

#### **4. Zusammenfassung und Ausblick**

Ein Ziel dieser Arbeit war die Aufnahme von Impedanzen einer mit verschiedenen Quarzsand- bzw. Formstoff-MUTs gefüllten Messzelle. Die MUTs wurden jeweils fünfmal in eine Messzelle eingefüllt und bei verschiedenen Temperaturen impedimetrisch vermessen. Die generierten Messdaten wurden im Anschluss untersucht und bewertet.

In einem ersten Schritt wurden die Messdurchläufe der verschiedenen MUTs einzeln betrachtet. Es hat sich herausgestellt, dass die Messwiederholungen innerhalb eines Durchlaufes bei allen Temperaturen eine geringe Streuung aufwiesen. Die Werte der relativen Standardabweichung des Impedanzbetrages und der Impedanzphase lagen überwiegend im Bereich von  $10^{-4}$  und waren damit sehr niedrig. In der graphischen Darstellung zeigte sich das Temperaturverhalten des Impedanzbetrages und der Impedanzphase. Es stellte sich heraus, dass der Impedanzbetrag pro Temperaturschritt mit steigender Temperatur kleiner wurde. Diese Verkleinerungen zwischen zwei Temperaturschritten wurden bei den Formsand-MUTs mit der Temperatur größer. Die Impedanzphase hingegen stieg mit der Temperatur. Auch hier vergrößerte sich pro Temperaturschritt die Differenz der Phasen bei den Formsand-MUTs. Im nächsten Schritt wurde die Reproduzierbarkeit der Messdurchläufe analysiert. Dazu wurden, wie schon zuvor für die einzelnen Durchläufe, die relativen Standardabweichungen betrachtet. Auch für diese ergaben sich niedrige Werte, welche allerdings um ein bis zwei Größenordnungen größer waren als im ersten Schritt. Trotzdem sind diese Werte ausreichend gering, sodass die Impedanzen reproduzierbar aufnehmbar waren. Zunächst wurden der Korrelationskoeffizient und die relative Standardmessunsicherheit betrachtet. Der Korrelationskoeffizient war in weiten Bereichen negativ und lag bei den höheren Temperaturen oft bei ungefähr -1. Auch die relativen Standardmessunsicherheiten des Impedanzbetrages und der Impedanzphase waren mit Werten unter 1 % niedrig. Als nächstes wurden die MUTs miteinander verglichen. Es stellt sich heraus, dass sich insbesondere die Betrachtung der Impedanzphase der Frequenz-Impedanzphase Diagramme der einzelnen Temperaturpunkte lohnt. Denn es sind Unterschiede im Temperaturverhalten der MUTs zu sehen. Beim Formsand-MUT 1 beispielsweise ändert sich die Phase bei 500 Hz bei einer Temperaturerhöhung von 15 °C auf 45 °C um ca. 18 °C, wohingegen die Phase beim Formsand-MUT 4 nur um 1,3 °C stieg. Ein ähnlicher Wert zeigte sich bei Quarzsand-MUT mit ca. 2,3 °C. Beim Formsand-MUT 2 waren es ca. 11 °C und beim Formsand-MUT 3 ungefähr 9,1 °C. Die MUTs weisen je nach Materialzusammensetzung verschiedenes elektrische Materialverhalten auf. Dabei ist vor allem das Bindemittel bzw. der Bindemittelgehalt ein Unterscheidungskriterium der MUTs.

Zusammenfassend kann man also sagen, dass die Daten reproduzierbar sind und eine Systematik im Temperaturverhalten der Impedanzphase zu erkennen ist, wodurch sich die in dieser Arbeit verwendeten MUTs unterscheiden lassen. Jedoch waren zu den hier verwendeten Regeneraten kaum Informationen bezüglich des Regenerationsprozess, wie z.B.

Regenerationsdauer der einzelnen Regenerate, vorhanden. Für ein umfangreicheres Verständnis einer Systematik zur Unterscheidung von Regenraten, gerade auch in Anbetracht einer automatisierten Unterscheidung mit maschinellem Lernen, wären weitere Untersuchungen mit einem breiteren Spektrum an verschiedenen Regeneraten sinnvoll, zu welchen auch mehr Informationen vorliegen.