

5 Zusammenfassung und Ausblick

Ziel dieser Arbeit war es, die Oberfläche von Heptan mit verschiedenen Elektrodenkonfigurationen kapazitiv mittels Messungen und Simulationen zu erfassen. Des Weiteren wurde durch den Vergleich der Simulations- mit den Messergebnissen das Simulationsskript validiert werden, um festzustellen wie realitätsnah die Simulation ist.

Zur Erfassung der Heptanoberfläche wurden zwei verschiedene Aufbauten verwendet. Es wurde ein horizontaler und ein um 20° geneigter Aufbau verwendet, in welchen die kapazitiven Untersuchungen mit verschiedenen Füllständen durchgeführt wurden. Mit unterschiedlichen Elektrodenzusammenstellungen über eine als auch über zwei Ebenen, wurde die Heptanoberfläche mit und ohne Innentank versucht zu bestimmen.

Für die Simulationen wurde ein, bereits bei früheren Arbeiten am Lehrstuhl verwendetes, Skript genutzt, welches an die in dieser Arbeit verwendeten Geometrien und Elektrodenkonfigurationen angepasst wurde. Simuliert wurde ausschließlich mit Schaltvariante *grounded*. Neben den kapazitiven Füllständen wurde mit Hilfe einer Toolbox die elektrische Flussdichte sowie die elektrische Feldstärke simuliert.

Vorangestellte Untersuchungen der Differenz zwischen Voll- und Leermessungen bestätigten, dass die Kapazitäten bei minimaler und maximaler Tankfüllung keine Besonderheiten aufweisen, welche sich bei den Normierungen auf die weiteren Simulationensergebnisse auswirken würden. Die eigentlichen Füllstandsimulationen mit Innentank auf horizontaler Ebene, sowohl mit einfachen als auch mit doppelten Elektrodenebenen, hatten Ergebnisse, welche sehr gut mit den Vorstellungen übereinstimmten und den Füllstand anhand der normierten Kapazitäten korrekt wiedergaben. Ohne Innentank erzeugten die detektierten Kapazitäten ebenfalls ein genaues Bild der verschiedenen Füllstände. Die Ergebnisse zeigten darüber hinaus, dass es ausreichend ist, nur zwei Elektrodenebenen (z.B. Ebene 2 und 4), im oberen sowie unteren Teil des Tanks, zu verwenden, um die Füllstände zu erfassen. Bei den simulierten geneigten Füllständen wurde festgestellt, dass diese nur mit Elektrodenkonfigurationen von maximal zwei zusammengefassten Elektroden durchgeführt werden sollten, da ansonsten die Auflösung nicht mehr ausreichend ist. Die besten Ergebnisse wurden detektiert, wenn sich durch die Neigung nur ein kleiner Teil Heptan an einer Stelle in der untersuchten Messebene befand. Mit Hilfe der horizontalen Referenz und den Informationen über die Position der beteiligten Elektroden konnte die Verteilung des Heptans angenähert, jedoch nicht genau bestimmt werden. Für die ungefähre Bestimmung der Heptanoberfläche ist es folglich nötig die Informationen aller Elek-

trodenebenen miteinzubeziehen. Die Ergebnisse der Simulationen ohne Innentank in dieser Konstellation haben gezeigt, dass keine genauen Informationen über die Heptanoberfläche generiert werden können. Aufgrund dessen ist es nötig einen Innentank für die Simulationen zu verwenden.

Die Messungen wurden mit dem Prinzip der Entladezeitmessung mit verschiedenen Verschaltungsvarianten durchgeführt. Die Analyse der absoluten Kapazitätsänderungen zeigte jedoch, dass für die weiteren Messungen Schaltvariante *grounded* zu verwenden ist. Gemessen wurde ebenfalls mit horizontalem und geneigtem Aufbau, sowie mit verschiedenen Elektrodenkonfigurationen.

Die Füllstandsänderungen im horizontalen Aufbau konnten mit allen Protokollen optimal unterschieden werden. Der Umstand, dass die Kapazitäten mit der im Tank befindlichen Heptanmenge steigen, machte es möglich, mit nur wenigen Elektrodenebenen Änderungen des Dielektrikums im gesamten Tank zu bestimmen. Die Ergebnisse der Elektrodenkombinationen über zwei Ebenen zeigten ferner, dass auch mit großen Elektrodenflächen Füllstandsänderungen innerhalb der Elektrodenebene und im gesamten Tank erfasst werden können. Ohne Innentank wurden wie erwartet geringere normierte Kapazitäten detektiert und der Elektrodenabstand hat mehr Einfluss auf die Messung. Des Weiteren gab es ohne Innentank einen größeren Kapazitätsunterschied wenn sich das Heptan unterhalb oder innerhalb bzw. überhalb der Messebene befand. Ansonsten konnte die Heptanoberfläche ähnlich gut detektiert werden. Untersuchungen mit dem geneigtem Aufbau zeigten, dass bei Messungen mit einfachen Messebenen nur Protokolle mit einzelnen Elektroden zu verwenden sind. Mit diesen wurden Ergebnisse detektiert, welche die Heptanverteilung annähernd erfassen konnten. Analog zu den Simulationen war es auch mit den Messungen nicht möglich die Heptanoberfläche exakt zu erfassen. Allerdings wurde bei den Messungen über zwei Ebenen festgestellt, dass auch mit großen Elektrodenflächen eine ausreichende Auflösung existiert, um ein paar der normierten Kapazitäten dem geneigten Füllstand zuzuordnen. Wiederum nur mit der Referenz und dem Wissen der Elektrodenpositionen bei den verschiedenen Füllständen. Kapazitive Messungen sind folglich ebenfalls nicht in der Lage die geneigte Heptanoberfläche exakt zu bestimmen, können jedoch die Bereiche mit höherer bzw. niedrigerer Heptankonzentration eingrenzen.

Beim Vergleich der Simulations- mit den Messergebnissen wurde festgestellt, dass bei horizontalen Aufbau mit einfachen Ebenen die größten Abweichungen auftraten, wenn sich der Füllstand inner- oder direkt unterhalb der Messebene befand. Je weiter der Füllstand von der Messebene entfernt war, desto besser die Übereinstimmung. Gegenteiliges wurde bei Messun-

gen bzw. Simulationen ohne Innentank festgestellt. Simulationen mit kleineren Füllstandsänderungen gaben den Hinweis, dass bei den Messungen möglicherweise Abweichungen bei der eingefüllten Heptanmenge aufgetreten sind und dass die großen Ergebnisunterschiede zum Teil darauf zurückzuführen sind. Der Vergleich der Doppelebenen bei horizontalem Aufbau zeigte hingegen eine große Kongruenz der Ergebnisse. Bei den geneigten Füllständen gab es keinerlei Übereinstimmungen zwischen den Simulations- und Messergebnissen. Weder das Kapazitätsniveau noch die Merkmale, welche bei den jeweiligen Untersuchungen Aufschluss auf die Oberfläche gaben, stimmten zwischen den Mess- und Simulationsergebnissen überein. Für geneigte Füllstandsbestimmungen muss folglich die Messmethode optimiert und die Simulation weiter daran angepasst werden.

Für zukünftige kapazitive Messungen bzw. Simulationen mit dieser Messkonstellation ist es nötig, durch kleinere Füllstandsänderungen bei den Messungen festzustellen, ob Abweichungen der Heptanmenge der Grund für die großen Unterschiede zu den Simulationsergebnissen waren. Für die Bestimmung geneigter Füllstände könnte durch mehrfache weitere Messungen überprüft werden ob es durch eine auftretende Konstanz der Kapazitäten möglich ist, daraus den tatsächlichen Füllstand abzuleiten. Ebenfalls sollte neben den Anpassungen der Füllstände nach weiteren Möglichkeiten gesucht werden, um die Simulation an die Messung anzugleichen. Eine andere Möglichkeit wäre, eine andere Methode zur Bestimmung der Oberfläche zu verwenden. Anstatt mit vielen, könnte nur mit wenigen Elektroden mit definiertem Abstand gemessen werden, welche um das Messvolumen rotieren. Dadurch könnte eine hohe Auflösung erzielt werden, da jeder Winkel angefahren werden kann. Des Weiteren würde durch die gleich bleibenden Elektroden und die konstante Übertragung ein stabiles Signal erzeugt werden. Nachteile dieser Methode wären allerdings die höheren Kosten durch den komplizierteren Aufbau und die geringere Lebensdauer aufgrund der größeren Anzahl bewegter Teile.