

QS 6/12

Kalibrierung der Temperatursensoren von SE1

Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Labor für Vakuummetrologie – AG 7.54

29. November 2012

Gegenstand:	Temperatúrauslesegerät mit 10 Pt100 Sensoren
Hersteller:	Keithley/ LKM
Typ:	2700
Seriennummer:	1192465
Inventarnr.:	200031278
Prüfmittelnummer:	7.5-4027
DBSign:	4027_0001
Datum der Kalibrierung:	22.11.2012 bis 23.11.2012

Die Kalibrierung der Temperatursensoren von SE1 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 22. bis 23. November 2012 im klimatisierten Raum FOE024 (Standort von SE1) 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 von `yamp` ausgelesen (s. <http://a73434.berlin.ptb.de:8080/gitblit/summary/yamp.git>). Da diese Auslese in einigen Fällen fehlerhaft war¹ wurden die Werte nachträglich noch aussortiert (s. <http://a73434.berlin.ptb.de:8080/gitblit/summary/map.git> hier insbesondere die Funktion `se1.calTsensKorr.R`

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

Da sich sowohl das Temperaturnormal als auch der Aluminiumblock, aufgrund der vorangegangenen Kalibrierung der CE3/FM3-Temperatursensoren, bereits in FOE 24 befanden, war eine Einlaufzeit von 2h ausreichend.

In den Rohdaten, zugänglich unter http://a73434.berlin.ptb.de:5984/vac1ab_db/19f2fa50f21bca7593b14b80a10445d3 (Standard: F250, Sign: 4827_0001, Year: 2012, 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 `keithleyCh`. Ein Messpunkt im Kalibrierdokument stellt den Mittelwert aus 10 Einzelmessungen² 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 23,3 °C und 23,6 °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 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 Al-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 Berechnen der Korrekturen und der damit verbundenen Erzeugung des Results-Abschnittes im 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).

¹Anstelle 23,099 wurde z.B. 23 oder 99 oder 2 ausgelesen.

²s. hierzu Task PT100_an_Keithley_SE1_temperature_init" des entsprechenden Kalibrirobjekts

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 Al-Block; abgeschätzt aus den oben beschriebenen Messungen unter der Annahme $u_3 = 0$ K

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

u_5 Langzeitstabilität; auf Grundlage der Differenzen aus der dies- und letztjährigen Kalibrierung wird vorsichtig $u_5 = 0,1$ K pro Jahr abgeschätzt.

u_6 experimentelle Streuung abgeschätzt aus der Messung mit $u_6 = 0,02$ 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 $U(k=2) = 0,2$ K

Rekalibrierung

Das Messsystem sollte spätestens nach 12 Monaten rekalibriert werden.

Thomas Bock
Labor für Vakuummetrologie
AG: 7.54

```

1  "Result": {
2    "Values": {
3      "Temperature": [
4        {
5          "Type": "keithley_corr_ch101",
6          "Unit": "K",
7          "Value": -0.112,
```

```

8      "Comment": "calculated by sel.calTsensKorr mean(T_ptb_j - T_chi_j
9      ) mit T_chi: keithleyCh101"
10     },
11     {
12       "Type": "keithley_sd_corr_ch101",
13       "Unit": "K",
14       "Value": 0.0033824,
15       "Comment": "calculated by sel.calTsensKorr sd(T_ptb_j - T_chi_j)
16       mit T_chi: keithleyCh101"
17     },
18     {
19       "Type": "keithley_N_corr_ch101",
20       "Unit": "1",
21       "Value": 399,
22       "Comment": "calculated by sel.calTsensKorr length(T_ptb_j -
23       T_chi_j) mit T_chi: keithleyCh101"
24     },
25     {
26       "Type": "keithley_corr_ch102",
27       "Unit": "K",
28       "Value": -0.1508
29     },
30     {
31       "Type": "keithley_sd_corr_ch102",
32       "Unit": "K",
33       "Value": 0.0030236
34     },
35     {
36       "Type": "keithley_N_corr_ch102",
37       "Unit": "1",
38       "Value": 399
39     },
40     {
41       "Type": "keithley_corr_ch103",
42       "Unit": "K",
43       "Value": -0.041031
44     },
45     {
46       "Type": "keithley_sd_corr_ch103",
47       "Unit": "K",
48       "Value": 0.0035032
49     },
50     {
51       "Type": "keithley_N_corr_ch103",
52       "Unit": "1",
53       "Value": 399
54     },
55     {
56       "Type": "keithley_corr_ch104",
57       "Unit": "K",

```

```
55     "Value": -0.1093
56   },
57   {
58     "Type": "keithley_sd_corr_ch104",
59     "Unit": "K",
60     "Value": 0.0027896,
61   },
62   {
63     "Type": "keithley_N_corr_ch104",
64     "Unit": "1",
65     "Value": 399,
66   },
67   {
68     "Type": "keithley_corr_ch105",
69     "Unit": "K",
70     "Value": -0.014298,
71   },
72   {
73     "Type": "keithley_sd_corr_ch105",
74     "Unit": "K",
75     "Value": 0.0024395,
76   },
77   {
78     "Type": "keithley_N_corr_ch105",
79     "Unit": "1",
80     "Value": 399,
81   },
82   {
83     "Type": "keithley_corr_ch106",
84     "Unit": "K",
85     "Value": -0.19477,
86   },
87   {
88     "Type": "keithley_sd_corr_ch106",
89     "Unit": "K",
90     "Value": 0.003241,
91   },
92   {
93     "Type": "keithley_N_corr_ch106",
94     "Unit": "1",
95     "Value": 399,
96   },
97   {
98     "Type": "keithley_corr_ch107",
99     "Unit": "K",
100    "Value": -0.043688,
101  },
102  {
103    "Type": "keithley_sd_corr_ch107",
104    "Unit": "K",
```

```
105     "Value": 0.0028186,  
106   },  
107   {  
108     "Type": "keithley_N_corr_ch107",  
109     "Unit": "1",  
110     "Value": 399,  
111   },  
112   {  
113     "Type": "keithley_corr_ch108",  
114     "Unit": "K",  
115     "Value": -0.070841,  
116   },  
117   {  
118     "Type": "keithley_sd_corr_ch108",  
119     "Unit": "K",  
120     "Value": 0.0035451,  
121   },  
122   {  
123     "Type": "keithley_N_corr_ch108",  
124     "Unit": "1",  
125     "Value": 399,  
126   },  
127   {  
128     "Type": "keithley_corr_ch109",  
129     "Unit": "K",  
130     "Value": -0.044043,  
131   },  
132   {  
133     "Type": "keithley_sd_corr_ch109",  
134     "Unit": "K",  
135     "Value": 0.0035839,  
136   },  
137   {  
138     "Type": "keithley_N_corr_ch109",  
139     "Unit": "1",  
140     "Value": 399,  
141   },  
142   {  
143     "Type": "keithley_corr_ch110",  
144     "Unit": "K",  
145     "Value": -0.089685,  
146   },  
147   {  
148     "Type": "keithley_sd_corr_ch110",  
149     "Unit": "K",  
150     "Value": 0.0038045,  
151   },  
152   {  
153     "Type": "keithley_N_corr_ch110",  
154     "Unit": "1",
```

```
155         "Value": 399,  
156     }  
157 ]  
158 },  
159 "Maintainer": "bock04",  
160 "Date": {  
161     "Type": "calculated",  
162     "Value": "2012-11-23 14:28"  
163 }  
164 }
```

Listing 1: Result-Ausschnittabschnitt aus Kalibrierdokument
5c9f2659545fe56374723402d20038fb