

QS 1/17

Kalibrierung der Temperatursensoren von SE3

Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Labor für Vakuummetrologie – AG 7.54

07.02.2017

| | |
|---------------------------|---|
| Gegenstand: | 90 Pt100 Sensoren Temperatúrauslesegerät |
| Hersteller: | LKM/ Keithley |
| Typ: | Pt100/ 3706A System Switch/ Multimeter |
| Seriennummer: | 4078358, Card1: 4078358, Card2: 4077018, Card3: 4076032 |
| Prüfmittelnummer: | 7.5-4040 |
| Datum der Kalibrierungen: | 15.09.2015, 04.02.2017 |

Das 2016 beschaffte Temperaturnormal (PN 7.5-4039, Typ: MTK50, KS: 74123PTB16) wurde 5/2016 mit Hilfe der Fixpunkte von H₂O und GaAs kalibriert. QS 1/17 fasst die Messreihe vom 15.09.2015 und vom 04.02.2017 zusammen.

Ablauf

Bei der 1. Kalibrierung der SE3 Sensoren am 15.9.15 waren die vom Hersteller angegebenen Parameter in das Steuergerät des MKT50 eingetragen worden. Die 2. Kalibrierung der SE3 Sensoren fand nach der ersten Kalibrierung des MKT50 statt. Hier wurden 10 weitere Sensoren an die Scannerkarte 3 angeschlossen. Beide Messreihen wurden im klimatisierten Raum FOE024 aufgenommen.

Zusammen mit dem Messfühler des Temperaturnormals waren die zu kalibrierenden Temperaturfühler in einen Cu-Zylinder (s. Abbildung 1) eingelassen und von einem Kunststoffgehäuse umgeben.

Der Kanal 1 des MKT50 wurde mit Hilfe, eines auf *ssmp*¹ basierenden Messprogramms ausgelesen. Die Erfassung der Anzeige der Keithley Kanäle erfolgte ebenfalls mit diesem System.

Die Rohdaten sind über die Labordatenbank zugänglich:

- cal-2015-mkt50-ik-4040_0004
- cal-2017-mkt50-ik-4040_0001

Die Anzeigen der Kanäle 1001, 1002, 1004,...,1030, 2001, 2002..., 2030 ..., 3030 (nachfolgend abgekürzt mit $T_{1,2,4,...90}$ bzw. T_i) tragen das Prefix ch_. Ein Messpunkt im Kalibrierdokument stellt den Mittelwert aus 10 Einzelmessungen² und der daraus gebildeten Standardabweichung der Einzelwerte dar. mkt50 gibt den vom Temperaturnormal angezeigten Wert (zitiert als T_{PTB}) wieder.

¹a75436.berlin.ptb.de/vaclab/ssmp

²<http://a75436.berlin.ptb.de/vaclab/se3-temperature-keithley>

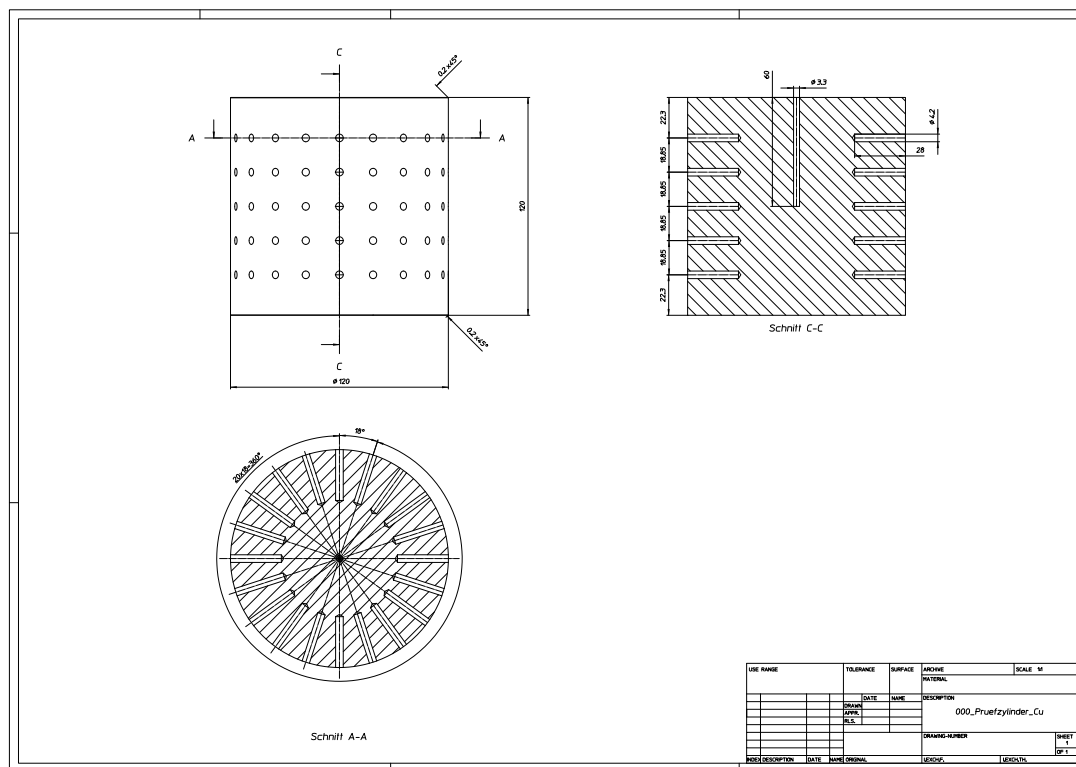


Abb. 1: Cu-Zylinder

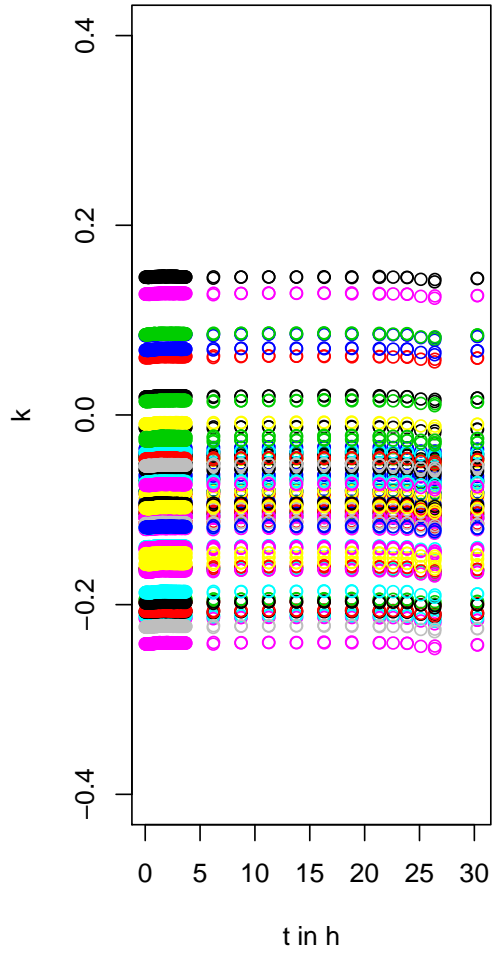
Auswertung

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.

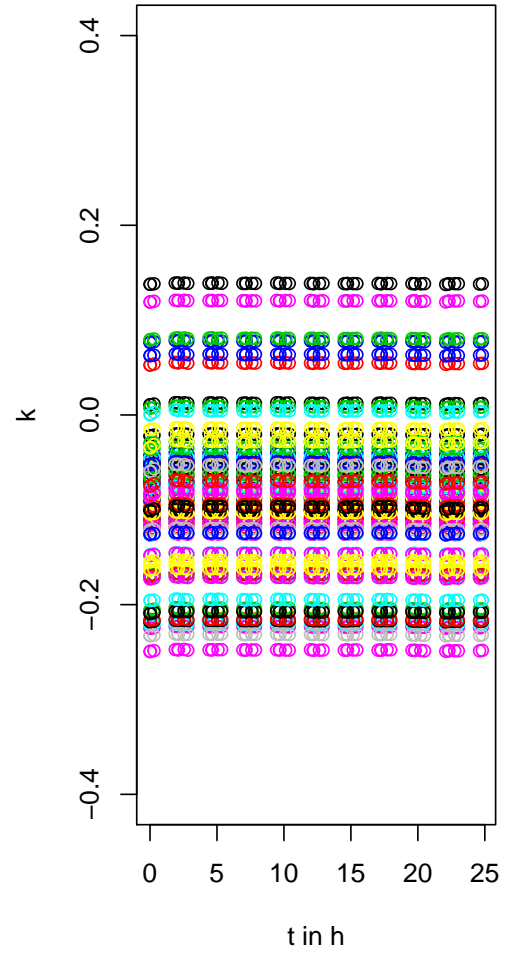
$$T_{corr,i} = T_i + k_i \rightarrow T_i + \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (T_{PTB} - T_i)_j \rightarrow T_{PTB} \quad (1)$$

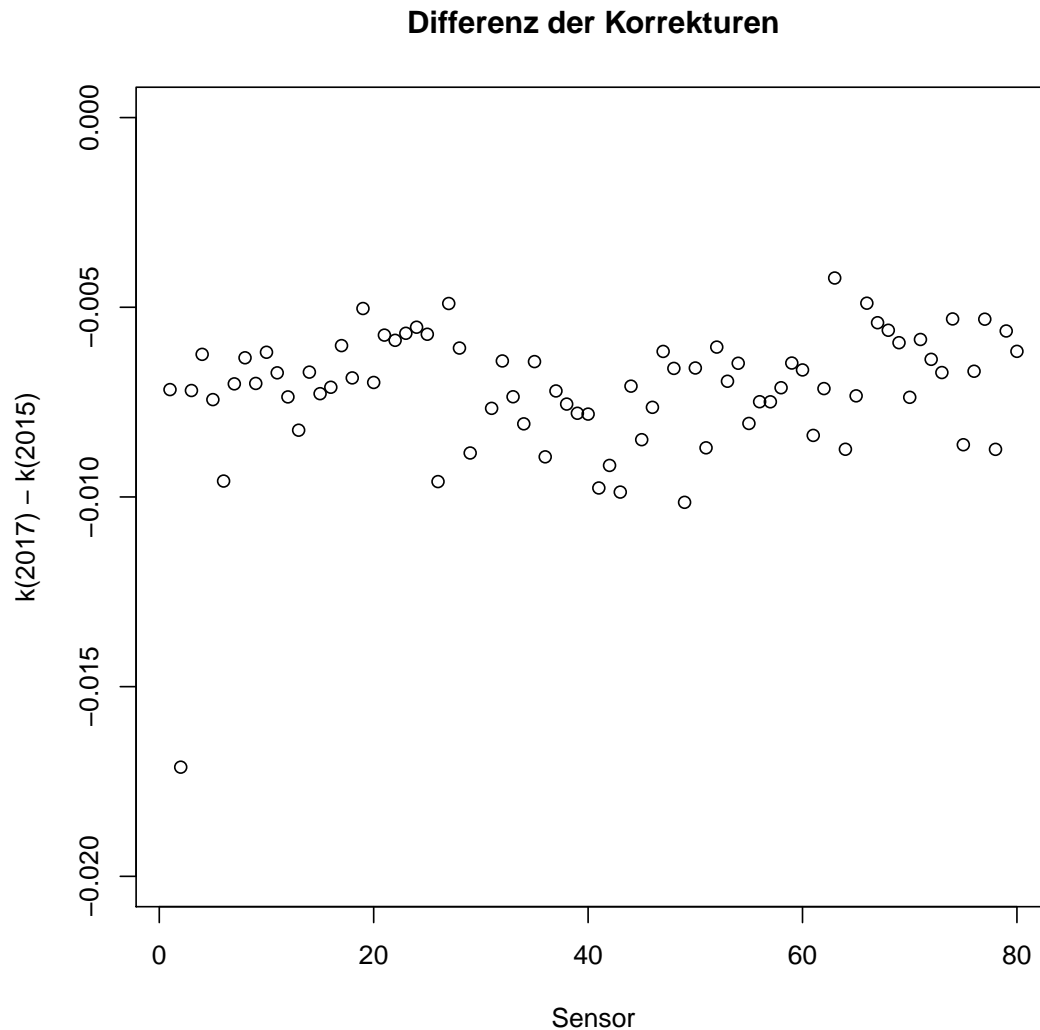
In nachfolgender Rechnung werden beide Messreihen (cal-2015-mkt50-ik-4040_0004 und cal-2017-mkt50-ik-4040_0001) ausgewertet und die Ergebnisse in den Result-Abschnitt der jeweiligen Dokumente geschrieben.

cal-2015-mkt50-ik-4040_0004



cal-2017-mkt50-ik-4040_0001





Vom Zeitpunkt der Berechnung der Korrekturen und der damit verbundenen Erzeugung des Results-Abschnittes im oben genannten Kalibrierdokument werden die Änderungen wirksam.

Unsicherheit der Kalibrierung

Folgende Unsicherheiten sind beim vorliegenden Kalibrierverfahren zu berücksichtigen:

```
# Unsicherheit des Temperaturnormals (KS-Angabe ist 5mK)
# hinzu kommt Langzeitstabilität Abschätzung: 2.5mK/a
u1 <- 0.0025 + 0.0025 # K
# Digitalisierung
u2 <- 2.9e-5 # K
```

```

# Unsicherheit durch Temperaturgradienten über dem Cu-Zylinder
# abgeschätzt aus der Standardabweichung der Korrekturen
u3 <- mean(corr.sd) # K
u3

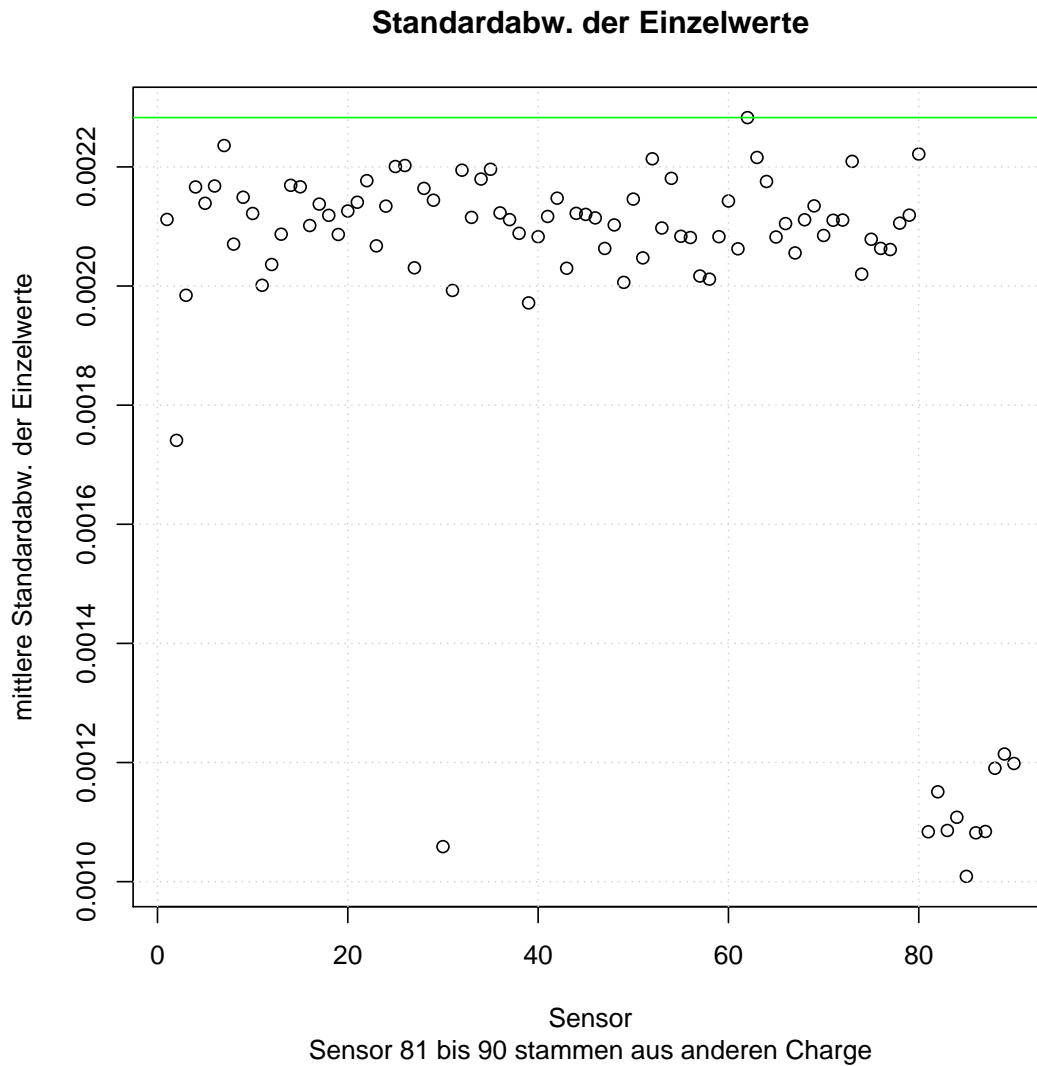
## [1] 0.000553614689161

# Temperaturabhängigkeit der Korrektur (vernachlässigbar)
u4 <- 0 # K
# Langzeitstabilität auf
# Grundlage der oben berechneten Differenz
# Abschätzung: doppelte mittlere Abweichung
u5 <- mean(corr.mean.2017[1:80] - corr.mean.2015) * 2 # K
u5 # K

## [1] -0.0125852611111

# experimentelle Streuung wird aus der Standardabw.
# der 10 Einzelwerte eines Messpunktes abgeschätzt
u6 <- max(single.sd) # K
plot(single.sd,
      ylab="mittlere Standardabw. der Einzelwerte",
      xlab="Sensor",
      main="Standardabw. der Einzelwerte",
      sub="Sensor 81 bis 90 stammen aus anderen Charge")
grid()
abline(h=u6, col="green")

```



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 erweiterte Gesamtunsicherheit von:

```
k <- 2
k * sqrt(u1^2 + u2^2 + u3^2 + u4^2 + u5^2 + u6^2)

## [1] 0.027488712849
```

Rekalibrierung

Das Messsystem sollte nach 12 Monaten recalibriert werden.

Thomas Bock
Labor für Vakuummetrologie
AG: 7.54