

# QS 2/18

Kalibrierung der Temperatursensoren von FM3 und CE3

Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Labor für Vakuummetrologie – AG 7.54

29. August 2018

Gegenstand:	Temperatúrauslesegerät mit 10 Pt100 Sensoren
Hersteller:	Agilent/ LKM
Typ:	34970A
Seriennummer:	MY44042868
Inventarnr.:	200036656
Prüfmittelnummer:	7.5-4024
DBSign:	4833
Datum der Kalibrierung:	28.08.2018 bis 29.08.2018

Die Kalibrierung der Temperatursensoren von FM3/CE3 fand nach Ablauf der Rekalibrierfrist statt. Das Temperaturnormal des Labors (Typ: MTK50, SN:81703951, KS74135PTB18) wurde 5/2018 mit Hilfe der Fixpunkte von H<sub>2</sub>O kalibriert.

## Ablauf

Die Kalibrierung fand vom 28. bis 29. August im klimatisierten Raum FOE024 statt.

Zusammen mit dem Messfühler des Temperaturnormals waren die zu kalibrierenden Temperaturfühler in einen 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 1 des MKT50 wurde mit Hilfe eines auf *ssmp*<sup>1</sup> basierenden Messprogramms<sup>2</sup> ausgelesen.

Die Erfassung der Anzeige der Agilent Kanäle erfolgte ebenfalls mit diesem System. Es wurden Messwerte im Abstand von 1/2h aufgenommen.

In den Rohdaten<sup>3</sup> stehen die Anzeigen der Kanäle 101, 102, 104,...,110 (nachfolgend abgekürzt mit  $T_{1,2,4,...,10}$  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. *mkt50* gibt den vom Temperaturnormal angezeigten Wert (zitiert als  $T_{PTB}$ ) wieder.

Der Temperaturbereich der Kalibrierung umfasst Werte zwischen 22,3 °C und 23,4 °C.

<sup>1</sup>[a75436.berlin.ptb.de/vacclab/ssmp](http://a75436.berlin.ptb.de/vacclab/ssmp)

<sup>2</sup>[a73434.berlin.ptb.de:5984/\\_utils/document.html?v1\\_db/mpd-mkt50-pt100-ce3-calib](http://a73434.berlin.ptb.de:5984/_utils/document.html?v1_db/mpd-mkt50-pt100-ce3-calib)

<sup>3</sup>[http://a73434.berlin.ptb.de:5984/\\_utils/document.html?v1\\_db/cal-2018-mkt50-ik-4833\\_0001](http://a73434.berlin.ptb.de:5984/_utils/document.html?v1_db/cal-2018-mkt50-ik-4833_0001)

## 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.

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

In nachfolgender Rechnung wird die Messreihe cal-2018-mkt50-ik-4833\_0001 ausgewertet und die Ergebnisse in den Result-Abschnitt geschrieben.

```
library(R4CouchDB)
library(vacLabTools)
cdb      <- cdbIni()
cdb$DBName <- "vl_db"
cdb$id    <- "cal-2018-mkt50-ik-4833_0001"
doc      <- cdbGetDoc(cdb)$res
a        <- abbrevList(doc)
doc      <- refreshResult(doc)
t.ms.b   <- getConstVal(a$cmv$Time, "begin")
t.ms.e   <- getConstVal(a$cmv$Time, "end")
t.h      <- (t.ms.b - t.ms.b[1])/1000/3600
t.ptb    <- getConstVal(a$cmv$Temperature, "mkt50")

par(mfrow=c(1,1))

ch      <- c("101",
            "102",
            "103",
            "104",
            "105",
            "106",
            "107",
            "108",
            "109",
            "110")
ch.N    <- length(ch)
corr.sd  <- rep(NA, ch.N)
corr.mean <- rep(NA, ch.N)
for( i in 1:ch.N){
  ch.name <- paste0("agilentCh",ch[i])
  t.ch    <- getConstVal(a$cmv$Temperature, ch.name)
  corr    <- t.ptb[1:29] - t.ch[1:29]
```

```

corr.sd[i] <- sd(corr)
corr.mean[i] <- mean(corr)

doc$Calibration$Result$Values$Temperature <-
  setCcl(doc$Calibration$Result$Values$Temperature,
    paste0("agilentCorrCh", ch.name),
    "K",
    corr.mean[i])

print(paste("channel:", ch[i], "k:", round(corr.mean[i],3), "sd(k):",
  round(corr.sd[i], 3)))
}

## [1] "channel: 101 k: 0.265 sd(k): 0.017"
## [1] "channel: 102 k: 0.299 sd(k): 0.02"
## [1] "channel: 103 k: 0.276 sd(k): 0.019"
## [1] "channel: 104 k: 0.279 sd(k): 0.019"
## [1] "channel: 105 k: 0.298 sd(k): 0.02"
## [1] "channel: 106 k: 0.307 sd(k): 0.022"
## [1] "channel: 107 k: 0.287 sd(k): 0.02"
## [1] "channel: 108 k: 0.28 sd(k): 0.02"
## [1] "channel: 109 k: 0.3 sd(k): 0.016"
## [1] "channel: 110 k: 0.299 sd(k): 0.017"

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

## $ok
## [1] TRUE
##
## $id
## [1] "cal-2018-mkt50-ik-4833_0001"
##
## $rev
## [1] "204-52b14a4cf296dea1ce31fdb9a5e4dabb"

```

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)
u1 <- 0.0025 # K
u1

## [1] 0.0025

# Digitalisierung
u2 <- 2.9e-5 # K
# Unsicherheit durch Temperaturgradienten über dem Cu-Zylinder
# abgeschätzt mit
u3 <- 0.02 # K
# Temperaturabhängigkeit der Korrektur (vernachlässigbar)
u4 <- 0 # K
# Langzeitstabilität abgeschätzt mit:
u5 <- 0.01 # K
# experimentelle Streuung wird aus der Standardabw.
# der Einzelwerte eines Messpunktes abgeschätzt
u6 <- mean(corr.sd)# K
round(u6,3)

## [1] 0.019
```

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
round(k * sqrt(u1^2 + u2^2 + u3^2 + u4^2 + u5^2 + u6^2), 2)

## [1] 0.06
```

## Rekalibrierung

Das Messsystem sollte nach 24 Monaten rekalibriert werden.

Thomas Bock

*Labor für Vakuummetrologie*  
*AG: 7.54*