

QS 2/17

Kalibrierung der Temperatursensoren von SE1

Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Labor für Vakuummetrologie – AG 7.54

17.02.2017

Gegenstand: 10 Pt100 Sensoren
Temperatúrauslesegerät

Hersteller: LKM/ Keithley

Typ: Pt100/DMM 2700

Seriennummer: 1192465

Prüfmittelnummer: 7.5-4027

Datum der Kalibrierungen: 01.02.2017

QS 2/17 beschreibt die Rekalibrierung der Temperatursensoren nach Ablauf der regulären Kalibrierfrist. Als Prüfnorm wurde das 2016 beschaffte MKT50 (PN 7.5-4039, KS: 74123PTB16) benutzt. Es wurde 5/2016 mit Hilfe der Fixpunkte von H₂O und GaAs kalibriert.

Ablauf

Die 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 im Dokument `cal-2015-mkt50-ik-4027_0001` unter `Calibration.Measurement` zugänglich. Die Anzeigen der Kanäle 101, 102,... 110 (nachfolgend abgekürzt mit $T_{1,2,...10}$ bzw. T_i) tragen dort das Prefix `keithley_ch`. Ein Messpunkt im Kalibrierdokument stellt den Mittelwert aus 5 Einzelmessungen und der daraus gebildeten Standardabweichung der Einzelwerte dar. `mkt50` gibt den vom Temperaturnormal angezeigten Wert (referenziert als T_{PTB}) wieder.

¹a75436.berlin.ptb.de/vacclab/ssmp

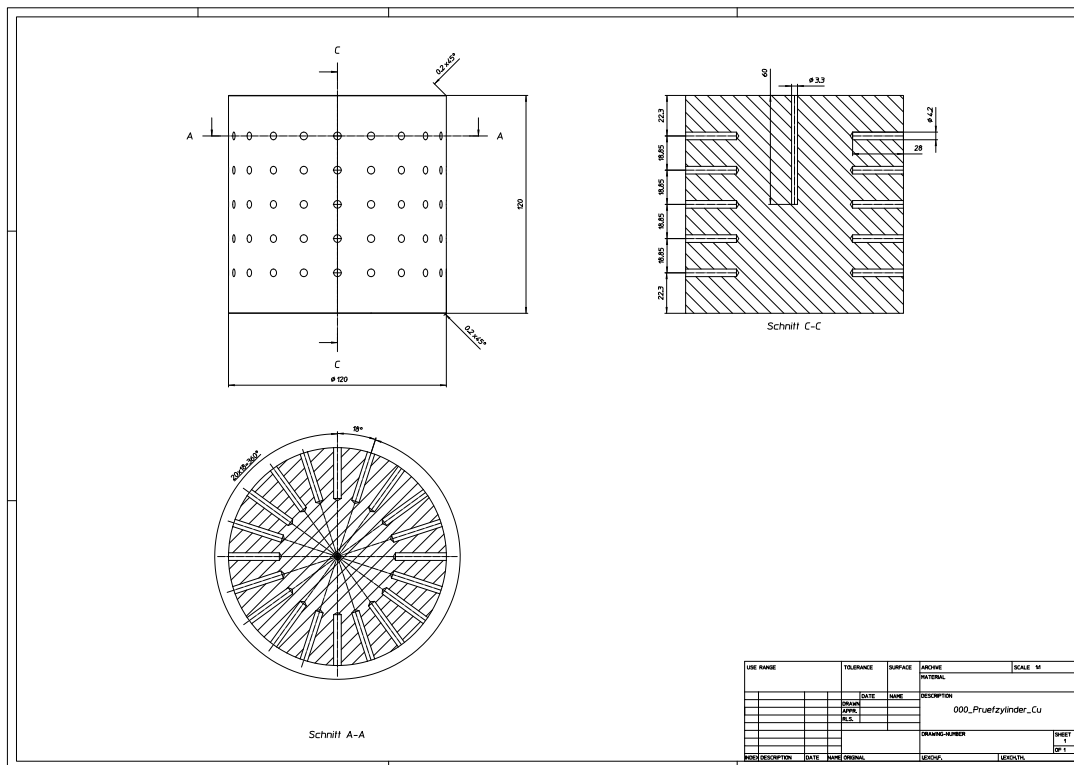


Abb. 1: Cu-Zylinder

Auswertung

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

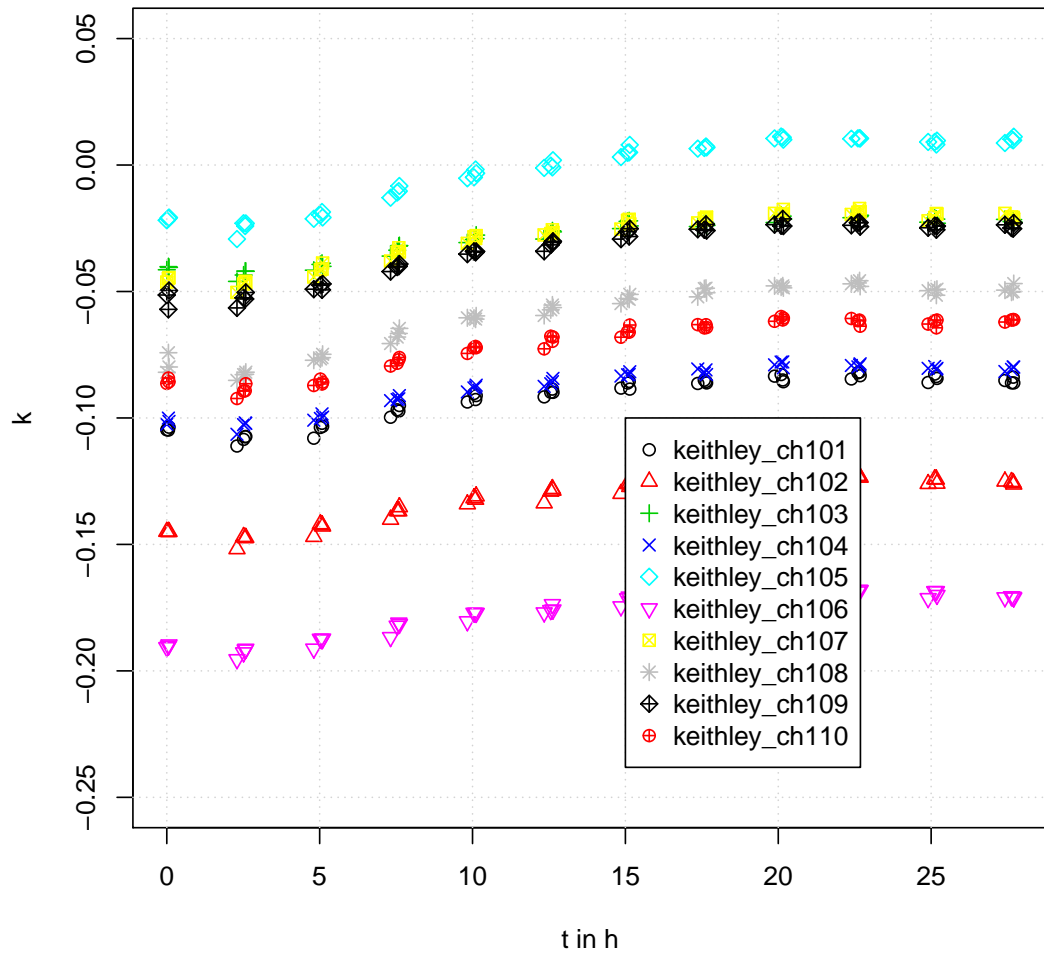
$$T_{korrr,i} = T_i + k_i \rightarrow T_i + \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (T_{PTB} - T_i)_j \rightarrow T_{PTB} \quad (1)$$

In nachfolgender Rechnung wird die Messreihe vom 01.02.2017 ausgewertet und die Ergebnisse in den Calibration.Result-Abschnitt des Dokuments geschrieben.

```
library(R4CouchDB)
library(vacLabTools)
cdb      <- cdbIni()
cdb$DBName <- "v1_db"
cdb$id    <- "cal-2017-mkt50-ik-4027_0001"
doc      <- cdbGetDoc(cdb)$res

source("ausw.r")
```

cal-2017-mkt50-ik-4027_0001



```
if(!FALSE){
  cdb$dataList <- doc
  cdbUpdateDoc(cdb)$res
}

## $ok
## [1] TRUE
##
## $id
## [1] "cal-2017-mkt50-ik-4027_0001"
##
## $rev
```

```
## [1] "192-a3806c6d69225a720fb57c8aec4f05de"
```

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)
# hierzu 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 dem Mittelwert der Variation der
u3 <- mean(corr.max - corr.min) # K
u3

## [1] 0.032177

# Temperaturabhängigkeit der Korrektur (vernachlässigbar)
# bzw in u3 enthalten
u4 <- 0 # K
# Langzeitstabilität auf
# Grundlage von Erfahrungswerten
corr.mean.2015 <- c(-0.105
, -0.144
, -0.043
, -0.105
, -0.014
, -0.192
, -0.042
, -0.069
, -0.044
, -0.088)
u5 <- abs(mean(corr.mean.2015 - corr.mean))
u5

## [1] 0.0133733191489

# experimentelle Streuung wird aus der Standardabw.
# der 10 Einzelwerte eines Messpunktes abgeschätzt
u6 <- max(single.sd) # K
u6
```

```
## [1] 0.00307173091489
```

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] 0.0706722396949
```

Rekalibrierung

Das Messsystem sollte nach 24 Monaten recalibriert werden.

Thomas Bock
Labor für Vakuummetrologie
AG: 7.54