

7 Zusammenfassung und Ausblick

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit dem Einfluss von Temperaturprofilen auf die relative Permittivität von Wasser im Kontext der elektrischen Kapazitätstomographie.

Dazu wurde skriptgesteuert ein Modell mit dem entsprechendem Programmpaket von ANSYS mittels Finite-Elemente-Methode zur thermischen Simulation erstellt. Die Geometrie des Modells ist einem real existierenden ECT-Sensorsystem nachempfunden. Die Randbedingungen, durch die Temperaturprofile erst ermöglicht werden, bestehen vor allem aus der beheizten Oberseite des Sensorsystems. Durch transiente thermische Simulation wurden sowohl räumliche als auch zeitliche Temperaturprofile berechnet.

Die Auswertung der Ergebnisse umfasst neben der Analyse dieser entstandenen Temperaturprofile auch eingehende Untersuchungen zum Einfluss durch das Einbringen von Einsätzen, die für den experimentellen Versuchsaufbau entworfen worden und der Befestigung von Thermoelementen dienen. Bei den Betrachtungen ohne die Verwendung von Einsätzen fällt auf, dass die im System angebrachten Kupferelektroden durch ihre enorme Wärmeleitfähigkeit den vertikalen Temperaturgradienten mit einem horizontalen überlagern. Dieser ist jedoch nur in geringem Maß und in Wandnähe signifikant. Der Einfluss, den die Einsätze auf die Thermodynamik des Systems haben, stellt sich im Verlauf der Analyse als vernachlässigbar heraus.

Mit vergleichbaren Randbedingungen wurden außerdem Messungen an dem existierenden System durchgeführt. Dazu wurde zunächst eine Untersuchung der verwendeten Wärmequelle durchgeführt. Die elektrische Widerstandsheizung im Folienformat stellt sich dabei als sehr anfällig für Temperaturspitzen und Isolation heraus. Die verbauten Bimetall-Thermoschalter, die laut Vertrieb bei einer Temperatur von etwa 60 °C die Folie vom Netz trennen sollen, leiden unter der mangelhaften Temperaturleitfähigkeit der dünnen Folie. Damit ist es möglich die Heizung bei weitaus höheren lokalen Temperaturen zu betreiben. Ein möglichst homogener Wärmeabnehmer mit großer Wärmekapazität und nicht zu großer Wärmeleitfähigkeit sorgt allerdings für eine geregelte Erwärmung, wie vom Heizelement erwünscht. Zur Rekonstruktion der berechneten Temperaturprofile wurde eine 24-Stunden-Messung durchgeführt. Durch leicht veränderte Parameter, aufgrund einer parallelen Messung, wurde die Wärmeübertragung von der Folie in das Wasser gehemmt. Eine zweite Messung ohne die veränderten Parameter erzielte Ergebnisse, die besser mit denen der Simulation übereinstimmen. Als größter Schwachpunkt des Versuchs stellte sich ein geometrisch bedingter Spalt zwischen Deckel und dem restlichen System heraus, der bei erhöhten Temperaturen für Wärmeverluste sorgt. Die vergleichbaren Ergebnisse genügen jedoch einer Validierung der Simulationen.

Den dritten Teil der vorliegenden Arbeit stellen elektrostatische Simulationen, die in Form von Kapazitätsberechnungen ausgewertet sind. Der grundsätzliche Modellaufbau wird aus

den thermischen Simulationen zunächst übernommen, um anschließend die Ergebnisse dieser Berechnungen als Lasten zu implementieren. Das Aufbringen von angepassten Randbedingungen und Einstellungen zur Berechnung ist erneut skriptgesteuert umgesetzt. Die so gesammelten Kapazitäten stellen sich bei der Analyse als gutes Abbild der Temperatur heraus. Ein theoretisch linearer Zusammenhang zwischen Temperatur und Kapazität zweier Elektroden wird anhand von zusätzlichen Berechnungen mit uniformen Temperaturen aufgezeigt. Den nächstgrößeren Einfluss auf die Kapazitäten haben Randeffekte, welche durch die unterschiedlichen Dielektrizitätskonstanten der verwendeten Materialien verursacht sind.

Als weiterführendes Vorgehen zu diesem Thema sind zusätzliche thermische Simulationen mit an die Versuchsreihe angepassten Randbedingungen denkbar. Außerdem ist eine Verbesserung des Experiments in mehrerlei Hinsicht möglich. Zum einen würde eine Isolierung des erwähnten Spalts mit Sicherheit verbesserte Messwerte liefern, sofern dabei die Folientemperatur überwacht wird, zum anderen sollte die Heizung nicht weiterhin über eine wechselstromgespeiste Heizfolie realisiert werden, wenn zeitgleich die empfindliche elektrostatische Messung der Kapazitäten durchgeführt wird. Eine ECT-Messung muss der nächste Schritt zu diesem Thema sein und wurde bereits vor Abgabe der vorliegenden Arbeit durchgeführt. Die Auswertung dieser Messungen, mit deren Hilfe eine Abschätzung über die Realisierbarkeit der Temperaturmessung über elektrische Kapazitätstomografie getroffen werden könnte, liegt jedoch noch nicht vor.