

# Thermal response time of temperature sensors – Influence of aging



Thermische Ansprechzeit von Temperatursensoren –  
Einfluss der Alterung

# EMATEM

2025-09-18 | Seeon

Dipl.-Ing. (DH) Andreas  
Klewer  
Global Development Mechanics  
Thermal Energy Metering

# Agenda

- 1 Thermal response time – overview
- 2 Influence of aging – background and question
- 3 Influence of aging – study
- 4 Results and conclusion
- 5 Q&A

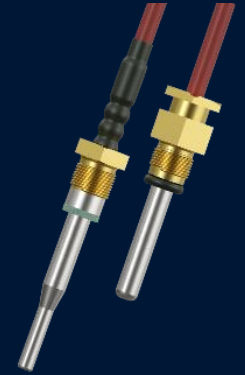
# Thermal response time – overview

---

Thermische Ansprechzeit – Überblick



# Thermal response time – part of the characteristic properties of a temperature sensor



## Thermische Ansprechzeit – Teil der charakteristischen Eigenschaften eines Temperaturfühlers

- Part of the characteristic properties of a temperature sensor according to EN 1434.
- Part of the Type Examination Certificate.
- The temperature sensors shall be tested according to EN IEC 60751:2022.
- Teil der charakteristischen Eigenschaften eines Temperaturfühlers nach EN 1434.
- Bestandteil der Baumusterprüfbescheinigung.
- Die Prüfung ist nach EN IEC 60751:2022 durchzuführen.

# Thermal response time – transfer function

## Thermische Ansprechzeit – Übergangsfunktion

If a temperature probe at temperature  $T_0$  is introduced into a medium to be measured at temperature  $T_1$ , heat flows from the higher temperature region to the lower temperature region as a result of the temperature gradient. The driving force for the heat flow is the temperature difference itself.

Wird ein Temperaturfühler mit der Temperatur  $T_0$  in ein Messmedium mit der Temperatur  $T_1$  gebracht, so tritt infolge des Temperaturgradienten ein Wärmestrom vom Bereich höherer Temperatur zum Bereich niedrigerer Temperatur ein. Die treibende Kraft für den Wärmestrom ist die Temperaturdifferenz selbst.



measurement conditions:

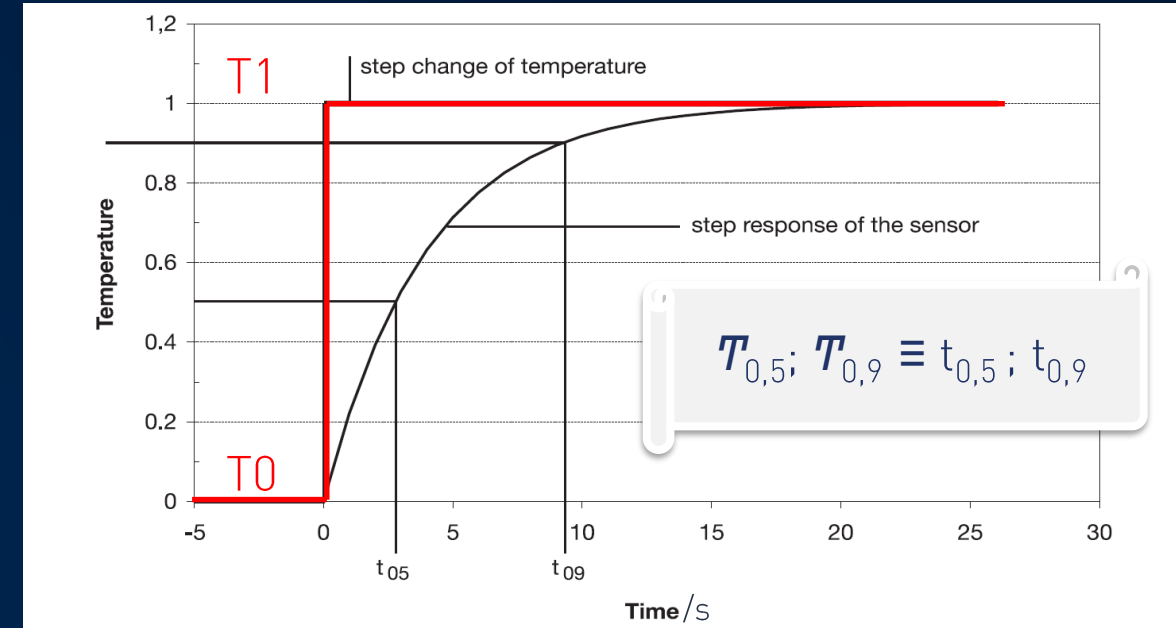
water  $(0,3 \pm 0,1)$  m/s  
 $T_0 = RT$  and  $T_1 = 35^\circ\text{C}$

# Thermal response time – transfer function

## Thermische Ansprechzeit – Übergangsfunktion

Two times (response times) characterize the transfer function:

- the half-value time  $t_{0,5}$  the time to reach 50% of the step change in temperature,
- the 90 percent time  $t_{0,9}$  the time to reach 90% of the step change in temperature.



# Influence of aging – Background

---

Einfluss der Alterung – Hintergrund



# Influence of aging – Background and question

## Einfluss der Alterung – Hintergrund und Fragestellung



- Temperature sensors are in use for many years. → Ageing of the temperature sensor.
- Influence of aging?
- Temperaturfühler sind über Jahre hinweg im Einsatz. → Alterung des Temperaturfühlers.
- Einfluss der Alterung?



# Influence of aging – study

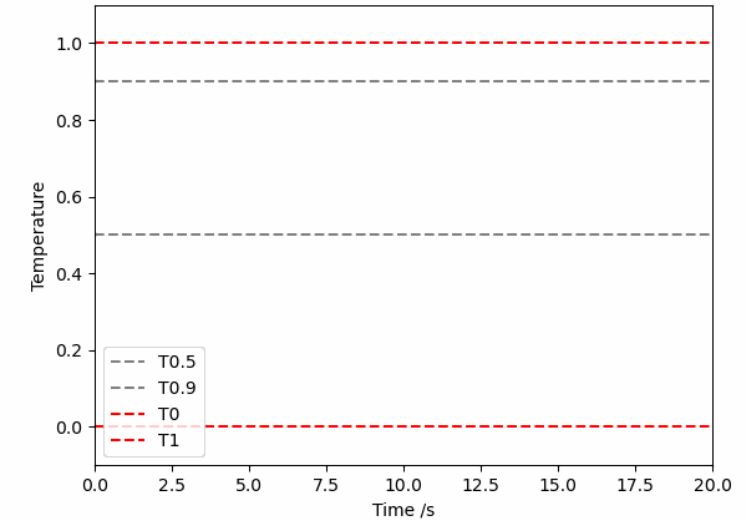
---

Einfluss der Alterung – Untersuchung



# Influence of aging – study

## Einfluss der Alterung – Untersuchung



Temperature sensors were examined in terms of their response time in both non-aged and aged conditions. From the differences between non-aged and aged test subjects, a conclusion was drawn regarding the influence of aging.

Temperaturfühler wurden ungealtert und gealtert hinsichtlich ihrer Ansprechzeit untersucht. Aus den Differenzen zwischen ungealterten und gealterten Prüflingen wurde eine Aussage über den Einfluss der Alterung abgeleitet.

# Influence of aging – study

## Einfluss der Alterung – Untersuchung



Procedure of the investigation:

- Recording of the response time on 40 test subjects, unaged condition.
- Execution of the aging process (two groups, each with 20 test subjects)
  - Exposure at 150 °C for 1000 hours
  - Durability test (10 years /  $T_{max} = 150\text{ °C}$ )
- Recording of the response time after aging.
- Analysis of the data.

# Results and conclusion

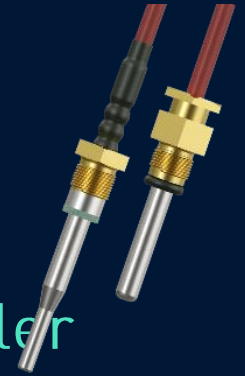
---

Ergebnisse und Schlussfolgerung

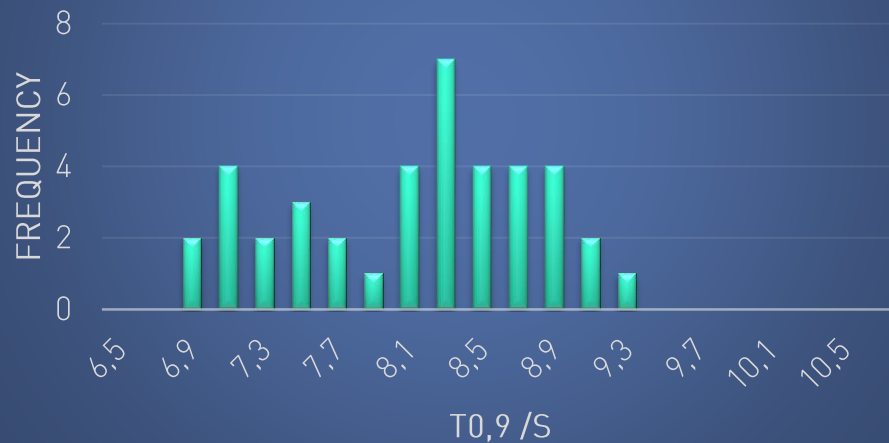


# Results – thermal response time of non-aged temperature sensors

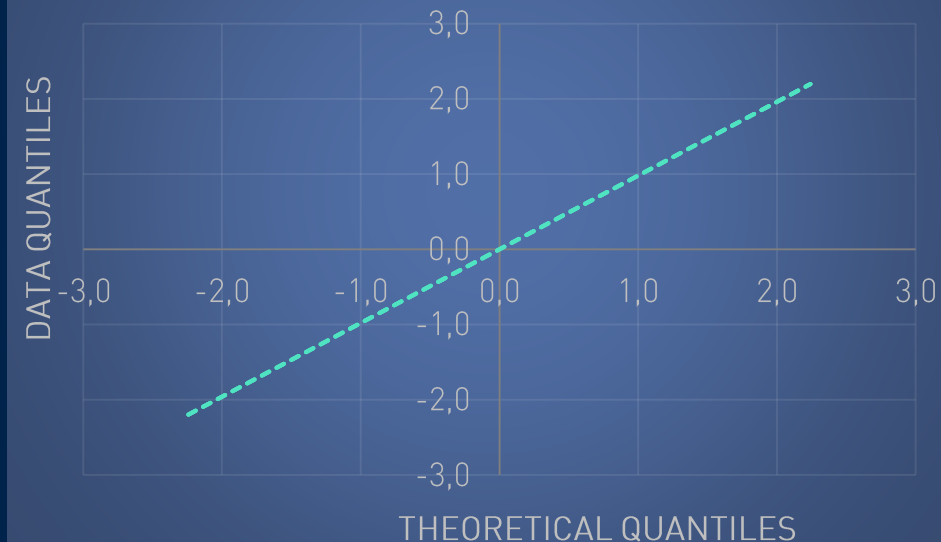
Ergebnisse – thermische Ansprechzeit ungealterter Temperaturfühler



thermal response time  
of non-aged temperature  
sensors

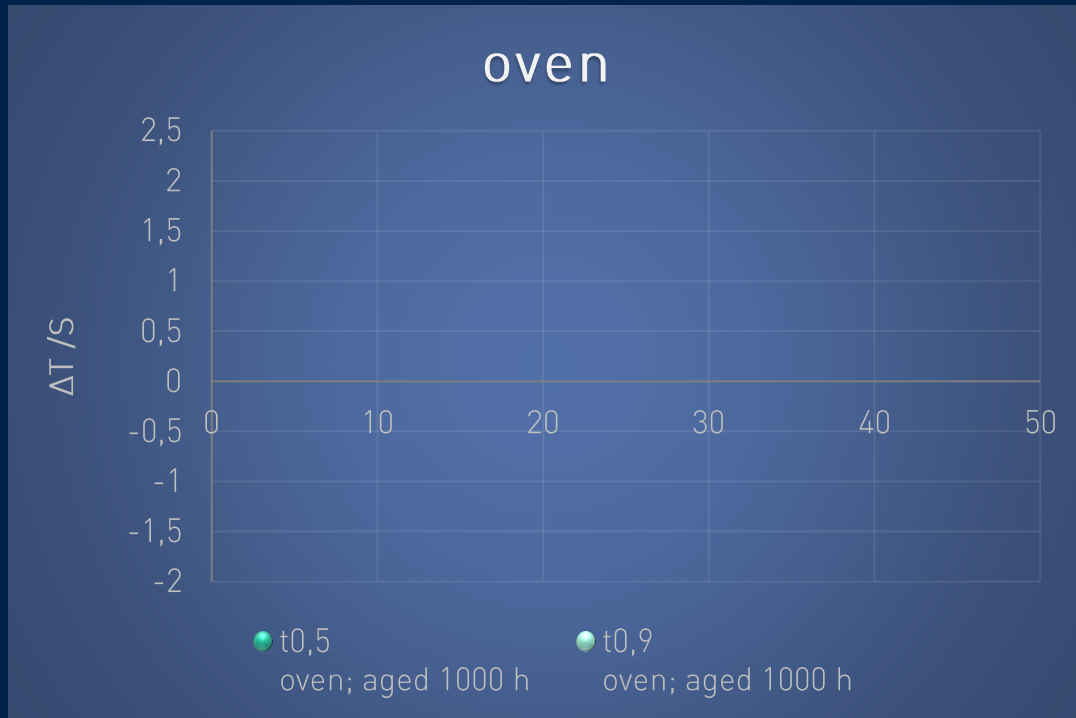


quantile-quantile plot;  
 $t_{0,9}$

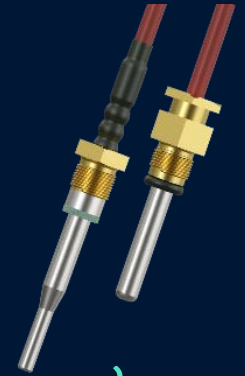


# Results – thermal response time, difference between non-aged and aged temperature sensors

Ergebnisse – thermische Ansprechzeit, Differenz zwischen gealterten und ungealterten Temperaturfühlern



# Results – Paired-sample t-test (paired comparison test)



## Ergebnisse – Zweistichproben t-Test bei abhängigen Stichproben (Paarvergleichstest)

| Zweistichproben t-Test bei abhängigen Stichproben (Paarvergleichstest) |                                     |                                       |
|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
|                                                                        | <i>t0,9<br/>oven; non-<br/>aged</i> | <i>t0,9<br/>oven;<br/>aged 1000 h</i> |
| Mittelwert                                                             | 8,13                                | 8,23                                  |
| Varianz                                                                | 0,44                                | 0,79                                  |
| Beobachtungen                                                          | 20                                  | 20                                    |
| Pearson Korrelation                                                    | 0,88                                |                                       |
| Hypothetische Differenz der Mittelwerte                                | 0                                   |                                       |
| Freiheitsgrade (df)                                                    | 19                                  |                                       |
| t-Statistik                                                            | -0,97                               |                                       |
| P(T<=t) einseitig                                                      | 0,17                                |                                       |
| Kritischer t-Wert bei einseitigem t-Test                               | 1,73                                |                                       |
| P(T<=t) zweiseitig                                                     | 0,34                                |                                       |
| Kritischer t-Wert bei zweiseitigem t-Test                              | 2,09                                |                                       |
|                                                                        |                                     |                                       |
| $H_0: \mu_{\text{non aged}} = \mu_{\text{aged}}$                       |                                     |                                       |
| $H_1: \mu_{\text{non aged}} \neq \mu_{\text{aged}}$                    |                                     |                                       |
| p-Wert ist > 0,05 → keine signifikante Änderung                        |                                     |                                       |
| t-Statistik im Annahmebereich von $H_0$                                |                                     |                                       |

| Zweistichproben t-Test bei abhängigen Stichproben (Paarvergleichstest) |                                          |                                          |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|
|                                                                        | <i>t0,9<br/>durability;<br/>non-aged</i> | <i>t0,9<br/>durability;<br/>10 years</i> |
| Mittelwert                                                             | 8,05                                     | 8,12                                     |
| Varianz                                                                | 0,50                                     | 1,26                                     |
| Beobachtungen                                                          | 20                                       | 20                                       |
| Pearson Korrelation                                                    | 0,07                                     |                                          |
| Hypothetische Differenz der Mittelwerte                                | 0                                        |                                          |
| Freiheitsgrade (df)                                                    | 19                                       |                                          |
| t-Statistik                                                            | -0,23                                    |                                          |
| P(T<=t) einseitig                                                      | 0,41                                     |                                          |
| Kritischer t-Wert bei einseitigem t-Test                               | 1,73                                     |                                          |
| P(T<=t) zweiseitig                                                     | 0,82                                     |                                          |
| Kritischer t-Wert bei zweiseitigem t-Test                              | 2,09                                     |                                          |
|                                                                        |                                          |                                          |
| $H_0: \mu_{\text{non aged}} = \mu_{\text{aged}}$                       |                                          |                                          |
| $H_1: \mu_{\text{non aged}} \neq \mu_{\text{aged}}$                    |                                          |                                          |
| p-Wert ist > 0,05 → keine signifikante Änderung                        |                                          |                                          |
| t-Statistik im Annahmebereich von $H_0$                                |                                          |                                          |

# Conclusion

## Schlussfolgerung



The results indicate that there is no statistically significant difference between the means of the non-aged and aged test subjects.

Die Ergebnisse zeigen, dass es keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Mittelwerten der Ansprechzeit bei gealterten und ungealterten Prüflingen gibt.



**Thank you  
for your interest**

---

Vielen Dank  
für Ihr Interesse

