Erzeugung des Results-Abschnittes im Kalibrierdokument werden die Änderungen wirksam.

## Unsicherheit der Kalibrierung

Folgende Unsicherheiten sind beim vorliegenden Kalibrierverfahren zu berücksichtigen:

$u_1$  Unsicherheit des Temperaturnormals von 0,005 K (KS-Angabe ist 10mK)

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

$u_3$  Unsicherheit durch Temperaturgradienten über dem AI-Block; abgeschätzt aus den oben beschriebenen Messungen unter der Annahme  $u_3 = 0,02$  K

$u_4$  Temperaturabhängigkeit der Korrektur wie als in  $u_3$  enthalten angesehen:  
 $u_4 = 0$

$u_5$  Langzeitstabilität; auf Grundlage der in Tabelle angegebenen Differenzen wird  $u_5 = 0,2$  K pro Jahr abgeschätzt.

$u_6$  experimentelle Streuung abgeschätzt aus obiger Messung mit  $u_6 = 0,08$  K

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

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

## Rekalibrierung

Das Messsystem sollte spätestens nach 12 Monaten rekalibriert werden.

*Thomas Bock*  
Labor für Vakuummetrologie  
AG: 7.54

```

1  "Result": {
2    "Date": {
3      "Type": "generated",
4      "Value": "2011-10-11"
5    },
6    "Values": {
7      "Temperature": [
8        {
9          "Type": "agilentCorrCh101",
10         "Unit": "K",
11         "Value": 0.29764,
12         "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr mean(T_ptb_j -
13           T_chi_j) mit T_chi: agilentCh101"
14       },
15       {
16         "Type": "agilentSdCorrCh101",

```

```

16         "Unit": "K",
17         "Value": 0.020284,
18         "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr sd(T_ptb_j -
                      T_chi_j) mit T_chi: agilentCh101"
19     },
20     {
21         "Type": "agilentCorrCh102",
22         "Unit": "K",
23         "Value": 0.33195,
24         "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr mean(T_ptb_j -
                      T_chi_j) mit T_chi: agilentCh102"
25     },
26     {
27         "Type": "agilentSdCorrCh102",
28         "Unit": "K",
29         "Value": 0.022541,
30         "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr sd(T_ptb_j -
                      T_chi_j) mit T_chi: agilentCh102"
31     },
32     {
33         "Type": "agilentCorrCh103",
34         "Unit": "K",
35         "Value": 0.30861,
36         "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr mean(T_ptb_j -
                      T_chi_j) mit T_chi: agilentCh103"
37     },
38     {
39         "Type": "agilentSdCorrCh103",
40         "Unit": "K",
41         "Value": 0.023118,
42         "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr sd(T_ptb_j -
                      T_chi_j) mit T_chi: agilentCh103"
43     },
44     {
45         "Type": "agilentCorrCh104",
46         "Unit": "K",
47         "Value": 0.31168,
48         "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr mean(T_ptb_j -
                      T_chi_j) mit T_chi: agilentCh104"
49     },
50     {
51         "Type": "agilentSdCorrCh104",
52         "Unit": "K",
53         "Value": 0.023369,
54         "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr sd(T_ptb_j -
                      T_chi_j) mit T_chi: agilentCh104"
55     },
56     {
57         "Type": "agilentCorrCh105",
58         "Unit": "K",

```

```

59         "Value": 0.32892,
60         "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr mean(T_ptb_j -
        T_chi_j) mit T_chi: agilentCh105"
61     },
62     {
63         "Type": "agilentSdCorrCh105",
64         "Unit": "K",
65         "Value": 0.022765,
66         "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr sd(T_ptb_j -
        T_chi_j) mit T_chi: agilentCh105"
67     },
68     {
69         "Type": "agilentCorrCh106",
70         "Unit": "K",
71         "Value": 0.33781,
72         "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr mean(T_ptb_j -
        T_chi_j) mit T_chi: agilentCh106"
73     },
74     {
75         "Type": "agilentSdCorrCh106",
76         "Unit": "K",
77         "Value": 0.022384,
78         "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr sd(T_ptb_j -
        T_chi_j) mit T_chi: agilentCh106"
79     },
80     {
81         "Type": "agilentCorrCh107",
82         "Unit": "K",
83         "Value": 0.3229,
84         "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr mean(T_ptb_j -
        T_chi_j) mit T_chi: agilentCh107"
85     },
86     {
87         "Type": "agilentSdCorrCh107",
88         "Unit": "K",
89         "Value": 0.022141,
90         "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr sd(T_ptb_j -
        T_chi_j) mit T_chi: agilentCh107"
91     },
92     {
93         "Type": "agilentCorrCh108",
94         "Unit": "K",
95         "Value": 0.33188,
96         "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr mean(T_ptb_j -
        T_chi_j) mit T_chi: agilentCh108"
97     },
98     {
99         "Type": "agilentSdCorrCh108",
100        "Unit": "K",
101        "Value": 0.02382,

```

```
102         "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr sd(T_ptb_j -  
103             T_chi_j) mit T_chi: agilentCh108"  
104     },  
105     {  
106         "Type": "agilentCorrCh109",  
107         "Unit": "K",  
108         "Value": 0.3319,  
109         "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr mean(T_ptb_j -  
110             T_chi_j) mit T_chi: agilentCh109"  
111     },  
112     {  
113         "Type": "agilentSdCorrCh109",  
114         "Unit": "K",  
115         "Value": 0.022521,  
116         "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr sd(T_ptb_j -  
117             T_chi_j) mit T_chi: agilentCh109"  
118     },  
119     {  
120         "Type": "agilentCorrCh110",  
121         "Unit": "K",  
122         "Value": 0.32236,  
123         "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr mean(T_ptb_j -  
124             T_chi_j) mit T_chi: agilentCh110"  
125     },  
126     {  
127         "Type": "agilentSdCorrCh110",  
128         "Unit": "K",  
129         "Value": 0.023623,  
130         "Comment": "calculated by ce3.calTsensKorr sd(T_ptb_j -  
            T_chi_j) mit T_chi: agilentCh110"  
    }  
]  
}
```

Listing 1: Result-Ausschnittabschnitt aus Kalibrierdokument ...4cc9.