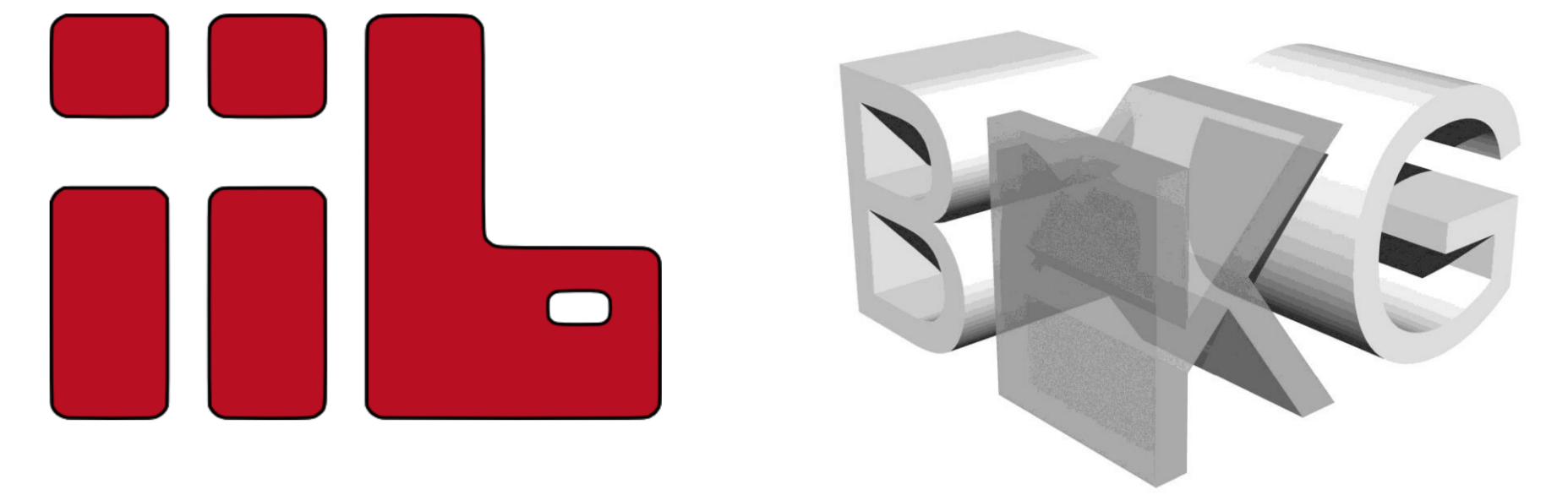


Weiterentwicklung eines kapazitiven Temperatur-Feuchte-Sensors für den überhygroskopischen Feuchtebereich

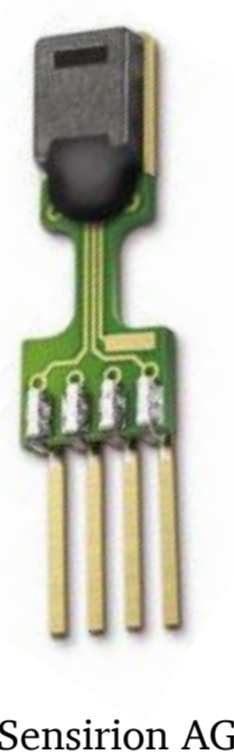


Masterarbeit – Tim-Jonathan Huyeng

Institut für Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion und Institut für Numerische Methoden und Informatik im Bauwesen in Zusammenarbeit mit dem Passivhaus Institut

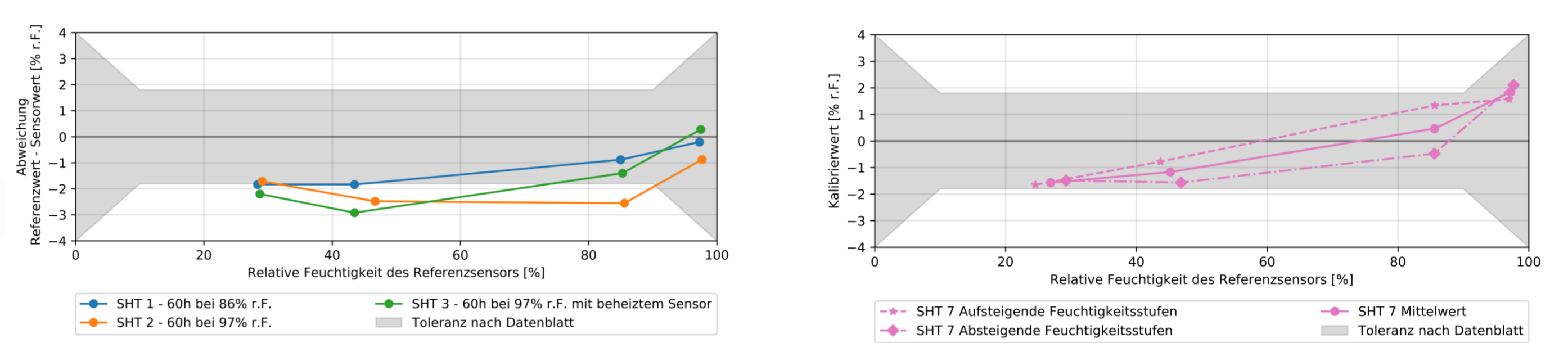
Motivation und Zielsetzung

Zur Bestimmung von Feuchtigkeitswerten, insbesondere in Monitoringprojekten werden kapazitive Feuchte- und Temperatursensoren eingesetzt. Ein häufig eingesetzter Sensor ist der *SHT75* der Firma *Sensirion*. Mit Hilfe einer Kapazitätsmessung eines Polymers wird eine relative Luftfeuchtigkeit berechnet. Vor allem im überhygroskopischen Bereich sind Veränderungen der Materialeigenschaften des Polymers möglich. Dies hat eine Verminderung der Messgenauigkeit (r. F.) zur Folge. Das Ziel der Weiterentwicklung ist die Erhöhung der Messgenauigkeit in diesem Bereich.



Sensirion AG

Empfindlichkeit des Sensors

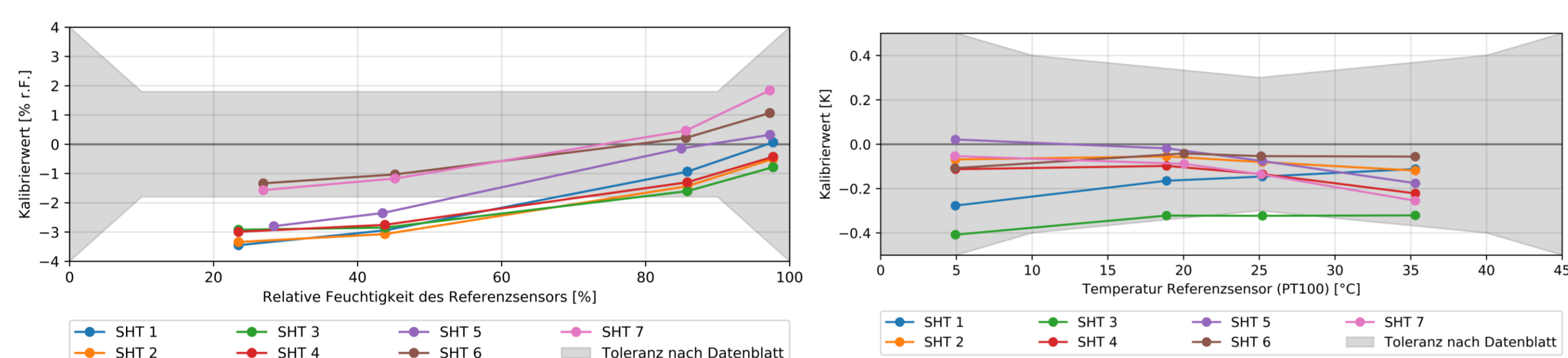


Abweichung der Sensorwerte vom Referenzsensor nach 60 h Test. Dargestellt sind die kalibrierten Werte des Sensor.

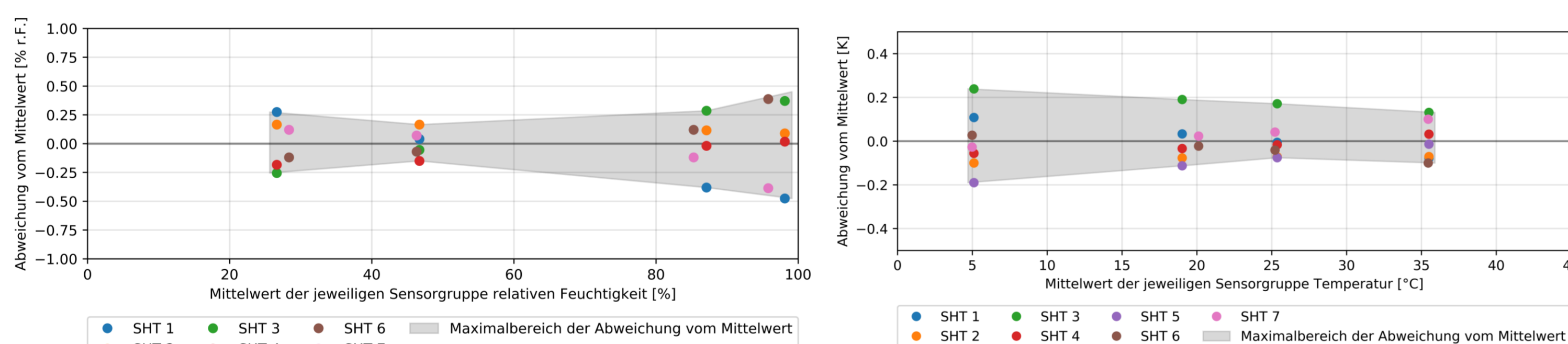
Abweichung des Sensors SHT 7 bei der Kalibrierung. Deutlich erkennbar ist die Einstellung einer Hysterese.

Die Empfindlichkeit gegenüber hohen relativen Feuchtigkeiten wurde mit einem 60 Stundentest im Hochfeuchtebereich und anschließendem Vergleich mit einem Referenzsensor bestätigt. Zudem konnte eine Hysterese der Sensoren im Rahmen der Kalibrierung festgestellt werden.

Kalibrierung und Streuungsuntersuchung



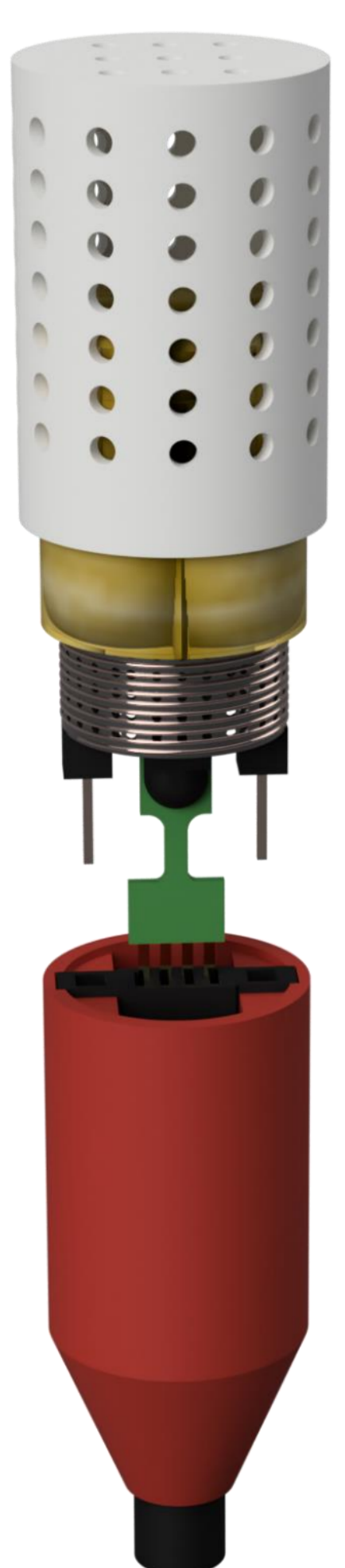
Mittelwert der Kalibrierwerte. Links: Feuchtigkeitsmessung, Rechts: Temperaturmessung. SHT 1 – 5 sind vor der Kalibrierung bereits verwendet worden. SHT 6 und SHT 7 sind fabrikenue in den Feuchtigkeitsmessstand eingebaut worden. Der graue Bereich stellt die maximale Toleranz des Herstellers dar.



Darstellung der Abweichung von dem jeweiligen Sensorgruppenmittelwert. Links: Streuung der Feuchtigkeitsmesswerte, Rechts: Streuung der Temperaturmesswerte der jeweiligen Sensoren. Sensoren die zum gleichen Zeitpunkt im gleichen Messstand eingebaut wurden bilden jeweils eine Gruppe.

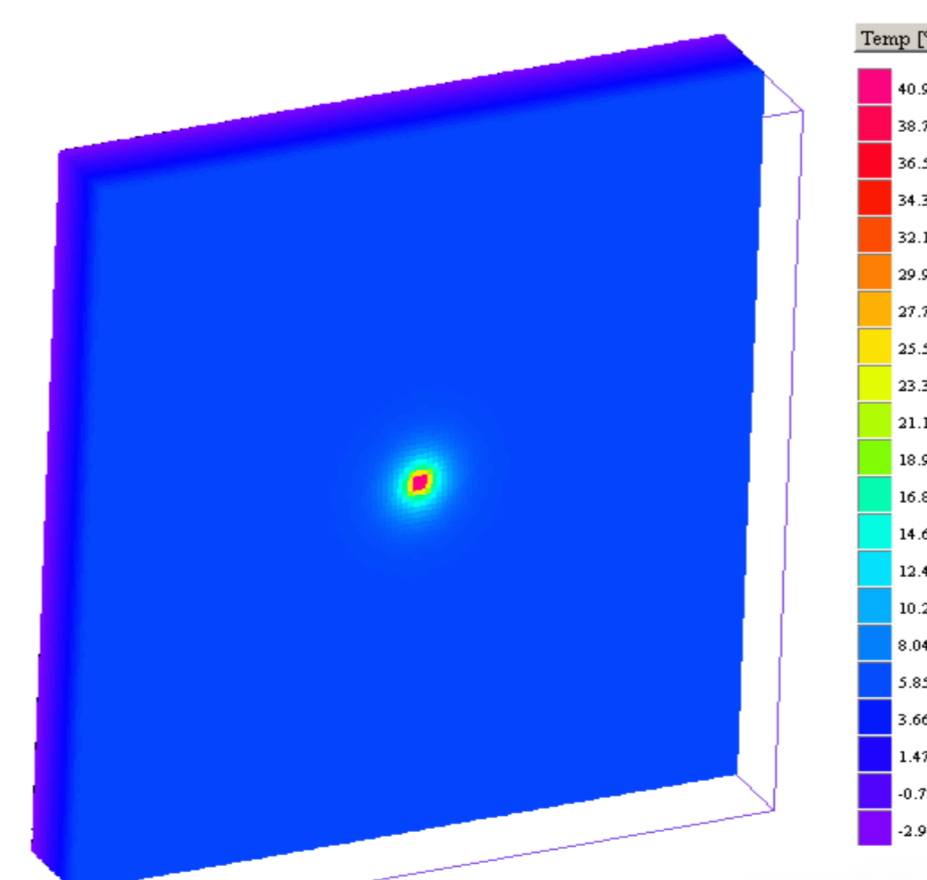
Zur Sicherstellung von validen Messdaten wurde der Sensor hinsichtlich der Temperatur- und Feuchtigkeitsmessung untersucht. Die Ermittlung der Abweichungen der Sensoren zu den jeweiligen Referenzsensoren wurde in eigens dafür entwickelten Messaufbauten durchgeführt. Die Abweichungen der relativen Feuchtigkeitsmesswerte liegen teilweise außerhalb des Toleranzbereiches des Herstellers. Die betroffenen Sensoren sind bereits in vorherigen Testmessungen verwendet worden. Die Sensoren SHT 6 und 7 wurde neu, ohne vorherige Messungen, in den Feuchtigkeitsmessstand eingebaut und halten die Toleranzen des Herstellers ein. Die Abweichungen der Temperaturmesswerte aller Sensoren zu den Referenzmesswerten liegen innerhalb der Herstellertoleranzen.

Weiterentwicklung für Messungen im überhygroskopischen Feuchtebereich

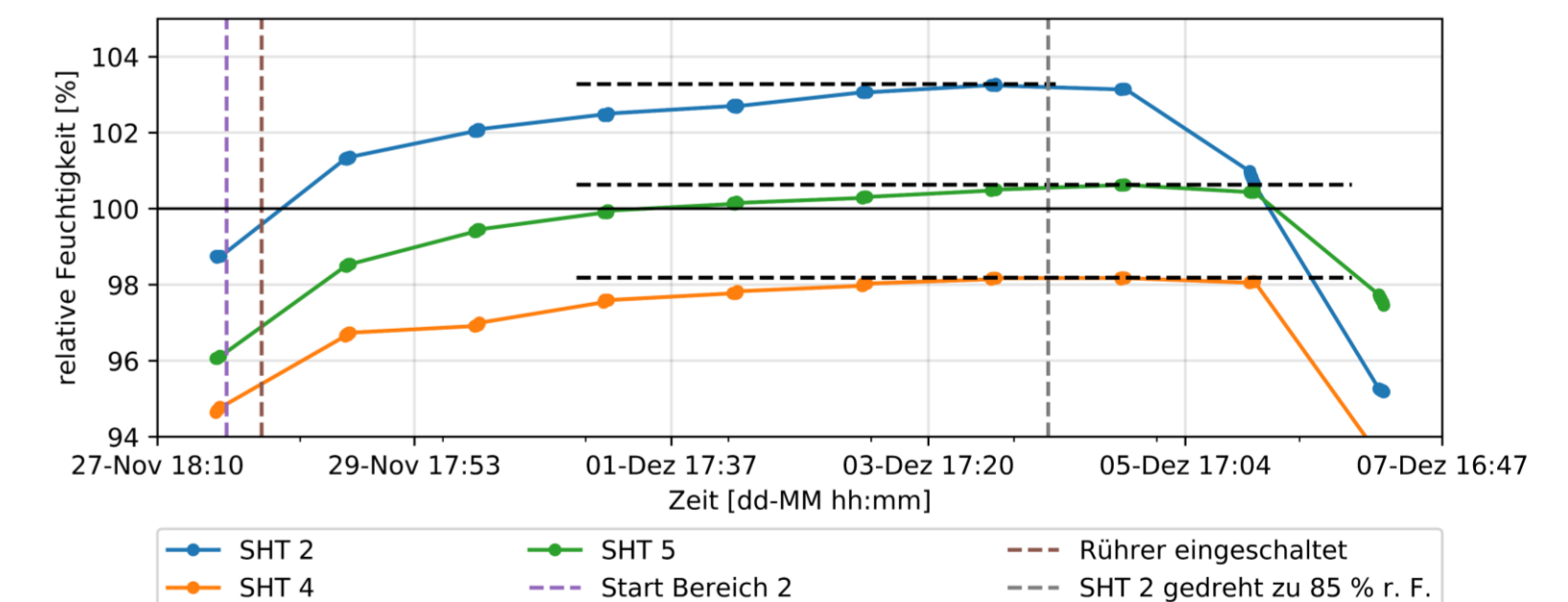


3-D Modell der entwickelten Kappe mit integrierter Heizung.

Auf Grundlage der Untersuchungen im Hochfeuchtebereich wurde eine Sensorkappe entwickelt. In der Kappe wurde eine Heizung integriert, welche den Luftraum um den Sensor zur Regeneration des Polymers für ein bestimmtes Zeitintervall beheizt. Hierdurch reduziert sich die relative Feuchtigkeit um den Sensor deutlich. Mit Hilfe von Wärmestromsimulationen konnte ermittelt werden, dass ein Zeitintervall von mindestens 11 Stunden zwischen den Heizphasen ausreichend lang ist, um keine dauerhaften Veränderungen eines üblichen Mauerwerks hervorzurufen. Zur Evaluierung der Auswirkungen des Beheizens sind drei Sensoren in eine Kolbenvorrichtung eingebaut worden. Durch Salzlösungen wurde in den jeweiligen Kolben eine relative Feuchtigkeit von ca. 97,5 % eingestellt.



Wärmestromsimulation mit einer Leistung von 4 W der Heizkappe über eine Stunde. Tatsächliche gemessene Leistung beträgt weniger als 0,5 W.



Die dargestellten Werte sind die unbegrenzten und kalibrierten Sensorwerte der jeweiligen Sensoren.

Sensor	Max-Wert [% r. F.]	Mittelwert [% r. F.]	Standardabweichung [% r. F.]	Temperatur Mittelwert [°C]	Referenz Feuchte [% r. F.]	Differenz Ref - Mittelwert [% r. F.]
SHT 2	103.33	103.29	0.01	21.14	97.53	-5.76
SHT 5	100.63	100.52	0.08	20.83	97.55	-2.97
SHT 4	98.18	98.14	0.05	21.06	97.54	-0.60

SHT 2 – unbeheizt, SHT 4 – einstuendig beheizt, SHT 5 – halbstuendig beheizt

Die Auswertung der Versuche im Kolbenaufbau zeigt Feuchtigkeitsmesswerte über 100 %. Dies spricht für eine Veränderung der Sensoreigenschaften. Der unbeheizte Kontrollsensor SHT 2 hat mit ca. 5,7 % eine doppelt so hohe Abweichung wie der halbstuendig beheizte Sensor (SHT 5). Eine tägliche einstuendige Beheizung reduziert die Abweichung zur Referenzfeuchte auf 0,6 % (SHT 4). Dies zeigt den positive Effekt der Beheizung auf die Feuchtigkeitsmessung.